

Compostagem urbana comunitária

Pedro Gonçalo Pedrosa André

Dissertação para obtenção do grau de mestre em
Engenharia do Ambiente

Orientadora: Doutora Ana Cristina Ferreira da Cunha Queda

Jurí:

Presidente: Doutora Maria Teresa Marques Ferreira, Professora Catedrática do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: Doutora Ana Isabel Espinha da Silveira, Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Doutora Ana Cristina Ferreira da Cunha Queda, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, orientadora

Agradecimentos

A todos os que contribuíram de uma forma ou de outra, principalmente Professora Cristina, João Vaz e Joana Rocha.

Á Figueira da Foz,

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo abordar o tema da compostagem urbana comunitária, retratando alguns casos práticos, recomendando a implementação de um modelo baseado nos vários modelos já existentes, replicando as boas práticas e adaptado à realidade local do município da Figueira da Foz.

Face à produção de resíduos histórica, 474 quilogramas por habitante ano, a quantidade de deposição de resíduos urbanos biodegradáveis em aterro e o potencial de produção de resíduos biodegradáveis pelos seus habitantes, cerca de 32% da fração indiferenciada, o modelo de compostagem comunitária surge como uma solução de tratamento de bioresíduos local, reduzindo o transporte de resíduos, custos de tratamento e o enchimento das células de aterro.

A compostagem urbana comunitária é um modelo de tratamento de resíduos em local de acesso livre com partilha de meios em que o munícipe entrega os resíduos, pode ser voluntário pela gestão da pilha e utilizar o composto resultante.

Palavras chave: Compostagem, Compostagem comunitária, resíduos urbanos, bioresíduos, modelo urbano

Abstract

This work aims to address the subject of community urban composting, describing some practical cases, recommending the implementation of a model based on the several existing models, replicating good practices and adapted to the local reality of the municipality of Figueira da Foz.

Considering the production of waste, in average about 474 kilograms per inhabitant year, the amount of biodegradable municipal waste deposited in the landfill and the potential for the production of biodegradable waste by the inhabitants, about 32% of the mixed fraction, the community composting model emerges as a local waste treatment solution, reducing waste transport, treatment costs and landfilling.

Community urban composting is a waste treatment model in a free access place with shared tools where the citizens deliver the waste, they can volunteer for the management of the composting pile and use the resulting compost.

Keywords: Composting, Community composting, urban waste, bio-waste, urban model

Índice

1	Introdução.....	1
2	Revisão bibliográfica.....	2
2.1	Definições.....	2
2.2	Enquadramento na União Europeia	4
2.3	Legislação da UE em matéria de gestão de resíduos	5
2.4	Enquadramento nacional.....	6
2.5	Caraterização de resíduos a nível nacional	8
2.6	Caracterização dos Resíduos Urbanos produzidos na área geográfica do Sistema Multimunicipal do Litoral Centro em 2013	9
2.7	Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos (SGRU)	10
2.8	Taxa de gestão de resíduos.....	12
2.9	As metas do PERSU 2020 e da União Europeia	12
2.10	Descrição do processo de compostagem.....	17
2.10.1	Descrição das fases de compostagem	18
2.10.2	Fatores que afetam o processo de compostagem.....	18
2.10.3	Agentes de volume.....	20
2.10.4	Caraterísticas típicas dos bioresíduos	20
2.10.5	Tipos de resíduos e recomendações de manuseamento	22
2.11	Compostagem urbana comunitária.....	24
2.11.1	Caso de San Sebastián	24
2.11.2	Caso de Pontevedra	26
2.11.3	Caso de Chambéry	28
2.11.4	Caso de Flandres	30
2.11.5	Caso de Zurique	32
2.11.6	Caso da ComBOA em Campolide	34
2.11.7	Caso da LIPOR.....	34
3	Proposta de implementação.....	38

3.1	Apresentação do Município da Figueira da Foz	38
3.2	Descrição do sistema de gestão de resíduos do Município	38
3.3	Descrição da situação atual	40
3.4	Desenho do recinto de compostagem comunitária	42
4	Impacto económico para o município	46
4.1	Descrição dos custos de investimento	46
4.2	Descrição dos custos de exploração	48
4.3	Análise custo benefício e análise de viabilidade económica	50
5	Impacto ambiental.....	55
5.1	Contributo para as metas do PERSU 2020.....	55
6	Conclusões.....	57
7	Referências bibliográficas.....	60

Índice de figuras

Figura 1 - Países por ordem de resíduos urbanos gerados per capita.....	5
Figura 2 - Produção e capitação de resíduos urbanos em Portugal continental.....	7
Figura 3 - RU biodegradáveis depositados em aterro, em Portugal continental.....	7
Figura 4 - Produção de resíduos urbanos recolhidos, por município 2016.....	8
Figura 5 - Caracterização física dos RU produzidos em 2017.....	9
Figura 6 - Mapa da distribuição dos SGRU em Portugal Continental e respetivas infraestruturas.....	10
Figura 7 - Hierarquia de gestão de resíduos.....	13
Figura 8 - Esquema geral do processo de compostagem.....	17
Figura 9 - Recinto de compostagem urbana comunitária em San Sebastián.....	25
Figura 10 - Compostores de compostagem urbana comunitária em San Sebastián.....	25
Figura 11 - Locais com compostagem urbana comunitária em San Sebastián.....	25
Figura 12 - Local de compostagem urbana comunitária em Pontevedra.....	28
Figura 13 - Gestão do compostor em Pontevedra.....	28
Figura 14 - Compostagem urbana em Chambéry.....	29
Figura 15 - Caixas de compostagem em Flandres.....	31
Figura 16 - Compostores em Flandres.....	31
Figura 17 - Pavilhões de compostagem em Flandres.....	31
Figura 18 - Pilhas de compostagem em Flandres.....	31
Figura 19 - Silos de compostagem para 1 a 15 famílias em Zurique.....	32
Figura 20 - Caixas de compostagem para mais de 15 famílias em Zurique.....	32
Figura 21 - Pilhas de compostagem para 20 a 400 famílias em Zurique.....	32
Figura 22 - Local de compostagem comunitária em Rio Tinto, Porto.....	35
Figura 23 - Compostor fornecido pela LIPOR de 390 litros.....	35
Figura 24 - Placa com informação sobre compostagem, Porto.....	35
Figura 25 - Locais de compostagem urbana comunitária no território da LIPOR.....	36
Figura 26 - Fluxograma ERSUC 2017.....	39
Figura 27 - Produção de resíduos totais, de recolha indiferenciada e de recolha seletiva (em toneladas).....	40
Figura 28 - Produção de resíduos indiferenciados e potencial de produção de bioresíduos (em toneladas).....	41
Figura 29 - Planta do recinto de compostagem comunitária.....	43
Figura 30 - Imagem representativa do eventual recinto de compostagem comunitária.....	44
Figura 31 - Recomendação de gestão dos compostores comunitários.....	49

Índice de quadros

Quadro 1 - Caracterização de resíduos do SGRU - ERSUC ano de 2013.....	9
Quadro 2 - Infraestruturas de gestão de resíduos urbanos em 2017	11
Quadro 3 - Metas por sistema de gestão de RU em Portugal Continental para 2020	11
Quadro 4 - Taxa de gestão de resíduos segundo a APA.....	12
Quadro 5 - Percentagem da Taxa de gestão de resíduos a pagar tendo em conta a operação segundo a APA.....	12
Quadro 6 - Indicadores-chave a monitorizar PERSU 2020	16
Quadro 7 - Resumo dos principais fatores que afetam o processo de compostagem.....	19
Quadro 8 - Características típicas dos bioresíduos.....	20
Quadro 9 - Fatores ótimos de compostagem.....	21
Quadro 10 - Tipo e quantidade de resíduos incorporados no processo de compostagem.....	22
Quadro 11 - Códigos LER tratados em compostagem comunitária	22
Quadro 12 - Recomendações de manuseamento da pilha de compostagem	23
Quadro 13 - Comparação dos vários modelos de compostagem comunitária	37
Quadro 14 - Resultados e metas a atingir.....	41
Quadro 15 - Capacidade de bioresíduos a tratar e quantidade de composto a obter.....	44
Quadro 16 - Apuramento do número de habitantes abrangidos.....	45
Quadro 17 - Custos de gestão de resíduos em 2019.....	46
Quadro 18 - Investimento necessário para um recinto de compostagem.....	47
Quadro 19 - Custos de investimento.....	51
Quadro 20 - Custos de exploração	51
Quadro 21 - Valor da taxa de gestão de resíduos previsional.....	52
Quadro 22 - Benefícios (poupanças potenciais totais).....	52
Quadro 23 - Análise custo benefício	52
Quadro 24 - Análise viabilidade económica	53
Quadro 25 - Comparação de emissões de CO ₂ provenientes das operações de recolha e transporte	55
Quadro 26 - Contributo para metas do PERSU 2020	55

Lista de abreviaturas

APA: Agência Portuguesa do Ambiente

ERSAR: Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos

ERSUC: Resíduos Sólidos do Centro

INE: Instituto Nacional de Estatística

LER: Lista Europeia de Resíduos

LPN: Liga para a Proteção da Natureza

PAPERSU: Plano de Ação do Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos

PERSU 2020: Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos

RARU: Relatório Anual de Resíduos Urbanos

RU: Resíduo Urbano

RUB: Resíduo Urbano Biodegradável

SGRU: Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos

SUMA: Serviços Urbanos e Meio Ambiente

TGR: Taxa de Gestão de Resíduos

1 Introdução

O presente trabalho tem como objetivo abordar o tema da compostagem urbana comunitária, retratando alguns casos práticos e com base nas opções existentes, recomendando a implementação de um modelo.

No ano de 2017 em Portugal foram produzidas cerca de 5 milhões de toneladas de resíduos urbanos, sendo que destas 967 946 toneladas são resíduos urbanos biodegradáveis. A percentagem destes em aterro é de 43% e Portugal tem como objetivo reduzir para 35% a sua deposição em aterro no ano de 2020 de acordo com o Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos 2020.

As práticas atuais de gestão de resíduos, contemplam necessidades de transporte, várias fases de tratamento e custos associados com a sua deposição em aterro. Como alternativa é recomendado, nomeadamente no PERSU 2020 (MAOTE, 2014), e nos Planos de Ação do Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos (PAPERSU) das entidades de gestão em alta de resíduos, assim como primeira opção da hierarquia de resíduos: a promoção de práticas de compostagem doméstica e comunitária como forma de prevenção e redução de resíduos. A Comissão Europeia reforça esta recomendação e solicita aos Estados Membros que até 31 de dezembro de 2023 os bioresíduos sejam separados e reciclados na fonte, assumindo-se a compostagem doméstica e comunitária, ou recolhidos separadamente e não misturados com outros tipos de resíduos.

O modelo de compostagem urbana comunitária surge como uma solução de tratamento de bioresíduos local, reduzindo o transporte de resíduos, custos de tratamento e o enchimento das células de aterro. Contribuindo assim para as metas do PERSU 2020 (MAOTE, 2014) e promoção de uma economia circular, pela redução de resíduos urbanos gerados e pela redução de resíduos urbanos biodegradáveis depositados em aterro. Além de dar a possibilidade de utilização do composto resultante em espaços verdes públicos e por parte dos municípios.

A compostagem urbana comunitária é um modelo de tratamento de resíduos em local de acesso livre em que o município participa em todo o processo: 1) entrega de resíduos pelos participantes; 2) eventual gestão voluntária da pilha por meios partilhados e 3) utilização do composto resultante.

2 Revisão bibliográfica

2.1 Definições

Resíduos são “quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer”. (Decreto-Lei n.º178/2006, de 5 de setembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho).

Pelo artigo 3º do Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho define-se ‘Bioresíduos’ como os resíduos biodegradáveis de espaços verdes, nomeadamente os de jardins, parques, campos desportivos, bem como os resíduos biodegradáveis alimentares e de cozinha das habitações, das unidades de fornecimento de refeições e de retalho e os resíduos similares das unidades de transformação de alimentos.

De acordo com o PERSU 2020 (MAOTE, 2014) apresentam-se as seguintes definições:

Água lixiviante ou lixiviado: Efluente líquido que percola através da massa de RSU confinada em aterro e que é resultante da água contida nos resíduos adiciona da que é proveniente da precipitação meteorológica.

Aterro: Instalação de eliminação para a deposição de resíduos acima ou abaixo da superfície natural, incluindo:

- i) as instalações de eliminação internas, considerando-se como tal os aterros onde o produtor de resíduos efetua a sua própria eliminação de resíduos no local da produção;
- ii) uma instalação permanente considerando-se como tal a que tiver uma duração superior a um ano, usada para armazenagem temporária; mas excluindo:
 - a) instalações onde são descarregados resíduos com o objetivo de os preparar para serem transportados para outro local de valorização, tratamento ou eliminação;
 - b) a armazenagem de resíduos previamente à sua valorização ou tratamento, por um período geralmente inferior a três anos;
 - c) a armazenagem de resíduos previamente à sua eliminação, por um período inferior a um ano.

Biogás: Mistura de gases, com preponderância de gás metano e dióxido de carbono, resultante da digestão anaeróbia de resíduos orgânicos.

Compostagem: Degradação biológica aeróbia dos resíduos orgânicos até à sua estabilização, produzindo uma substância húmica (composto) utilizável como corretor de solos; pode ser efetuada em pilhas estáticas, pilhas com revolvimento ou em reator.

Composto: Produto estabilizado resultante da decomposição controlada da matéria orgânica; promove a melhoria das condições do solo em termos de estrutura, porosidade, capacidade de retenção de água e nutrientes, arejamento e atividade microbológica.

Destino Final: Operações que visem dar um destino final adequado aos resíduos.

Digestão Aeróbia: Processo de mineralização da matéria orgânica na presença de oxigênio.

Digestão Anaeróbia: Processo de mineralização da matéria orgânica na ausência de oxigênio.

Estação de Compostagem: Instalação industrial de tratamento por compostagem.

Estação de Transferência: Instalação industrial de transferência de RSU. Instalação onde os resíduos são descarregados com o objetivo de os preparar para serem transportados para outro local de tratamento, valorização ou eliminação.

Estação de Triagem: Instalação onde os resíduos são separados, mediante processos manuais ou mecânicos, nos materiais constituintes, destinados a valorização ou a outras operações de gestão.

GEE: Gases de Efeito de Estufa.

Monitorização: Conjunto de ações de vigilância e controlo destinado a permitir a avaliação e o acompanhamento da qualidade da gestão dos tecnossistemas.

Reciclagem: Forma de valorização dos resíduos na qual se recuperam e, ou, regeneram diferentes matérias constituintes de forma a dar origem a novos produtos.

Recolha: A operação de apanha de resíduos com vista ao seu transporte em pontos com ou sem contentorização.

Recolha Seletiva: Recolha realizada de forma separada, de acordo com um programa pré-estabelecido, com vista a futura valorização.

Resíduo: Quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem intenção ou obrigação de se desfazer.

Resíduo Biodegradável: Resíduo que pode ser sujeito a decomposição anaeróbia ou aeróbia, como os resíduos alimentares e de jardim, o papel e o cartão.

Resíduo Comercial: Resíduo proveniente de estabelecimento comercial ou similar.

Resíduo Doméstico: Resíduo proveniente de habitações ou similares.

Resíduo Urbano: Resíduo doméstico ou outros resíduos semelhantes, em razão da sua natureza ou composição, nomeadamente os provenientes do sector de serviços ou de estabelecimentos comerciais ou industriais e de unidades prestadoras de cuidados de saúde.

Transporte: A operação de transferir os resíduos de um local para outro.

Tratamento: Quaisquer processos manuais, mecânicos, físicos, químicos ou biológicos que alterem as características de resíduos de forma a reduzir o seu volume ou perigosidade, bem como a facilitar a sua movimentação, valorização ou eliminação.

Tratamento Biológico: Conjunto de processos biológicos destinados a facilitar a valorização por compostagem ou por biometanização.

2.2 Enquadramento na União Europeia

Em 2014, o total de resíduos gerados na União Europeia, considerando 28 estados membros, por todas as atividades económicas e agregados familiares ascendeu a 2 503 milhões de toneladas; este foi o valor mais elevado registado durante o período 2004-2014. Sendo que 53% foram valorizados e os restantes 47% foram eliminados, sobretudo através de deposição em aterro. (EUROSTAT, 2014)

A gestão não adequada dos resíduos é uma fonte de impactes ambientais significativos. O setor de resíduos é responsável pelo quarto maior contributo no que respeita às emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) na Europa, representando 2,9% das emissões da União Europeia. (EEA, 2013)

Os 453 kg/hab ano de RU gerados em 2014 posicionam Portugal abaixo da média da UE em quase 20 kg/hab ano. Já no que diz respeito à gestão de RU, Portugal encontra-se a meio da tabela da UE, com 51,0% dos RU valorizados, na Figura 1 são apresentados os países por ordem de resíduos urbanos gerados *per capita* para o ano de 2013 segundo o relatório de estatística dos resíduos em Portugal do INE de 2014.

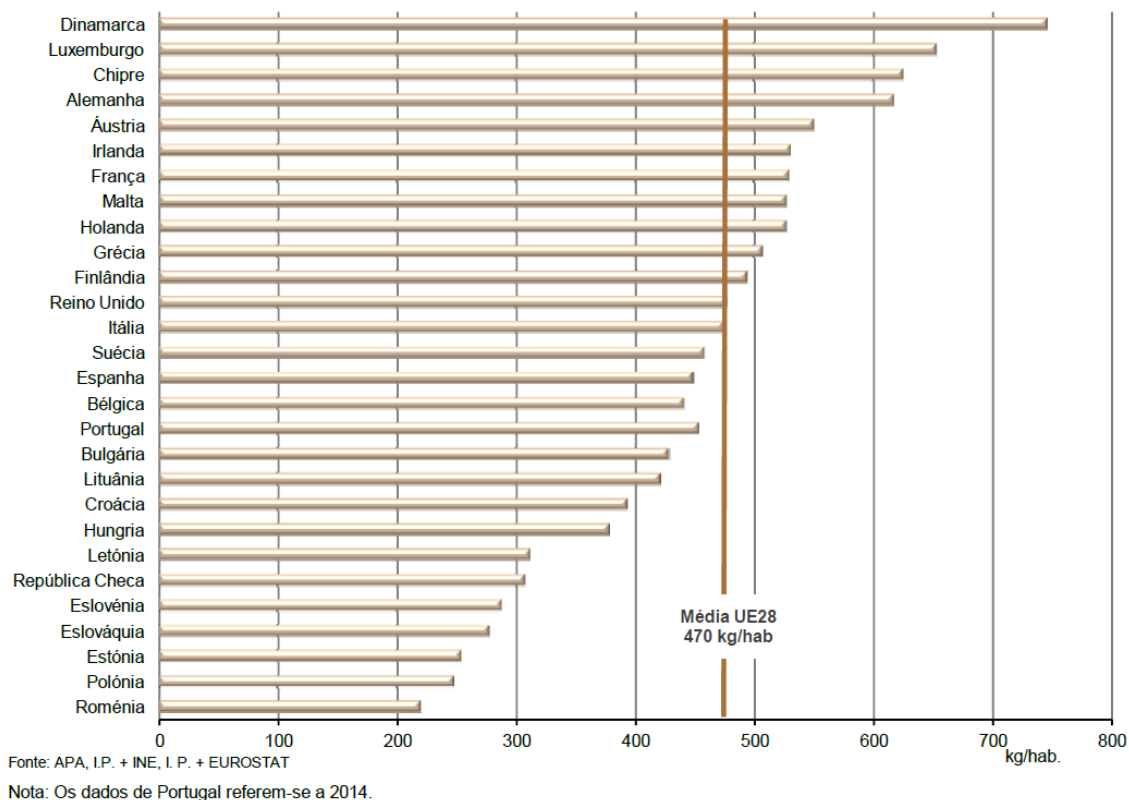


Figura 1 - Países por ordem de resíduos urbanos gerados per capita (Fonte: INE, 2016)

2.3 Legislação da UE em matéria de gestão de resíduos

A Diretiva, 2008/98/CE relativa aos resíduos, estabelece o enquadramento legal para o tratamento dos resíduos na União Europeia. Destina-se a proteger o ambiente e a saúde humana, sublinhando a importância da utilização de técnicas adequadas de gestão, valorização e reciclagem dos resíduos a fim de reduzir as pressões exercidas sobre os recursos e melhorar a sua utilização. Estabelecendo uma hierarquia de resíduos: prevenção, reutilização, reciclagem e recuperação para outros fins, como energia e eliminação. Promovendo o «princípio do poluidor pagador», de acordo com o qual os custos da gestão de resíduos são suportados pelo produtor inicial dos resíduos, introduzindo o conceito de «responsabilidade alargada do produtor», com esta medida pode incluir um ónus sobre os fabricantes no que diz respeito à aceitação e eliminação de produtos devolvidos após terem sido utilizados. Sendo 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. Os produtores ou os detentores de resíduos devem proceder eles próprios ao tratamento dos resíduos em causa, ou confiar esse tratamento a um operador oficialmente reconhecido. Recomenda ainda que as autoridades nacionais competentes devem elaborar planos de gestão de resíduos e

programas de prevenção de resíduos, sendo aplicáveis condições especiais no que diz respeito aos resíduos perigosos, aos óleos usados e aos bioresíduos.

2.4 Enquadramento nacional

Em 2017, a produção total de resíduos urbanos em Portugal foi cerca de 5 milhões de toneladas o que corresponde a uma produção diária de 1,32 kg por habitante. Do total de resíduos urbanos recolhidos, 83,5% foram provenientes de recolha indiferenciada e 16,5% de recolha diferenciada. A taxa de preparação para reutilização e reciclagem foi de 38%. A deposição de resíduos urbanos biodegradáveis (RUB) em aterro foi de 43% segundo o relatório do estado do ambiente relativo a 2017 da APA (APA, 2018b).

No que respeita ao encaminhamento direto de resíduos urbanos para as principais operações de gestão, verifica-se a seguinte distribuição: 32% para aterro, 28% para tratamento mecânico e biológico, 21% para valorização energética, 10% para valorização material, 7% para tratamento mecânico e 2% para valorização orgânica. Contudo, ao efetuar uma análise considerando os destinos finais dos resíduos verifica-se que a distribuição, em termos percentuais varia substancialmente: 57% para aterro, 21% para valorização energética, 12% para reciclagem e 10% para compostagem/digestão segundo o relatório anual de resíduos urbanos 2017 da APA (APA, 2018a).

De acordo com a Figura 2, dados de 2010 a 2017 relativos à produção e capitação de resíduos urbanos em Portugal Continental divulgados no relatório do estado do ambiente de 2018 pela APA (APA, 2018b), a produção de resíduos segue em tendência crescente desde 2013, situando-se praticamente nos 5 milhões de toneladas produzidas.

Em 2012, só a deposição de RU em aterro originou 3,8% das emissões totais de GEE nacionais estimadas para esse ano. (APA, 2013).

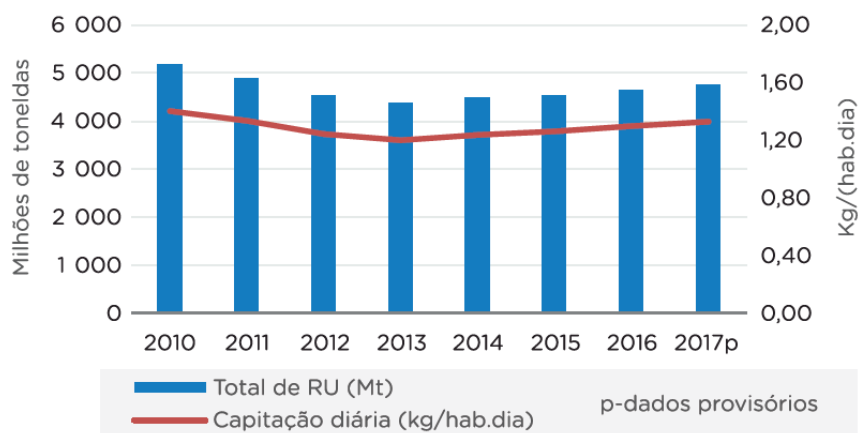


Figura 2 - Produção e captação de resíduos urbanos em Portugal continental. (Fonte: APA, 2018b)

Na Figura 3 encontra-se a evolução relativamente à deposição de resíduos urbanos biodegradáveis em aterro (% face a 1995), de acordo com o relatório de estado de ambiente de 2018 pela APA (APA, 2018b). Estima-se que em 2017 sejam depositados 43% em aterro.

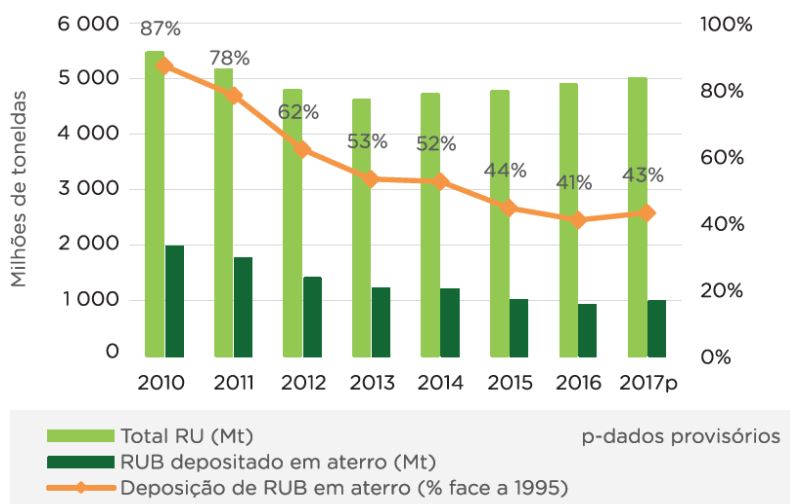


Figura 3 - RU biodegradáveis depositados em aterro, em Portugal continental. (Fonte: APA, 2018b)

Na Figura 4 pode-se observar a produção de resíduos urbanos recolhidos, por município para o ano de 2016. Regionalmente, a quantidade de RU recolhidos *per capita*

variou entre 251 kg/hab ano no município de Celorico de Basto e 1 344 kg/hab ano em Albufeira de acordo com o relatório estatísticas do ambiente de 2016 pelo INE (INE, 2017).

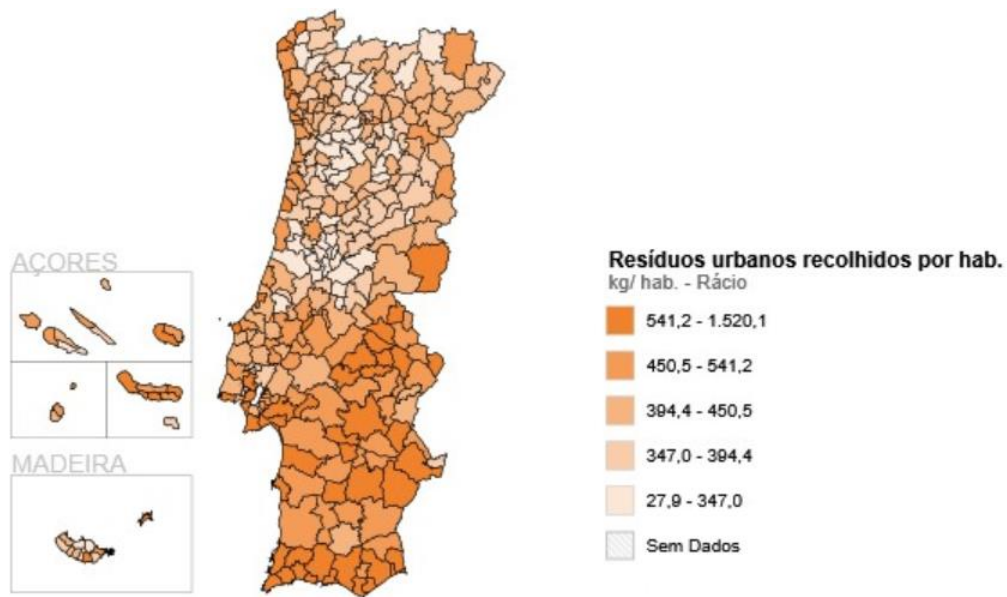


Figura 4 - Produção de resíduos urbanos recolhidos, por município 2016. (Fonte: INE, 2017)

2.5 Caracterização de resíduos a nível nacional

A quantificação e caracterização física dos resíduos é fundamental para efetuar uma correta gestão de resíduos, uma vez que, são indispensáveis para o planeamento económico e eficiente da gestão dos sistemas de recolha, armazenamento, tratamento, valorização e eliminação dos resíduos, a longo prazo (Martinho e Gonçalves, 2000).

Enquanto a finalidade da quantificação é estimar a quantidade total, em peso, dos resíduos, no fluxo dos mesmos, a caracterização consiste em analisar a composição do fluxo dos resíduos por tipo de material (vidro, papel, metal, entre outros) ou por tipo de produto (embalagens de vidro, revistas, embalagens metálicas, etc) (Yu e Maclaren, 1995).

Na Figura 5 é apresentado o resultado da caracterização física dos RU produzidos no Continente, elaborada com base nas especificações técnicas da Portaria 851/2009, de 7 de agosto e publicada no relatório anual de resíduos de 2017 pela APA (APA, 2018a).

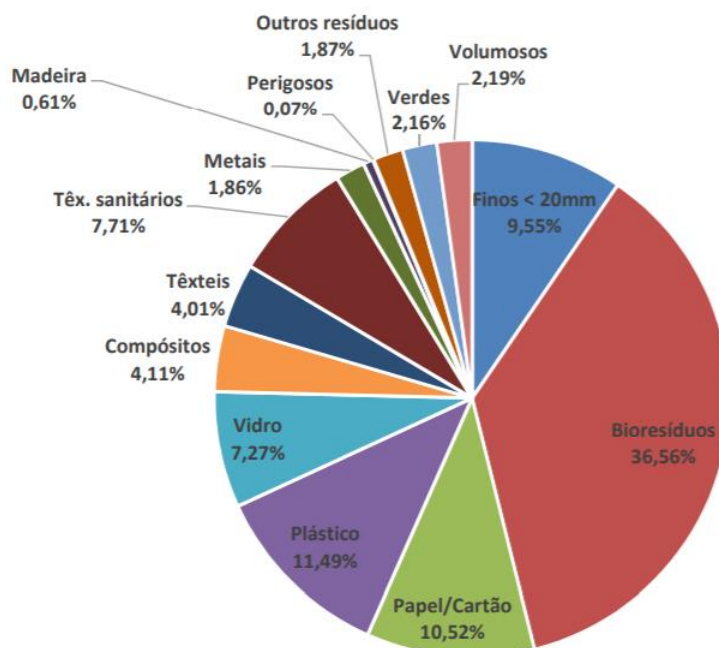


Figura 5 - Caracterização física dos RU produzidos em 2017. (Fonte: APA, 2018a)

2.6 Caracterização dos Resíduos Urbanos produzidos na área geográfica do Sistema Multimunicipal do Litoral Centro em 2013

A caracterização dos resíduos urbanos produzidos na área geográfica do Sistema Multimunicipal do Litoral Centro em 2013, ERSUC, publicada na página online da mesma entidade, encontra-se no Quadro 1 os termos da Portaria nº 851/2009, de 7 de Agosto.

Quadro 1 - Caraterização de resíduos do SGRU - ERSUC ano de 2013

Categorias	Composição
Bioresíduos	32,37%
Finos <20mm	15,37%
Papel/ cartão	13,06%
Plástico	10,10%
Resíduos de jardim	6,44%
Vidro	5,39%
Têxteis Sanitários	5,15%
Compósitos	3,46%
Têxteis	2,33%
Metais	1,91%
Madeira	0,48%
Resíduos perigosos	0,55%
Outros resíduos	3,39%
Total	100,00%

2.7 Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos (SGRU)

Na Figura 6 encontram-se os sistemas de gestão de resíduos existentes em Portugal Continental de acordo o PERSU 2020 (MAOTE, 2014), que totalizam-se em 23 sistemas de gestão de resíduos urbanos em alta, 12 multimunicipais e 11 intermunicipais, que se caracterizam por uma acentuada discrepância no que respeita ao número de municípios que os integram, à área e população abrangida e igualmente às condições socioeconómicas da população que servem, o que se reflete no fluxo de resíduos e consequentemente, nas opções adotadas em termos de recolha e tratamento dos seus resíduos urbanos e também na rede de equipamentos e infraestruturas para a sua gestão.

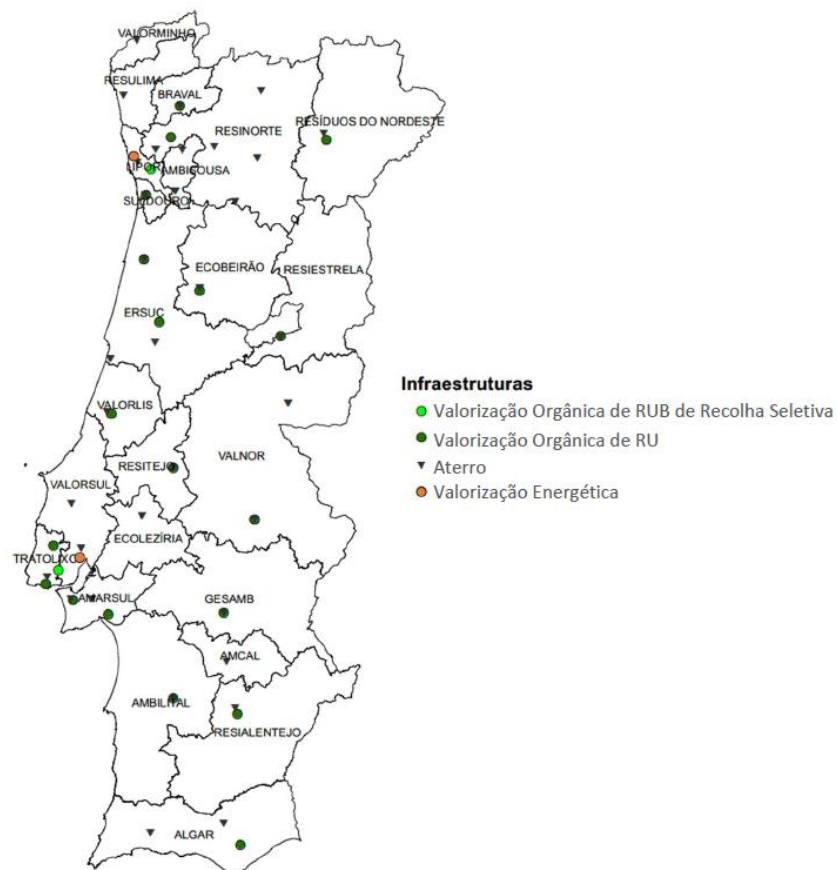


Figura 6 - Mapa da distribuição dos SGRU em Portugal Continental e respetivas infraestruturas.

(Fonte: MAOTE, 2014)

As atuais soluções para a gestão de resíduos em Portugal Continental encontram-se no Quadro 2, de acordo com o relatório anual de resíduos urbanos de 2017 pela APA (APA, 2018a).

Quadro 2 - Infraestruturas de gestão de resíduos urbanos em 2017 (Fonte: APA, 2018a)

Principais infraestruturas	Existentes
Aterros	32
Tratamento Mecânico	4
Tratamento Mecânico e Biológico	18
Central de Valorização Orgânica (Recolha Seletiva)	5
Central de Valorização Energética	2
Estação de triagem	30
Estação de Transferência	90
Ecocentros	197

As metas de preparação para reutilização e reciclagem, máxima quantidade de deposição de resíduos urbanos biodegradáveis em aterro e de retomas de recolha seletiva por sistema de gestão de resíduos urbanos encontram-se no Quadro 3 de acordo com o PERSU 2020 (MAOTE, 2014).

Quadro 3 - Metas por sistema de gestão de RU em Portugal Continental para 2020 (Fonte: MAOTE, 2014)

Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos	Meta mínima de preparação para reutilização e reciclagem	Meta máxima de deposição de resíduos urbanos biodegradáveis em aterro	Meta de retomas de recolha seletiva
	% de Resíduos urbanos recicláveis	% de resíduos urbanos biodegradáveis produzidos	kg per capita por ano
ALGAR	50	49	71
AMARSUL	48	34	45
AMBILITAL	80	10	48
AMBISOUSA	35	50	32
AMCAL	80	10	55
ECOBEIRÃO	80	10	29
BRAVAL	80	10	53
ECOLEZÍRIA	35	50	27
ERSUC	80	10	46
GESAMB	80	10	48
LIPOR	35	10	50
RESIALENTEJO	80	10	43
RES. DO NORDESTE	80	10	42
RESIESTRELA	80	10	40
RESINORTE	59	42	41
RESITEJO	35	10	55
RESULIMA	80	10	45
SULDOURO	39	50	45
TRATOLIXO	53	16	49
VALNOR	80	10	54
VALORLIS	38	50	42
VALORMINHO	35	50	47
VALORSUL	42	10	49

2.8 Taxa de gestão de resíduos

O valor da Taxa de Gestão de Resíduos consta dos art.ºs 2, 3 e 4 Artº 58º do Regime Geral da Gestão de Resíduos com a redação dada pela Lei n.º 82-D/2014, publicada na página online da APA, atribuída por anos encontra-se no Quadro 4.

Quadro 4 - Taxa de gestão de resíduos segundo a APA

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Valor da TGR (€/t resíduos)	5,5	6,6	7,7	8,8	9,9	11,0

A percentagem da taxa de gestão de resíduos a pagar é definida tendo conta a operação realizada, publicada na página online da APA, conforme se pode observar pelo Quadro 5.

Quadro 5 - Percentagem da Taxa de gestão de resíduos a pagar tendo em conta a operação segundo a APA

Operação	Percentagem da TGR a pagar
Deposição em aterro (eliminação)	100%
Incineração (eliminação)	70%
Valorização energética (valorização)	25%

São definidas deduções à taxa de gestão de resíduos caso haja: Valorização material de escórias provenientes de incineração dedicada ou no caso de valorização material em fornos de processo de instalações industriais. São atribuídas reduções a pagar caso os rejeitados, inqueimados, cinzas, escórias que sejam resultantes de outros resíduos já sujeitos a taxa de gestão de resíduos.

2.9 As metas do PERSU 2020 e da União Europeia

A adequada gestão dos resíduos produzidos é definida na Diretiva Quadro sobre Resíduos da União Europeia e consubstanciada na legislação nacional e no Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos, PERSU 2020 (MAOTE, 2014), que se destina a avaliar a quantidade de resíduos que sofreu um processamento com vista à recuperação de materiais por oposição a um destino de eliminação direto.

Objetivos específicos presentes no PERSU 2020 (Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos):

- Prevenção da produção e perigosidade dos RU;
- Aumento da preparação para reutilização, da reciclagem e da qualidade dos recicláveis;
- Redução da deposição de RU em aterro;
- Valorização económica e escoamento dos recicláveis e outros materiais do tratamento dos RU;
- Reforço dos instrumentos económico-financeiros;
- Incremento da eficácia e capacidade institucional e operacional do setor;
- Reforço da investigação, do desenvolvimento tecnológico, da inovação e da internacionalização do setor;
- Aumento do contributo do setor para outras estratégias e planos nacionais.

Na Figura 7 é apresentada a hierarquia de gestão de resíduos presente no Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho. Ordenada de cima para baixo, de acordo com a preferência de ação a adotar por parte das entidades gestoras.



Figura 7 - Hierarquia de gestão de resíduos (elaborado pelo autor)

Prevenção e redução

De acordo com o Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho define prevenção como a adoção de medidas antes de uma substância, material ou produto assumir a natureza de resíduo, destinadas a reduzir:

i) A quantidade de resíduos produzidos, designadamente através de reutilização de produtos ou do prolongamento do tempo de vida dos produtos;

ii) Os impactes adversos no ambiente e na saúde humana resultantes dos resíduos produzidos; ou

iii) O teor de substâncias nocivas presentes nos materiais e nos produtos;

Metas de prevenção e redução de resíduos definidas no PERSU 2020 (MAOTE, 2014):

- Até 31 de dezembro de 2016 alcançar uma redução mínima da produção de resíduos por habitante de 7,6% em peso relativamente ao valor verificado em 2012.
- Até 31 de dezembro de 2020 alcançar uma redução mínima da produção de resíduos por habitante de 10% em peso relativamente ao valor verificado em 2012.

Apesar do PERSU 2020 (MAOTE, 2014) não definir metas específicas de redução da produção de resíduos no âmbito geográfico de cada sistema de gestão de resíduos urbanos, as quais devem ser estabelecidas a nível municipal ou inter/multimunicipal nos respetivos planos de ação, a aferição dos resultados dos SGRU face à meta de retomas de recolha seletiva será realizada tendo em conta a quantidade de RU produzidos na área geográfica de cada sistema. Este facto constitui uma força motora para a concretização de medidas ativas de prevenção junto dos consumidores, nomeadamente relacionadas com educação e sensibilização ambiental ou projetos de reutilização e compostagem caseira/ comunitária.

A prevenção corresponde ainda à diminuição da perigosidade dos resíduos. Não sendo proposta uma meta quantitativa, é objetivo do PERSU 2020 reduzir a perigosidade (MAOTE, 2014).

Preparação para reutilização

De acordo com o Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho define-se preparação para reutilização como as operações de valorização que consistem no controlo, limpeza ou reparação, mediante as quais os produtos ou os componentes de produtos que assumam a

natureza de resíduos são preparados para serem utilizados novamente, sem qualquer outro tipo de pré processamento;

Meta de preparação para reutilização e reciclagem definidas no PERSU 2020 (MAOTE, 2014):

- Até 31 de dezembro de 2020, um aumento mínimo global para 50% em peso relativamente à preparação para a reutilização e a reciclagem de resíduos urbanos, incluindo o papel, o cartão, o plástico, o vidro, o metal, a madeira e os resíduos urbanos biodegradáveis.

Reciclagem de resíduos de embalagens

De acordo com Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho define-se reciclagem como qualquer operação de valorização, incluindo o reprocessamento de materiais orgânicos, através da qual os materiais constituintes dos resíduos são novamente transformados em produtos, materiais ou substâncias para o seu fim original ou para outros fins mas que não inclui a valorização energética nem o reprocessamento em materiais que devam ser utilizados como combustível ou em operações de enchimento;

Metas de reciclagem de Resíduos de Embalagens:

- Até 31 de dezembro de 2020 deverá ser garantida, a nível nacional, a reciclagem de, no mínimo, 70%, em peso dos resíduos de embalagens.

Redução da deposição de RUB em aterro

Em 2020, Portugal deve assegurar que os resíduos urbanos biodegradáveis destinados a aterro devem ser reduzidos para 35 % da quantidade total, em peso, dos resíduos urbanos biodegradáveis produzidos em 1995.

Meta da deposição de RUB de aterro:

- Até julho de 2020, os resíduos urbanos biodegradáveis destinados a aterro devem ser reduzidos para 35% da quantidade total, em peso, dos resíduos urbanos biodegradáveis produzidos em 1995.

No Quadro 6 é comparado o valor de referência em 2012, o resultado obtido em 2017 e a metas a atingir no ano 2020, publicado no relatório anual de resíduos urbanos de 2017 pela APA (APA, 2018 a).

Quadro 6 - Indicadores-chave a monitorizar PERSU 2020 (Fonte: MAOTE, 2014; APA, 2018 a)

Indicador	Unidade	Valor de referência (2012)	Resultado 2017	Meta (ano)
Quantidade de resíduos produzidos (Nacional)	kg/(hab.ano)	456 kg/(hab.ano)	484 kg/(hab.ano)	410kg/(hab.ano) (2020)
Preparação para Reutilização e Reciclagem (Nacional)	% de RU Recicláveis	25%	38%	50% (2020)
Preparação para Reutilização e Reciclagem – Por Sistema de Gestão de RU	% de RU Recicláveis	Dependente do SGRU indicado no despacho nº 3350/ 2015	Depende de SGRU	Dependente do SGRU (2020) indicado no despacho nº 3350/ 2015
Deposição RUB em aterro (Nacional)	% de RUB produzidos em 1995	62%	43%	35% (2020)
Deposição RUB em aterro – Por Sistema de Gestão de RU	% de RUB produzidos	Dependente do SGRU indicado no despacho nº 3350/ 2015	Depende de SGRU	Dependente do SGRU indicado no despacho nº 3350/ 2015
Retomas de Recolha Seletiva (Nacional)	kg/(hab.ano)	33 kg/(hab.ano)	39 kg/(hab.ano)	47 kg/(hab.ano) (2020)
Retomas de Recolha Seletiva – Por Sistema de Gestão de RU	kg/(hab.ano)	Dependente do SGRU indicado no despacho nº 3350/ 2015	Depende de SGRU	Dependente do SGRU (2020) indicado no despacho nº 3350/ 2015

De acordo com o Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho define-se Valorização como qualquer operação, nomeadamente as constantes no anexo II do Decreto-Lei 73/2011, cujo resultado principal seja a transformação dos resíduos de modo a servirem um fim útil, substituindo outros materiais que, caso contrário, teriam sido utilizados para um fim específico ou a preparação dos resíduos para esse fim na instalação ou conjunto da economia. De acordo com o Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho define-se Eliminação como qualquer operação que não seja de valorização, nomeadamente as incluídas no anexo I do Decreto-Lei 73/2011, ainda que se verifique como consequência secundária a recuperação de substâncias ou de energia;

De acordo com o art. 22º, sobre bioresíduos, da diretiva de 2008/98/EC retificada em maio de 2018, os Estados-Membros devem assegurar que, até 31 de dezembro de 2023, os bioresíduos sejam separados e reciclados na fonte, assumindo-se a compostagem doméstica e comunitária, ou recolhidos separadamente e não misturados com outros tipos de resíduos.

2.10 Descrição do processo de compostagem

Cunha Queda (1999) define compostagem como um processo aeróbio controlado de bioxidação de substratos heterogêneos biodegradáveis, resultante da ação dos microrganismos (bactérias, actinomicetas e fungos) naturalmente associados aos substratos, durante o qual ocorre uma fase termófila, a libertação temporária de substâncias com efeito fitotóxico e as biomassas sofrem profundas transformações (mineralização e humificação parciais), sendo o principal produto final, designado composto, o qual deve ser homogêneo, resultante da bioxidação de substratos heterogêneos biodegradáveis, suficientemente estável para ser armazenado, higienizado e cuja aplicação ao solo não tenha efeitos adversos para o ambiente. Na Figura 8 encontra-se esquematizado, de uma forma geral e simplificada, o processo de compostagem, de acordo com Batista e Batista (2007).

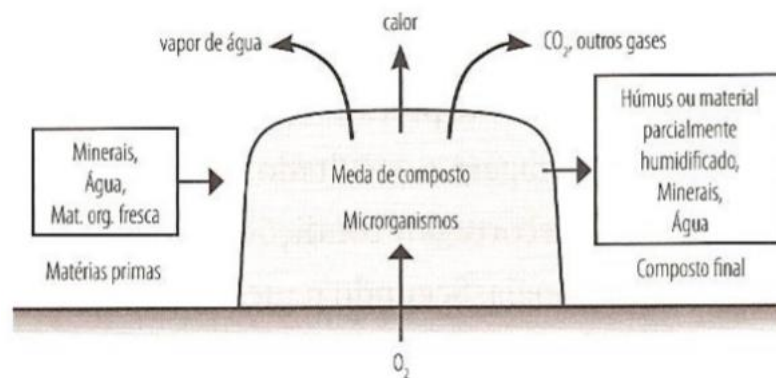


Figura 8 - Esquema geral do processo de compostagem (Fonte: Batista e Batista, 2007)

Segundo Cunha Queda ,1999, as principais vantagens do processo de compostagem como tecnologia do tratamento de biomassas são:

- Redução do volume, da massa e do teor de humidade dos resíduos tratados;
- Estabilização química e biológica dos materiais putrescíveis;
- Obtenção de produtos, compostos, com interesse agrícola.

2.10.1 Descrição das fases de compostagem

Processo de compostagem, no qual podemos considerar duas fases principais, de acordo com Merkel (1981) e Vallini (1995): A fase ativa da compostagem, que é caracterizada pela rápida e intensa biotransformação aeróbia e por temperaturas elevadas, já que as reações de degradação são muito intensas, ocorrendo a libertação de calor, CO₂ e vapor de água; A fase de acabamento (curing), que se segue à fase ativa e é caracterizada como sendo uma fase de lenta e progressiva diminuição da temperatura. Durante esta fase a biomassa em compostagem perde a fitotoxicidade residual, a população microbiana atinge um equilíbrio dinâmico e ocorre a síntese de substâncias húmicas.

2.10.2 Fatores que afetam o processo de compostagem

Segundo Cunha Queda (1999) os principais fatores que influenciam o processo de compostagem são os que afetam, direta ou indiretamente o metabolismo dos microrganismos que são responsáveis pela decomposição dos resíduos e sua transformação num produto estável e rico em substâncias húmicas, o composto. O controlo e a otimização dos parâmetros operacionais têm, assim, como objetivo principal proporcionar as condições ótimas para o desenvolvimento dos microrganismos, e deverão ser consideradas desde logo na etapa de condicionamento dos materiais.

No Quadro 7 é apresentado o resumo dos principais fatores que afetam o processo de compostagem de acordo com a compilação de Martinho e Gonçalves (2000) a partir de Neto e Mesquita (1992), Diaz et al. (1993), White et al. (1995) e Moraes (1997).

Quadro 7 - Resumo dos principais fatores que afetam o processo de compostagem (Fonte: Martinho e Gonçalves, 2000)

Principais fatores	Objetivos do seu controlo (problemas do deficiente controlo)	Algumas formas de controlo	Valores médios aconselháveis
Temperatura	Indicar o equilíbrio biológico e refletir a eficiência do processo.	Revolvimento da mistura a compostar ou pelo controlo da taxa de oxigenação e teor de humidade.	Variável consoante as fases, não deve ultrapassar os 65 a 80°C.
Taxa de oxigenação	Garantir as condições aeróbias. Além disso, o seu controlo permite: evitar valores excessivos de temperatura durante o processo; aumentar a velocidade de oxidação da matéria orgânica; diminuir a emanação de odores, diminuindo as condições de anaerobiose.	Revolvimento periódico das medas ou adequado caudal no arejamento forçado.	-
Teor de humidade	Garantir a atividade dos microrganismos para realizarem a decomposição da matéria orgânica. Problemas: <u>Altos teores de humidade</u> (>65%) a água ocupa os espaços vazios da matéria, impedindo a livre circulação do oxigénio (poderá causar zonas de anaerobiose). <u>Baixos teores</u> (<40%) a atividade microbiológica é inibida o que causa uma diminuição brusca de temperatura. Pode ser erradamente interpretado como o fim do processo ocasionando a produção de compostos fisicamente estabilizados, mas biologicamente instáveis.	Arejamento eficiente; Preocupação com as características físicas dos resíduos (e.g. tamanho das partículas, porosidade).	Cerca de 50% (pode variar entre os 40 e 70%).
pH	Garantir a atividade dos microrganismos. Contudo, em diversos estudos verificou-se um fenómeno de «auto regulação» do pH, levado a cabo por microrganismos no decurso do processo	Estes resultados mostram que não é necessário corrigir o pH na massa em compostagem.	Geralmente mantêm-se alcalino entre 7.5 e 9
Relação C/N	Garantir à população de microrganismos condições nutricionais e metabólicas não limitantes. Problemas: <u>Relação C/N muito elevada</u> (pouco N) tempos de compostagem muito longos. <u>Relação C/N muito baixa</u> (excesso de N) vai ser eliminado sob a forma de amoníaco, prejudicial para o composto.	Mistura de resíduos (co-compostagem) (e.g. relação inicial C/N alta juntar estrume de galinha; relação C/N baixa adicionar papel ou palha para aumentar o teor de C).	Relação C/N inicial: 30 a 40:1 ¹ Relação C/N final: 10:1
Tamanho das partículas	Diminuir o tamanho por forma a aumentar a área superficial em contacto com os microrganismos, diminuindo o tempo de compostagem (e.g. material mais homogéneo). Problemas: Tamanho das partículas excessivamente pequeno diminui o espaço intersticial (dificuldade na circulação do oxigénio e da água).	Material de maior dimensão recorrer a fragmentação mecânica. Material com partículas muito pequenas ou favorável à compactação deve-se adicionar um material dispersante (e.g. palha, aparas de madeira).	Para os RU o tamanho recomendado é entre os 2.5 e os 7cm.

¹ Se o substrato fosse composto apenas por M.O. facilmente biodegradável (e.g. açúcares simples, aminoácidos livres) apenas era necessária uma relação C/N de cerca de 20 a 25:1, em termos mássicos. Contudo, a matéria orgânica possui também porções significativas de outras substâncias (e.g. celulose, lenhinas) de difícil biodegradação, desta forma o C não é disponibilizado para os microrganismos à taxa requerida, pelo que é necessário aumentar a relação inicial.

2.10.3 Agentes de volume

O processo de compostagem pode ser mais eficaz quando a relação carbono/azoto e o teor de humidade seja de acordo com o material de compostagem (Chang e Chen, 2010; Kumar et al., 2010).

Para manter a proporção de humidade e carbono/ azoto, os agentes de volume desempenham um papel muito importante na compostagem. Os agentes de volume também chamados de partículas de volume são muito eficazes para controlar o arejamento, humidade e outros parâmetros importantes de compostagem. (Adhikari et al., 2008).

Existem diferentes tipos de agentes de volume utilizados na compostagem, tais como lascas de madeira, pó de serra, palha de trigo, caules de milho, aparas de relva, estrume de coelho, resíduos de frutas e vegetais, aparas de jardim, estrume de cavalo, folhas decíduas, estrume de vaca, etc. (Adhikari et al., 2008 e Gea et al., 2007).

O uso de agentes de volume no processo de compostagem é muito útil e eficiente para produzir boa qualidade, tempo eficiente e custo efetivo. Foi demonstrado num estudo que os agentes de volume como casca de arroz, serragem e farelo de arroz aumentaram a degradação e resultaram num composto de boa qualidade (Chang e Chen, 2010).

2.10.4 Características típicas dos bioresíduos

De acordo com Gallenkemper e Doedens (1994) são apresentadas as características típicas dos bioresíduos no Quadro 8.

Quadro 8 - Características típicas dos bioresíduos (Fonte: Gallenkemper e Doedens, 1994)

Peso específico	200 a 400 kg/m ³
Teor de humidade	45 a 65%
C/N	15 a 30
pH	6 a 7

De acordo ainda com os mesmos autores a produção potencial de bioresíduos provenientes da cozinha é de 50 a 80 kg por habitantes ano, sendo que de resíduos de jardim é de 1,5 a 3,5 kg por m² por ano de superfície de jardim. No então esse valor difere daquilo que os autores apontam como aquilo que possa ser recolhido seletivamente, considerando então que dos bioresíduos produzidos na cozinha efetivamente seja recolhido 20 a 60 kg por habitante ano, sendo de resíduos verdes de jardim 20 a 150 kg por habitante ano. Na realidade

e através de dados empíricos os valores variam tendo em conta o nível de adesão, variando assim entre 40 a 140 kg por habitante ano, ou seja, cerca de 90 kg por habitante ano.

Os fatores ótimos de compostagem são apresentados no Quadro 9 ainda de acordo com Gallenkemper e Doedens (1994).

Quadro 9 - Fatores ótimos de compostagem (Fonte: Gallenkemper e Doedens, 1994)

Teor de humidade	Mínimo entre 25 a 35%; Máximo entre 55% e 65%
relação C/N	20: 1 a 35: 1
Ph	Neutro, pequenas tolerâncias alcalino e ácido
Tempo de compostagem	6 a 12 semanas

De acordo com os autores Arrigonia et al. (2018) foi realizada uma experiência em Bariloche, NW Patagonia, Argentina, de compostagem em pequena escala para resíduos de cozinha e resíduos de jardim, que reproduziu as condições reais de operação para um caso piloto de compostagem em um serviço de catering institucional, conseguindo provar que é viável a mesma em condições de frio desfavoráveis. Os resíduos usados na experiência levada a cabo foram resíduos orgânicos de cozinha separados por fonte (pré e pós-consumo), correspondendo a um serviço diário de aproximadamente 500 refeições e resíduos de jardim da mesma empresa. Produtos de origem animal, como carne, laticínios e gorduras, também foram incluídos. Aparas de madeira de pinho (1 a 5 cm de diâmetro) foram usadas como agente de volume. Em cada compostor, 3 no total, a relação resíduos orgânicos para o agente de volume foi de 1,5: 1 em uma base de volume, ou 3: 1 em base de peso húmido. O compostor foi alimentado por 52 dias, até que cada compostor ficasse completo. O tipo e quantidade de resíduos incorporados no processo de compostagem é apresentado no Quadro 10.

Quadro 10 - Tipo e quantidade de resíduos incorporados no processo de compostagem (Arrigoni et al., 2018)

Descrição	Peso húmido (kg)	Volume	Peso específico (kg/m ³)	% do peso total
Resíduos de cozinha	246	583	420	73%
Resíduos de jardim	15	50	300	4%
Agentes de volume	77	417	180	23%
Total	338	1 050	320	100%

2.10.5 Tipos de resíduos e recomendações de manuseamento

De acordo com o guia prático para a implementação de compostagem comunitária da Associação Fértil Auro, são apresentados os códigos LER dos resíduos que devem ser colocados no processo de compostagem de pequena escala, como compostagem doméstica ou comunitária em que as pilhas não ultrapassem os 1000^olitros de volume, no Quadro 11.

Quadro 11 - Códigos LER tratados em compostagem comunitária (FeaResíduos, 2018)

Código LER	Designação
20	Resíduos municipais (resíduos domésticos e resíduos similares procedentes de comércio, indústrias e instituições)
2001	Frações recolhidas seletivamente
200108	Resíduos biodegradáveis de cozinhas e restaurantes
200138	Madeira diferente da à especificada no código 200137 (Madeira que contém substâncias perigosas)
2002	Resíduos de parques e jardins (incluindo os resíduos de cemitérios)
200201	Resíduos biodegradáveis
2003	Outros resíduos municipais
200302	Resíduos de mercados

No Quadro 12 encontram-se as recomendações de manuseamento da pilha de compostagem de acordo com os sintomas apresentados pelo Manual de boas práticas de compostagem da Liga para a proteção da Natureza.

Quadro 12 - Recomendações de manuseamento da pilha de compostagem (Godinho e Gonçalves, 2010)

Problema	Causa	Solução
Cheiro a amónia	Excesso de materiais ricos em azoto “verdes”	Adicionar materiais ricos em carbono “castanhos” (palha, serradura ou aparas de madeira)
	Falta de oxigénio	Mexer a pilha e evitar adicionar materiais muito pequenos que compactem
Cheiro a enxofre	Pilha muito húmida	Mexer a pilha e adicionar materiais secos e ricos em carbono “castanhos” (palha, serradura ou aparas de madeira)
Pilha de compostagem muito húmida	Excesso de água	Adicionar materiais secos ou ricos em carbono “castanhos” Levantar a tampa do compostor para haver evaporação de água
	Falta de ar	Usar uma camada de ramas secas na base do compostor Mexer a pilha para o ar circular
	Má drenagem	Mudar o compostor para um lugar que escoe bem a água
Visitas de animais como moscas, ratos, cães	A pilha tem materiais indesejados	Retirar os materiais indesejados (carne, gordura, dejetos, etc.) da pilha
	Os restos de comida não estão bem cobertos	Cobrir a pilha com materiais ricos em carbono “castanhos” (folhas, pedaços de madeira) composto estabilizado ou com um plástico
		Colocar armadilhas perto do compostor
	As larvas de mosca não foram mortas	Mexer o composto para aumentar a temperatura
Compostagem muito lenta e/ou temperatura não sobe	Tamanho dos materiais é muito grande	Partir os materiais em pequenos pedaços Misturar os materiais com um pouco de terra, composto já estabilizado ou outro ativador de compostagem
	Falta de materiais ricos em azoto “verdes”	Adicionar materiais ricos em azoto “verdes” (aparas de relva, restos de vegetais, etc.)
	Pilha muito seca	Fazer o “teste da esponja” e adicionar água ao remexer
	Pilha muito pequena	Aumentar o tamanho da pilha (deve ter cerca de 1m ³) Colocar a pilha ao sol
Composto ácido (pH menor que 5.5)	Acumulação de ácidos orgânicos	Arejar a pilha Remexer

2.11 Compostagem urbana comunitária

A compostagem descentralizada, ou de pequena escala, é uma ferramenta eficaz para tratar a fração orgânica de resíduos sólidos urbanos e tem sido proposta como uma prática recomendada com um impacto altamente positivo nos planos de gestão de resíduos sólidos urbanos. Contribui para reduzir o transporte de resíduos, custos de tratamento e o enchimento das células de aterro, como demonstrado em várias avaliações de ciclos de vida presentes na literatura (Chan et al., 2011; Colón et al., 2010; Lleó et al., 2013).

A compostagem descentralizada tem sido implementada com sucesso como tratamento de resíduos orgânicos de cozinha e jardins em instituições, bairros e residências, a baixo custo (Platt et al., 2014; Smith e Jasim, 2009). Assim, este sistema representa uma solução alternativa para a fração municipal de resíduos orgânicos em vários contextos socioeconômicos e tecnológicos (Kalamdhad e Kazmi, 2009a e b). Além disso, a compostagem em pequena escala também é uma maneira inovadora de envolver os cidadãos produtores de resíduos com um papel chave no seu tratamento, aumentando a consciência ambiental da comunidade (Adhikari et al., 2010; Faverial e Sierra, 2014).

2.11.1 Caso de San Sebastián

San Sebastián é um município espanhol com cerca de 183 000 habitantes situado no País Basco sendo capital da província de Guipúscoa à beira do golfo da Biscaia. De acordo com a página online do município (Ayuntamiento de San Sebastián), o mesmo considera que cerca de 40% dos resíduos produzidos localmente são orgânicos e como tal têm sistemas adequados para o seu tratamento através da disponibilização de contentores para a fração orgânica na via pública, disponibilização de compostores para compostagem doméstica e de locais de compostagem comunitária.

A compostagem comunitária é organizada por grupos de pessoas que compartilham uma zona de compostagem. Em cada ponto de compostagem comunitário existem 8 compostores e ainda cubos para o acondicionamento de material estruturante (palha, serradura, etc.) que se encontram sob uma base de drenagem do tipo de grelhas de enrelvamento. Em cada grupo/ ponto de compostagem há uma pessoa responsável, que deverá uma a duas vezes por semana cuidar da pilha, misturar para arejar, cobrir a pilha com material estruturante e verificar se há necessidade de requisitar mais material estruturante. A extração do composto maduro será feita com a colaboração de todos eles. O material estruturante é obtido junto da empresa que cuida dos jardins e das podas de árvores. O

composto é feito com todos os resíduos da cozinha, tanto vegetais e animais, cozidos e não cozidos.

Os interessados em participar recebem gratuitamente o compostor, a chave do recinto e as ferramentas necessárias para o local de compostagem, um balde para a separação mais fácil dos resíduos, assim como formação inicial e aconselhamento contínuo. Os participantes podem depositar resíduos a qualquer hora, além disso, as pessoas que participam podem levar o composto preparado para seu uso. Na Figura 9 e Figura 10 pode-se observar os recintos de compostagem urbana em San Sebastián.



Figura 9 - Recinto de compostagem urbana comunitária em San Sebastián (Fonte: Ayuntamiento de San Sebastián)



Figura 10 - Compostores de compostagem urbana comunitária em San Sebastián (foto do autor)

Na Figura 11 pode-se observar os locais de compostagem urbana comunitária em San Sebastián, de acordo com a página online do município. Existem 10 bairros onde se desenvolve o conceito de compostagem comunitária: Aiete, Añorga Txiki, Bidebieta, Ibaeta, Igeldo, Intxaurreondo, Martutene, Morlans, Ulia e Zubietta.

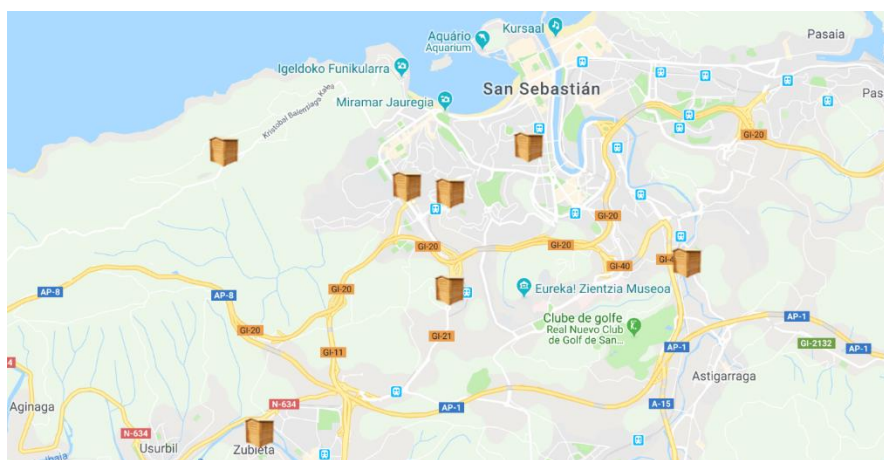


Figura 11 - Locais com compostagem urbana comunitária em San Sebastián (Fonte: Ayuntamiento de San Sebastián)

Para aqueles que se encontram interessados em formar um novo ponto de compostagem comunitária, será dada uma formação ao grupo, de cerca de uma hora. Os técnicos municipais do departamento do meio ambiente visitam uma vez por semana, ou a cada duas semanas, todos os pontos de compostagem da comunidade para verificar sua condição, tirar o grau de temperatura e humidade etc. Sendo que estes se encontram à disposição para qualquer dúvida que exista.

Os participantes recebem ainda um incentivo económico como forma de reconhecimento do seu esforço em gerirem os seus próprios resíduos. Para quem faz compostagem doméstica beneficia de 50% de desconto na tarifa de gestão de resíduos, 30% para quem faz compostagem comunitária.

2.11.2 Caso de Pontevedra

Pontevedra é uma das quatro províncias pertencentes à comunidade autónoma da Galiza, no noroeste de Espanha, com cerca de 944 346 habitantes. De acordo com a página online do Plan Revitaliza (Deputación Pontevedra), estima-se que em Pontevedra a produção de bioresíduos varia entre 40 a 50% e como tal iniciou o seu programa de compostagem “Plan Revitaliza” em 2016. Para localidades mais distantes e dispersas com características rurais o plano prevê a implementação de soluções de compostagem doméstica, enquanto que para locais mais densamente povoados e com características urbanas a solução de compostagem comunitária como forma de tratamento dos bioresíduos localmente. Têm como objetivo tratar 75% dos bioresíduos produzidos em Pontevedra através de compostagem doméstica e comunitária. Os locais de compostagem comunitária incluem os compostores, caixas para colocação do composto resultante, caixas para colocação de material estruturante, uma saída de água, uma papeleira, toda área é assente sob uma base de drenagem, sendo que o compostor encontra-se assente sob gravilha para uma escorrência mais controlada dos lixiviados.

O número mínimo de compostores a colocar numa zona é de três, cada um com 1000 litros de volume, pois se considera este como sendo o volume ideal para manuseamento. Os compostores são constituídos por várias ripas de plástico reciclado, possibilitando assim que sejam removidas aquando do seu manuseamento e retirada do composto. As tampas colocadas inicialmente foram feitas em zinco, no entanto após análises feitas às primeiras amostras de composto acusaram valores muito altos da mesma substância, o que levou a substituir todas para tampas de plástico.

O investimento médio necessário para uma zona de três compostores varia entre 2000 e 2500 euros incluindo todos os materiais descritos anteriormente, sendo que o preço unitário por compostor tende a descer substancialmente com o aumento do número de compostores num local, visto que os custos de mão de obra para trabalhar o local e os custos fixos de implementação de um local serão os mesmos.

Recomendam a colocação de restos de vegetais, restos de jardim e inclusive da fração animal, justificando-se como sendo essencial para atingir as altas temperaturas desejadas ao processo. Cada local de compostagem comunitária apenas tem um compostor aberto de cada vez e só quando esse mesmo compostor fica completo é que os mestres composteiros abrem outro diferente.

O composto resultante é transferido para caixas próprias para o efeito e deixado à disposição de quem quiser levar. Para o fornecimento do carbono necessário ao processo de compostagem, identificam zonas de limpeza e de podas urbanas que depois serão triturados e usados como material estruturante. Neste momento encontram-se 3000 compostores instalados. E prevê-se a continuação na sua instalação.

Para a gestão de todo o processo, Pontevedra conta atualmente com 60 mestres composteiros. Trabalham a tempo inteiro na gestão do processo de compostagem, têm como função adicionar material estruturante, mexer a pilha, controlar temperaturas, retirar e peneirar o composto, assim como resolver questões junto dos vizinhos. Todos eles têm formação académica e foram selecionados após diferentes processos que consistiram principalmente em testes de conceitos de biologia, química e bioquímica, conservação do meio ambiente, efeitos de resíduos e legislação específica a nível local, regional, estatal e europeu. Estas pessoas frequentaram um curso de intensivo na Faculdade de Compostagem do Príncipe Felipe com 80 horas teóricas e práticas, com especialistas reconhecidos no setor da Catalunha, Navarra, Guipúzcoa ou Itália e master classes de professores universitários convidados.

O reconhecimento da qualificação de mestre composteiro está em processo de aprovação pelo Ministério da Agricultura e Ambiente e pela Universidade de Vigo. De acordo com a publicação feita para a contratação dos mestres composteiros cada um recebe 1 400 euros por mês. Na Figura 12 pode-se observar um recinto de compostagem comunitária no centro da cidade de Pontevedra. Na Figura 13 os técnicos qualificados, maestros compostadores, a retirar e a crivar o composto obtido.



Figura 12 - Local de compostagem urbana comunitária em Pontevedra (Fonte: Deputación Pontevedra)



Figura 13 - Gestão do compostor em Pontevedra (Fonte: Deputación Pontevedra)

Recomendam a colocação de frutas, verduras, carne, peixe, pão, massa, arroz, comida crua, comida cozinhada, cascas de ovos, marisco, frutos secos, folhas de jardim e papel de cozinha branco sem tintas nem cores. Aconselham a população a não colocação de sacos de plástico, vidro, plásticos, metais, tetrapaks, beatas de cigarro, fraldas, produtos de higiene, medicamentos, aglomerados de madeira, papel e cartão com tinta, roupa e têxteis.

Atualmente, os moradores da província podem compostar nos centros comunitários instalados pelo Conselho Municipal de Pontevedra nos municípios de Baiona, Barro, Bueu, Caldas de Reis, Cambados, Cangas, O Grove, Ilha de Arousa, Moaña, Pontearreas, Pontevedra, Redondela, Ribadumia, Salceda de Caselas, Sanxenxo, Soutomaior, Tomiño, Vilaboa e Vilagarcía de Arousa.

2.11.3 Caso de Chambéry

Chambéry é um município francês na região de Ródano Alpes com 125 250 habitantes e 54 250 habitações. O seguinte caso é apresentado com base na informação presente no relatório MINIWASTE para a Comissão Europeia em 2011 (European Commission, 2011).

Iniciou em 2003 o programa de “Compostagem descentralizada na região metropolitana de Chambéry” com medidas no âmbito da prevenção de resíduos através de compostagem caseira e comunitária. Para a conceção de cada recinto de compostagem devem primeiramente identificar os seus futuros utilizadores, o espaço deverá ter disponível de 15 a 20m² para a colocação de 3 compostores de 1000 litros cada, um para a colocação

inicial dos bioresíduos, um para o composto em processo de maturação e outro para o armazenamento de material estruturante (folhas, madeira desfiada, etc). Após essa identificação algumas dessas pessoas serão formadas para se qualificarem como mestres de compostagem, que tem como função gerirem o processo de compostagem, revirarem a pilha de compostagem e adicionarem material estruturante, assim como sensibilizarem os restantes residentes.

Existem dois tipos de colaboradores no processo, um guia de compostagem e um mestre de compostagem. O guia de compostagem, um cidadão voluntário capaz no seu bairro de ajudar as famílias a praticar a compostagem doméstica. O guia de compostagem acompanhou a formação e ajuda o mestre de compostagem em algumas atividades, podendo ser convidado a participar na organização de eventos sobre compostagem doméstica iniciada pelo município. Por sua vez, o mestre de compostagem é uma pessoa de referência técnica em compostagem com sólida formação, capaz de responder a todos os tipos de problemas práticos, fazer uma pesquisa de diagnóstico, formar, aconselhar e inspirar um grupo de guias de compostagem. O seu trabalho é pago pelo município ou outra entidade e colabora como um suporte em operações de compostagem doméstica, bem como a comunicação e outras iniciativas centralizadas de pequena escala.

Os resíduos aceites e recomendados para colocar no compostor são principalmente resíduos verdes do jardim (folhas, ceifa, etc.), cascas de frutas e legumes, borras de café com filtros de papel, saquinhos de chá, infusões e chá de ervas, cascas de ovos, flores desbotadas, pão, massa, tecidos, toalhas de papel, cinzas, crostas de presunto e queijo, resíduos de animais sem ser excremento. Não recomendam a colocação de ervas daninhas especialmente aquelas com sementes, resíduos que sofreram tratamento químico, plantas doentes, carne (incluindo ossos), peixe (incluindo espinhas), ostras, mexilhões e produtos lácteos. Na Figura 14, um local de compostagem urbana em Chambéry.



Figura 14 - Compostagem urbana em Chambéry (Fonte: European Commission, 2011)

2.11.4 Caso de Flandres

A região de Flandres situa-se na Bélgica tem cerca de 6 160 600 habitantes e 2 195 487 habitações. O seguinte caso é apresentado com base na informação presente no relatório MINIWASTE para a Comissão Europeia em 2011 (European Commission, 2011).

Começou em 1996 o seu programa de compostagem comunitária, pois reconhecem que os cidadãos que vivem em apartamentos ou pequenas casas sem jardins não têm a possibilidade de fazer compostagem em casa. Em 2008, existiam 69 recintos de compostagem comunitária ativos espalhados por 46 autoridades locais na região de Flandres.

A criação de locais de compostagem comunitária parte de iniciativas dos próprios residentes ou da autoridade local e estão situadas em propriedades públicas ou privadas.

Consideram que nos distritos onde a compostagem doméstica existe ou um sistema de recolha de bioresíduos se encontre em vigor seja bem sucedido, um programa de compostagem comunitária não traz valor acrescentado. Os moradores têm de se registar para aderirem ao programa e para entregar os bioresíduos.

Existem três tipos de compostagem comunitária:

- Famílias com menos de 50 habitantes é considerada uma iniciativa de pequena escala e são fornecidos compostores ou caixa para fazer compostagem.
- Entre 50 a 100 famílias é considerada uma iniciativa de média escala e pode ser implementado o sistema de compostagem em pilhas, em pavilhão ou em várias caixas para fazer compostagem.
- Com mais de 100 famílias é considerado de grande escala e é implementado a compostagem em pavilhão.

Existem quatro atores considerados:

1. Os voluntários, que tem de participar num curso de compostagem, estarem presentes nas horas de funcionamento, despejar as caixas de bioresíduos, informar os cidadãos da separação dos resíduos, adicionar material estruturante, revirar a pilha de composto, reunir regularmente e informar os serviços ambientais municipais das necessidades de materiais e tomar nota da quantidade de pessoas a utilizar o serviço, temperatura da pilha, problemas encontrados, etc.
2. Os residentes entregam regularmente os seus bioresíduos e devem respeitar as regras de separação.

3. Os mestres de compostagem, encontram-se encarregues de dar formação aos voluntários assim como prestar eventual suporte e garantir a implementação dos locais de compostagem comunitário.
4. Os serviços municipais estão encarregues das questões administrativas / financeiras relativas à preparação e implementação do projeto; monitoramento e avaliação, solução de problemas pontuais, manutenção do local (vedação, infraestrutura e equipamentos), fornecimento de material estruturante, recolha e uso do composto que não é usado pelos próprios residentes.

Os custos de investimento identificados são cercas, sistemas de compostagem, abrigos, equipamentos de compostagem, baldes de compostagem para participantes (facultativos), painéis informativos, suporte de informação e comunicação. Os custos iniciais para a implementação dos locais de compostagem comunitária variam de acordo com o sistema de compostagem escolhido e com a possibilidade de os serviços municipais prestarem assistência técnica. Um estudo, 2007, realizado para o Instituto de Meio Ambiente de Bruxelas revelou que os custos de investimento para os locais de compostagem comunitária variam de 350 euros (compostores / caixas de compostagem) a 15.000 euros (pavilhão de compostagem). Os custos de funcionamento variam de acordo com o envolvimento do pessoal ou voluntários para a manutenção e coordenação da gestão dos locais de compostagem e o fornecimento de aparas de madeira.

Tendo em conta que todos os residentes na Flandres têm que pagar pela recolha dos seus bioresíduos, pagando em média uma quantia de 1,5 euros por cada 40 litros e assumindo que a maioria dos residentes não deseja manter os bioresíduos por muito tempo na sua propriedade, os ganhos financeiros para os residentes participantes do esquema compostagem comunitária variam de 40 a 80 euros por ano, sendo que os benefícios do uso de composto em pequenos jardins ou plantas de casa não se encontram aqui contemplados.



Figura 15 - Caixas de compostagem em Flandres (Fonte: European Commission, 2011)



Figura 16 - Compostores em Flandres (Fonte: European Commission, 2011)



Figura 17 - Pavilhões de compostagem em Flandres (Fonte: European Commission, 2011)



Figura 18 - Pilhas de compostagem em Flandres (Fonte: European Commission, 2011)

2.11.5 Caso de Zurique

A cidade de Zurique situa-se na Suíça conta com cerca de 370 000 habitantes e 190 000 habitações. O seguinte caso é apresentado com base na informação presente no relatório MINIWASTE para a Comissão Europeia em 2011 (European Commission, 2011).

Iniciou em 1992 um programa de compostagem comunitária e em 2008 tinha cerca de 900 locais de compostagem comunitária. A implementação de um local de compostagem comunitária é recomendada numa área de 40m² situada com vizinhança imediata nos apartamentos, uma vedação, acesso livre porém para os residentes, não superior a 1,2 m rodeado por arbustos e plantas indígenas, caixas de compostagem com coberturas plásticas rígidas de diferentes cores, uma caixa (1,5 m de comprimento, 0,8 m de altura e 0,6 m de profundidade) com equipamento, bancada, abastecimento de água e pedras planas (0,5 por 0,5 m) como cobertura do solo. As capas das caixas têm cores diferentes, aquelas com a cor verde são designadas para os resíduos de cozinha. Os outros são usados para o composto semi maturado e para as aparas de madeira usadas como material de estrutura para um processo de compostagem otimizado.

Como alternativa às caixas, fazem pequenos recipientes de arame de plástico, incluindo uma folha de plástico no interior, com pequenos orifícios para arejamento, e finalmente, uma cobertura de madeira. Uma vez que o recipiente esteja cheio, os resíduos são transferidos para uma pilha coberta com folha Toptex, possível respiração enquanto protegido da chuva, para posterior maturação. Em geral, vários desses montes são necessários para permitir a maturação do composto.

Zurique presta muita atenção ao design quanto à limpeza do local. Os arbustos e plantas indígenas devem ser usados para tornar o local atraente. Para este propósito, foram elaboradas fichas informativas, incluindo informações sobre o tipo de plantas e arbustos a serem utilizados nos locais de compostagem comunitária.



Figura 19 - Silos de compostagem para 1 a 15 famílias em Zurique (Fonte: European Commission, 2011)



Figura 20 - Caixas de compostagem para mais de 15 famílias em Zurique (Fonte: European Commission, 2011)



Figura 21 - Pilhas de compostagem para 20 a 400 famílias em Zurique (Fonte: European Commission, 2011)

Os moradores trazem os seus resíduos de cozinha num balde fechado ou em sacos plásticos. Estimativas indicam que a família típica participante traz cerca de 100 kg de resíduos de cozinha para fazer compostagem comunitária por ano. É pedido aos moradores para trazer apenas resíduos de cozinha pré consumidos como alimentos cozidos, carne, peixe e pão, não são aceites. Outros tipos de resíduos, como frutas cítricas, cascas de ovos e buquês de flores, os moradores são recomendados a reduzir o tamanho dos mesmos. O rácio de colocação de material estruturante e os resíduos de cozinha é de um para dois, isto é, para uma parte de aparas de madeira para duas partes de resíduos de cozinha. O composto produzido representa um terço do material de entrada.

Para a implementação de um local de compostagem comunitário primeiramente há que identificar voluntários suficientes, determinar a área de participação e localização adequada, de preferência parcialmente com sombra, a distância para os moradores não deve exceder os 200 metros. Por cada zona idealmente, deverão haver 10% dos moradores prontos a ser voluntários.

Nos locais de compostagem comunitária recomendam a colocação de placas grandes contendo, uma página A3 indicando as regras; uma página A4 com pictogramas que fornecem orientações sobre o que pode ser colocado nos compostores e o que não, recomendação quanto à redução do tamanho de alguns resíduos antes de colocar para compostar, os detalhes de contato da pessoa responsável pelo local, neste caso um residente, os voluntários, o plano de trabalho mensal e os residentes autorizados a trazer seus resíduos para o local.

Existem cinco atores, nomeadamente: os voluntários, os residentes, um consultor de compostagem, pessoal técnico e a empresa de habitação. Os voluntários deverão participar numa sessão de formação, envolver o composto a horários regulares, transferir o composto de uma caixa para outra; manter o local arrumado e informar quando as aparas de madeira devem ser fornecidas. Os moradores devem trazer os seus resíduos para o local de compostagem, cumprir com as regras de separação colocadas no balde e/ ou na placa na entrada do local. O consultor de compostagem deverá fazer a promoção do local, apoiar com o arranque através da formação dada aos voluntários, monitorizar, avaliar e solucionar eventuais problemas. O pessoal técnico deverá fornecer o material estruturante de acordo com as necessidades. Para os casos em que o terreno em causa seja propriedade de privada, a mesma identidade deverá aprovar o projeto, disponibilizar um local adequado; fornecer infraestrutura e equipamentos; suportar financeiramente, suportar com a comunicação nos locais e ainda contribuir possivelmente com um valor monetário pelo trabalho feito pelos voluntários.

Um local de compostagem comunitário de dimensão média terá os seguintes custos de investimento, 30 euros por painel de informações, 3200 euros por 6 compostores de madeira com tampa de plástico, 250 euros por uma cerca de madeira, arame de aço e vegetação, 200 euros por uma caixa de madeira para armazenamento de equipamentos, 200 euros para pedras de pavimento e 75 euros por uma peneira, que dá um total de cerca de 4000 euros.

O material estruturante, nomeadamente as lascas de madeira são fornecidas pelos serviços da cidade sob necessidade, sendo que o preço médio por metro cubico é de 25 euros e em sacos de 50 litros é de 3,5 euros. Por cada transporte realizado é cobrado 18 euros pela entrega do material.

Em alguns casos, cerca de 15%, os voluntários são pagos pelos serviços que oferecem, misturar, transferir, adicionar aparas de madeira e manter a área organizada. Os residentes podem ser solicitados a contribuir por exemplo 1,5 euros por mês em geral, incluído no custo do aluguer.

2.11.6 Caso da ComBOA em Campolide

Campolide é uma freguesia do concelho de Lisboa com cerca de 15 000 habitantes. De acordo com a página online da Circular Economy Portugal, o ComBOA! em Campolide (projeto “Cê ao Cubo”) iniciou a construção de um centro de compostagem de 600 m2 no Bairro do Tarujo. Esta nova infraestrutura recebe agora os resíduos verdes da freguesia. Num momento posterior, serão também para ali encaminhados resíduos orgânicos recolhidos seletivamente num condomínio próximo (9 prédios, 300 famílias). O projeto vai permitir testar diferentes modelos de recolha e obter resultados que ajudem a desenhar a estratégia mais viável para a implementação de esquemas de compostagem comunitária noutras localizações. O projeto encontra-se em execução até final de 2020 sendo este financiado pelo programa BIP/ZIP Lisboa 2017.

2.11.7 Caso da LIPOR

A LIPOR, Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, é a entidade responsável pela gestão, valorização e tratamento dos Resíduos Urbanos produzidos pelos oito municípios que a integram: Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Valongo e Vila do Conde. Constituída como Associação de Municípios em 1982, a LIPOR tem vindo a implementar uma gestão integrada de resíduos,

recuperando, ampliando e construindo infraestruturas, complementadas com campanhas de sensibilização junto da população.

Sustentada nos modernos conceitos de gestão de resíduos urbanos, que preconizam a adoção de sistemas integrados e a minimização da deposição de resíduos em Aterro, a LIPOR desenvolveu uma estratégia integrada de valorização, tratamento e confinamento dos RU, baseada em três componentes principais: Valorização Multimaterial, Valorização Orgânica e Valorização Energética, completadas por um Aterro Sanitário para receção dos rejeitados e de resíduos previamente preparados. No âmbito da compostagem, desenvolve iniciativas de compostagem doméstica e de compostagem comunitária, prevenindo os resíduos orgânicos recolhidos e tratados de forma centralizada, reduzindo assim, o impacte ambiental associado ao processo e melhorando a qualidade de vida da população afetada.

De acordo com a página online da LIPOR é indicado que o processo de compostagem caseira permita uma redução em mais de 423,3 kg/ano por compostor, pelo que com 13 905 compostores implementados teremos um potencial de redução de 6 492 t de resíduos orgânicos. O seu desvio da valorização energética e aproveitamento na compostagem permitirá evitar a emissão de 1.143 t CO₂ por ano.

Na zona da LIPOR, os munícipes podem solicitar apoio para a implementação de zonas de compostagem comunitária. Para tal os moradores de uma determinada zona devem solicitar o fornecimento de compostores para colocação num local público ou em alguns casos em recinto privado para uso exclusivo dos mesmos. A LIPOR apoia com o fornecimento do compostor e com formação devida para o efeito. As iniciativas existentes encontram-se no mapa da Figura 25, de acordo com a página online da LIPOR. Nota para algumas das localizações do mapa serem consideradas de iniciativas de compostagem comunitária, pelo facto de haver uma partilha de meios entre os seus habitantes, no entanto alguns desses sítios encontram-se em terreno privado.



Figura 22 - Local de compostagem comunitária em Rio Tinto, Porto (Foto do autor)



Figura 23 - Compostor fornecido pela LIPOR de 390 litros (Foto do autor)



Figura 24 - Placa com informação sobre compostagem, Porto (Foto do autor)

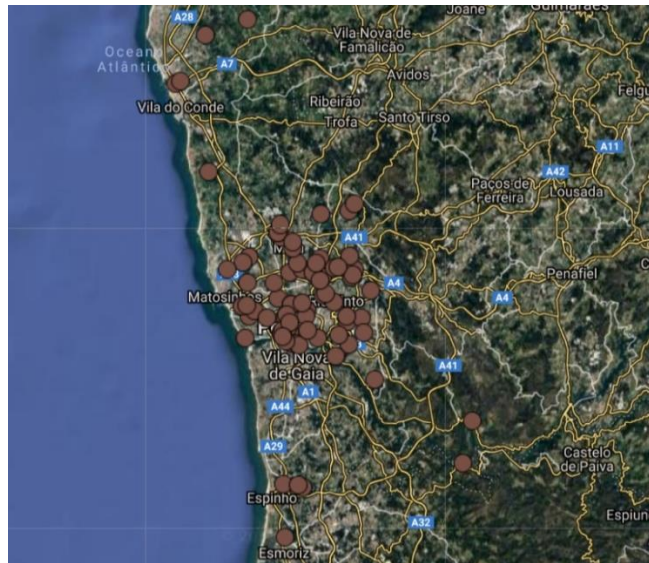


Figura 25 - Locais de compostagem urbana comunitária no território da LIPOR (Fonte: LIPOR)

De acordo com a pesquisa levada a cabo, compilou-se os vários modelos apresentados no Quadro 13.

Quadro 13 - Comparação dos vários modelos de compostagem comunitária (elaborado pelo autor)

Dados	LIPOR	San Sebastián	Pontevedra	Chaméry	Flandres	Zurique
Ano de início	2006	2013	2016	2003	1996	1992
Dimensão do compostor	390	1100	1000	1000	Caixas de compostagem: 1000 compostores 390, pilhas 3000, pavilhões > 3000	720
Material do compostor	Plástico	Plástico	Plástico reciclado	Madeira, plástico	Paletes madeira, plástico, lonas, infraestrutura	Madeira, lonas
Base de drenagem	Não	Sim, grelha de enrelvamento	Sim, grelha de enrelvamento e gravilha	Não	Não	Não
Cerca de recinto	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim, alguns casos
Acesso condicionado apenas a participantes identificados	Não	Sim, necessitam de chave para abertura do recinto	Não	Não	Não	n.d.
Responsável pela gestão e manutenção	Sim, um voluntário por zona	Sim, um voluntário por zona	Sim, mestres composteiros trabalham a tempo inteiro e remunerados	Sim, guia e mestre de compostagem	Sim, mestres de compostagem e voluntários	Sim, voluntários
Fornecem material estruturante	Não	Sim, em caixa no local	Sim, em caixa na local	n.d.	Sim	Sim
É dada formação inicial aos participantes	Sim	Sim	Não	Sim	n.d.	n.d.
Existe incentivo económico para os utilizadores	Não	Sim, 30% de desconto na tarifa de gestão de resíduos	Não	Não	Não	Não
Custo unitário médio por compostor	n.d.	n.d.	Entre 500 a 600€	n.d.	350€	600€
n.d. -> não disponível						

3 Proposta de implementação

3.1 Apresentação do Município da Figueira da Foz

Figueira da Foz é um município português com 379,05 km² de área e 61 076 habitantes (INE, 2013), subdividido em 14 freguesias. Pertence ao distrito de Coimbra, na província da Beira Litoral, e situada na foz do rio Mondego com o Oceano Atlântico.

3.2 Descrição do sistema de gestão de resíduos do Município

A empresa de recolha e transporte de resíduos urbanos responsável é a SUMA, Serviços Urbanos e Meio Ambiente., empresa com duas décadas de experiência, tem como acionistas o Grupo Mota-Engil e Urbaser. Efetua a recolha de resíduos urbanos diariamente pelo município.

A entidade gestora de resíduos em alta e responsável pelo tratamento e destino final dos resíduos é a ERSUC, Sistema Multimunicipal de Tratamento e Valorização de Resíduos Sólidos Urbanos do Litoral Centro foi criado pelo Decreto-Lei nº 166/96, de 5 de Setembro, com uma área geográfica correspondente a 31 Municípios, tendo logo de imediato sido integrado o Município de Albergaria-a-Velha e, em 1998 integrados os Municípios de Arouca, Oliveira de Azeméis, S. João da Madeira e Vale de Cambra, perfazendo, assim, 36 Municípios abrangendo uma área de 6 700 km² e servindo uma população de cerca de 1 milhão de habitantes. Em 2017 recebeu nas suas infraestruturas 393 024 toneladas de resíduos, sendo destas 362 214 toneladas provenientes de recolha indiferenciada e 30 810 toneladas de recolha seletiva. Apresenta como soluções de tratamento atualmente a triagem de materiais recicláveis, o tratamento mecânico e biológico e a deposição em aterro.

Na Figura 26 é apresentado o fluxograma de resíduos da entidade gestora em alta, ERSUC, de acordo com o seu relatório e contas de 2017.

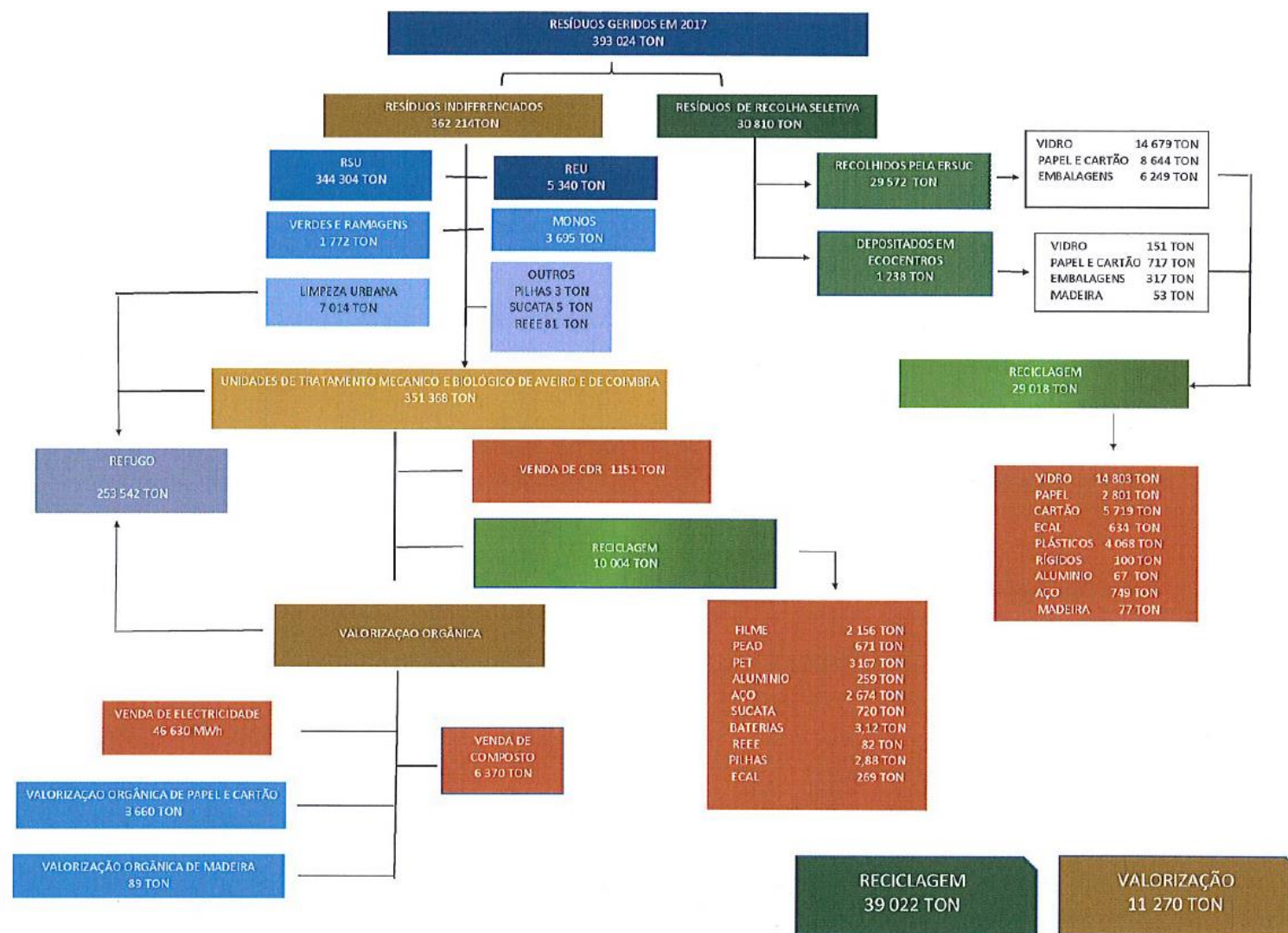


Figura 26 - Fluxograma ERSUC 2017 (Fonte: ERSUC, 2017)

3.3 Descrição da situação atual

Pode-se observar pela Figura 27, de acordo com os dados disponibilizados no relatório e contas da ERSUC, a produção de resíduos totais desde de 2006 até 2017, situando-se em 28 976 toneladas no ano de 2017 correspondente a 474 quilogramas por habitante. Enquanto que a recolha seletiva, de materiais recicláveis, 1 809 toneladas o que representa cerca de 6% do total de resíduos produzidos nesse ano e em 30 quilogramas por habitante.

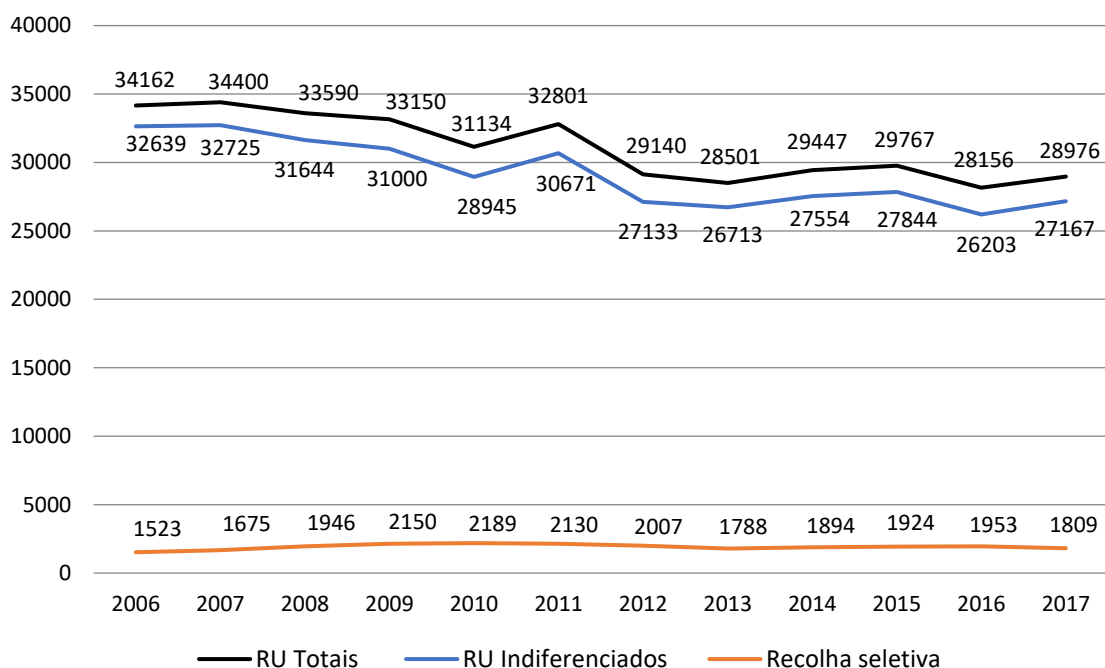


Figura 27 - Produção de resíduos totais, de recolha indiferenciada e de recolha seletiva (em toneladas)
(Fonte: ERSUC, 2017)

Na Figura 28 pode-se observar a recolha de resíduos indiferenciados e o potencial de bioresíduos, 32,37%, presente nessa fração tendo em conta a caracterização de resíduos realizada pela entidade em alta ERSUC em 2013. Estima-se que das 27 167 toneladas de resíduos indiferenciados produzidos, 8 794 toneladas são de bioresíduos. Resíduos estes que por serem recolhidos junto dos indiferenciados são enviados para aterro ou resultam em composto de pouca qualidade graças à contaminação de outros resíduos recolhidos conjuntamente.

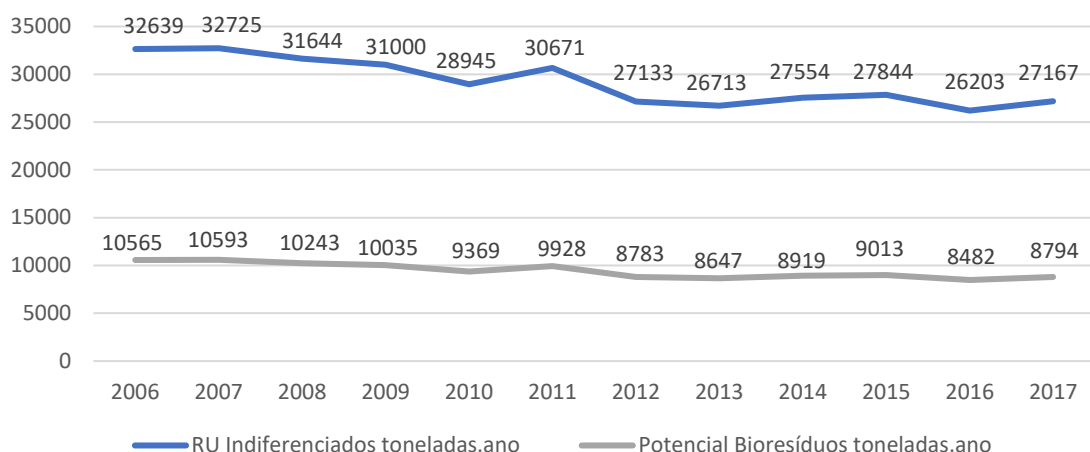


Figura 28 - Produção de resíduos indiferenciados e potencial de produção de bioresíduos (em toneladas) (Fonte: ERSUC, 2017)

No Quadro 14 é comparado o resultado obtido em 2017 e as metas a atingir no ano 2020. Como se pode observar a quantidade de resíduos produzidos encontra-se acima da meta recomendada assim como a quantidade de resíduos urbanos biodegradáveis depositados em aterro.

Quadro 14 - Resultados e metas a atingir (elaborado pelo autor)

Indicador	Unidade	Resultado 2017	Meta (ano)
Quantidade de resíduos produzidos	kg/(hab.ano)	474 kg/hab.ano	410kg/(hab.ano) (2020)
Preparação para Reutilização e Reciclagem, Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos	% de RU Recicláveis	62%	80%
Deposição RUB em aterro, Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos (ERSUC)	% de RUB produzidos	75%	10%
Retomas de Recolha Seletiva, Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos	kg/(hab.ano)	30 kg/(hab.ano)	46 kg/(hab.ano) (2020)

3.4 Desenho do recinto de compostagem comunitária

Cada recinto de compostagem deverá ter 10 compostores tipo de 1000 litros feitos em plástico reciclado e com tampa plástica, semelhante ao modelo apresentado de Pontevedra, essa opção devesse ao facto de o plástico reciclado apresentar maior durabilidade quando comparado com um de madeira, e de apresentar um menor grau de contaminação do composto resultante quando comparado com uma estrutura em zinco, de acordo com as opções e recomendações analisadas. O volume de 1000 litros é aquele que se encontra mais facilmente disponível nas opções comerciais observadas e em alguns casos defendem como sendo aquele que permite o mais fácil manuseamento da pilha. O compostor deverá ainda ser constituído pelas ripas de plástico permitindo assim que seja mais fácil a passagem de composto entre pilhas assim como para retirada do composto resultante. Outra característica do compostor considerado é o facto de as ripas serem muito próximas umas das outras, permitindo assim algum arejamento mas impedindo alguns animais de entrar dentro do compostor. Os compostores deverão ser assentes sob uma base de drenagem de 28 m² para que não se acumulem lixiviados junto das zonas de colocação dos resíduos por parte dos habitantes e para que o solo não ceda nessas partes. Sugere-se ainda a colocação de gravilha na zona imediatamente abaixo dos compostores para reduzir o fluxo de lixiviados. Essa área, 28m² permite ainda a circulação dos habitantes na zona envolvente, colocação de um caixa de 200 litros com material estruturante (serradura, palha, etc.) e duas caixas de 1000 litros para colocação do composto resultante onde os habitantes se podem servir. A opção pela colocação de 10 compostores por zona devesse ao facto de assim diminuir os custos fixos inerentes à construção de cada zona e de permitir que haja uma passagem resíduos entre os vários compostores, dando assim tempo às várias fases de compostagem até à sua maturação, conforme se pode observar na Figura 31. No entanto poderão ser ajustados tendo em conta as necessidades da zona envolvente.

O local deverá dispor de uma papeleira para colocação dos sacos de transporte dos bioresíduos. Na gestão do processo de compostagem o recinto deverá ter um misturador mecânico, um termómetro para monitorizar a temperatura do processo de compostagem, assim como um passador para crivar o composto resultante, que poderá ser partilhado com outros recintos. Como divulgação ao público em geral cada recinto deverá ter um painel de informação resumindo o âmbito do projeto, abordando o conceito de compostagem urbana comunitária, os seus benefícios, os resíduos que devem ser colocados, etc.

O acesso aos compostores será livre de utilização por parte de todos os munícipes, no entanto apenas estará aberto um de cada vez, permitindo assim que se encha até que se passe para o próximo, conforme exemplificado na Figura 31.

Na Figura 29 é apresentada a planta do recinto de compostagem comunitária considerada.

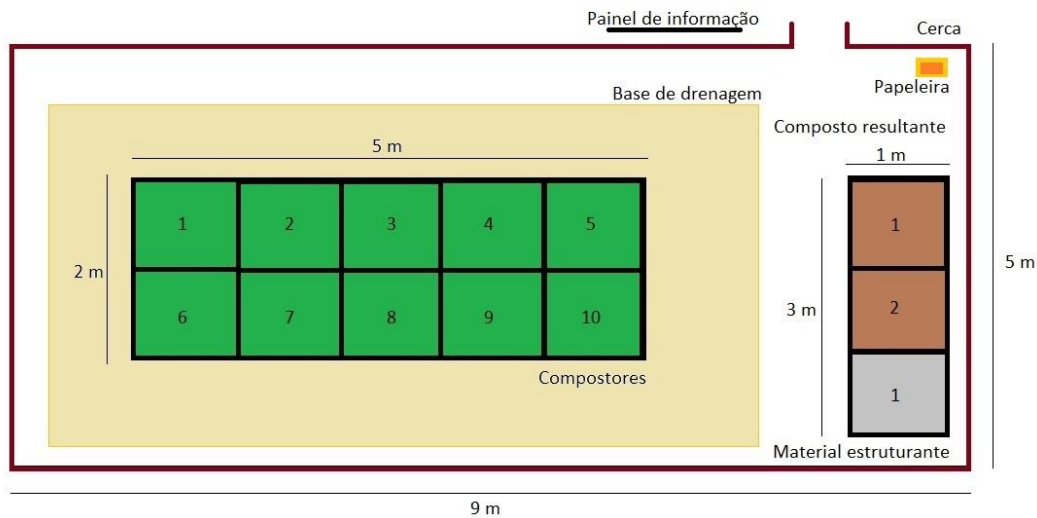


Figura 29 - Planta do recinto de compostagem comunitária (elaborado pelo autor)

A cerca de madeira em volta do recinto de compostagem com respetivo acesso por chave e fornecimento de baldes de 8 litros com informação das melhores práticas de separação de resíduos, poderá ser considerada opcional, tendo a qualidade da utilização e separação feita pelos munícipes.

Por uma gestão mais cuidada sugere-se que o seja contratada uma pessoa a tempo inteiro, que poderá integrar a equipa de gestão de espaços verdes para partilha de meios, para desempenhar as seguintes funções: adicionar material estruturante, regar e revolver a pilha, monitorizar a temperatura, crivar o composto resultante, etc.

Para definição dos locais a implementar o município poderá, através dos seus meios de comunicação, dar a conhecer o seu programa e a partir daí solicitar que os munícipes interessados manifestem o seu interesse. Implementando assim nos locais onde se revele o interesse dos munícipes em utilizar o recinto de compostagem, fornecendo os bioresíduos e que eventualmente beneficiem do composto resultante. Na Figura 30, podemos encontrar uma imagem representativa do eventual recinto de compostagem comunitária do catálogo da Vermican.



Figura 30 - Imagem representativa do eventual recinto de compostagem comunitária (Fonte: Vermican)

Para a determinação do potencial de bioresíduos a tratar por ano é tido em conta a dimensão de cada compostor, 1m^3 , quantidade de compostores a serem colocados, 250, peso específico dos bioresíduos, de acordo com a literatura recolhida será de 400 kg/m^3 , e uma duração do processo que deverá ser entre 90 a 120 dias. Caso o processo dure 90 dias o potencial de resíduos a tratar será de 324 444 kg/ano, caso o processo dure 243 333kg/ano. O que dá uma média de 283 889 kg/ano.

Os bioresíduos a introduzir devem ser de acordo com os indicados no Quadro 11. Deste valor ter em conta que cerca de 10% são materiais estruturantes, provenientes de podas urbanas e outros resíduos verdes produzidos localmente, desviando igualmente estes resíduos da fração indiferenciada, e essenciais para a relação carbono/ azoto necessária.

De acordo com a literatura, considerando que o composto resultante corresponde a 1/4 da quantidade de resíduos que entra, o composto resultante gerado será de 88 715 kg/ano. Conforme pode ser observado no Quadro 15.

Quadro 15 - Capacidade de bioresíduos a tratar e quantidade de composto a obter

Descrição	Quantidade	Unidade
Dimensão de cada compostor	1	m^3
Quantidade de compostores	250	#
Volume disponível	250	m^3
Peso específico	400	kg/m^3
Duração processo mínimo	90	Dias
Duração processo máximo	120	Dias
INPUT de bioresíduos		
90 dias de duração do processo (cenário máximo)	405 556	kg/ano
120 dias de duração do processo (cenário mínimo)	304 167	kg/ano
Média (cenário base)	354 861	kg/ano
OUTPUT médio de composto		
Composto	88 715	kg/ano

O número potencial de participantes por cada recinto de compostagem comunitário é definido primeiramente pela quantidade de resíduos que cada zona pode rececionar que é influenciado pelo número de compostores, 10, volume de cada compostor, 1000 m³, o peso específico dos bioresíduos, 400 kg/m³, o número de dias expectável de duração do processo de compostagem até obter um composto maturado e pronto a ser transferido para outra caixa no recinto de compostagem, em média 105 dias. O que dá uma quantidade potencial de resíduos a receber de 14 194 kg/ano.

Posteriormente, para a determinação do potencial de bioresíduos a produzir por habitante por ano é considerado a quantidade de resíduos produzidos por habitante por ano, 445 kg/hab.ano, o potencial de bioresíduos presentes na fração indiferenciada de acordo com a caracterização de resíduos da entidade gestora em alta ERSUC, 32,37%, e considerando que desses apenas 50% serão colocados no compostor, apura-se um potencial de 72 quilogramas que cada habitante gera por ano de bioresíduos, valor que se encontra dentro dos intervalos observados por Gallenkemper e Doedens (1994).

Considerando novamente o potencial de resíduos a receber por cada recinto de compostagem comunitária e o potencial que cada habitante produzirá de bioresíduos, cada recinto terá capacidade para 197 habitantes por ano. Considerando os 25 recintos de compostagem poderão participar 4 925 habitantes por ano. Cada compostor terá capacidade de desviar 1 419 quilogramas por ano. Conforme pode ser observado no Quadro 16.

Quadro 16 - Apuramento do número de habitantes abrangidos

Descrição	Quantidade	Unidade
Número de compostores por recinto	10	#
Capacidade de cada compostor	1 000	Litros
Capacidade de cada recinto	10 000	litros disponíveis
Peso específico dos bioresíduos	400	kg/m ³
Número médio de dias de duração processo de compostagem	105	Dias
Potencial de bioresíduos a receber por cada recinto	14 194	Kg
Produção de resíduos indiferenciados em 2017	445	kg/hab.ano indiferenciados
Bioresíduos presentes na fração indiferenciada de acordo com a caracterização da ERSUC 2013	32,37%	% bioresíduos
Bioresíduos colocados no compostor comunitário	50%	% de bioresíduos
Potencial de produção bioresíduos por habitante por ano	72	kg/hab.ano bioresíduos
Número potencial de habitantes abrangidos por recinto	197	#
Número potencial de habitantes abrangidos total	4 925	#

4 Impacto económico para o município

A produção de resíduos tem um impacto económico associado no município, com o pagamento da respetiva recolha, transporte, tratamento e taxa de gestão de resíduos.

Os respetivos custos relacionados, valor pago por tonelada, com a gestão de resíduos encontram-se no Quadro 17. Os custos de recolha e transporte são referentes ao ano de 2019 assim como os custos de tratamento. Para a definição do valor da taxa de gestão de resíduos, foi considerado 100% da taxa anual tendo em conta que a ERSUC apenas dispõe de deposição em aterro das opções consideradas de acordo com o Quadro 5.

Quadro 17 - Custos de gestão de resíduos em 2019

Descrição do custo	Valor	Unidade
Recolha e transporte de resíduos (SUMA)	31,36	€/t
Tratamento de resíduos (ERSUC)	28,39	€/t
Taxa de gestão de resíduos	9,9	€/t

4.1 Descrição dos custos de investimento

No Quadro 18 encontram-se os investimentos necessários para um recinto de compostagem típico com 10 compostores, base de drenagem com 28m², uma caixa de 200 litros para colocação de material estruturante (serradura, etc.), 2 caixas de 1000 litros para colocação de composto resultante e ainda um painel de informação para o público em geral. O misturador mecânico, o termómetro e a rede para crivar o composto resultante considerou-se a sua alocação a 0,1 por cada recinto. Os valores indicados partem de consultas a vários fornecedores e não incluem IVA.

Opcionalmente, o município também poderá adquirir baldes e distribuí-los aos participantes, potenciando assim a correta separação. Cada balde de 8 litros custa em média 20€. A colocação de uma cerca de madeira na zona dos recintos também poderá ser considerada, o seu custo varia em função do tipo de cerca, altura e comprimento considerado assim como o seu material.

Os custos de investimento por cada recinto de compostagem encontram-se descritos no Quadro 18, perfazendo um valor de 6 545€. Os custos de investimento totais, dos 25 recintos, e a respetiva depreciação anual pode ser encontrada no Quadro 19.

Quadro 18 - Investimento necessário para um recinto de compostagem

	Designação	Quantidade a alocar por recinto	Unidade	Preço unitário (€)	Valor (€)
	Compostores de 1 000 litros	10	Compostor	500	5 000
	Base de drenagem com gravilha na zona dos compostores	28	m ²	30	840
	Cubo 200 litros para colocação material estruturante	1	Cubo	100	100
	Cubos de 1 000 litros para colocação do composto resultante	2	Cubo	200	400
	Misturador mecânico	0,08	Misturador	11	1
	Rede para passar o composto resultante	0,08	Rede	40	3
	Termómetro	0,08	Termómetro	12	1
	Papeleira	1	Papeleira	50	50
	Painel de informação	1	Painel	150	150
Total					6 545

4.2 Descrição dos custos de exploração

A entrega dos resíduos fica a cargo dos munícipes, assim como a eventual gestão do processo de compostagem e recolha do composto resultante. No entanto, para uma gestão mais eficaz do processo de compostagem recomenda-se que seja contratado a tempo inteiro um funcionário para a manutenção dos espaços, para tal foi considerado o custo de uma pessoa afeta a 100% para a sua gestão. Este funcionário pode ser integrado com a equipa atual de gestão de espaços verdes, permitindo assim a partilha de meios e equipamentos. De acordo com o guia de implementação de compostagem comunitária da associação Fértil Auro (FeaResíduos, 2018), são sugeridas as seguintes tarefas o funcionário afeto:

Tarefas de acompanhamento: (recomendável uma vez por semana para cada recinto)

1. Medir temperatura, para saber qual o estado de atividade biológica;
2. Garantir um nível adequado de humidade;
3. Garantir uma porosidade mínima para que o ar possa circular;
4. Tomar nota dos graus de enchimento dos compostores;
5. Controlar os odores e eventuais medidas corretivas;
6. Tomar notas das incidências, se necessário registar fotograficamente e proceder às medidas corretivas;
7. Preencher uma ficha de acompanhamento para cada conjunto de compostores com dados relevantes;
8. Garantir a disponibilidade de material estruturante;
9. Registrar a informação e disponibilizá-la digitalmente;
10. Retirar amostras, esporadicamente, para análises de qualidade.

Tarefas de manutenção: (recomendável uma vez por semana para cada recinto)

1. Revolver periodicamente o material em processo no compostor;
2. Regar a pilha de compostagem para garantir um nível adequado de humidade;
3. Adicionar material estruturante ao processo de compostagem;
4. Esvaziar as papeleiras, caso hajam, no recinto de compostagem;
5. Quando o compostor de receção de resíduos fica cheio, deve-se transferir para o seu adjacente afim de que este possa atingir uma fase mais ativa de compostagem, com temperaturas mais altas e constantes. De acordo com a Figura 31;
6. Crivar o composto resultante, separando os materiais mais resistentes à degradação e que possam ser reaproveitados como material estruturante;
7. Eventual armazenamento/ ensacamento e posterior distribuição.

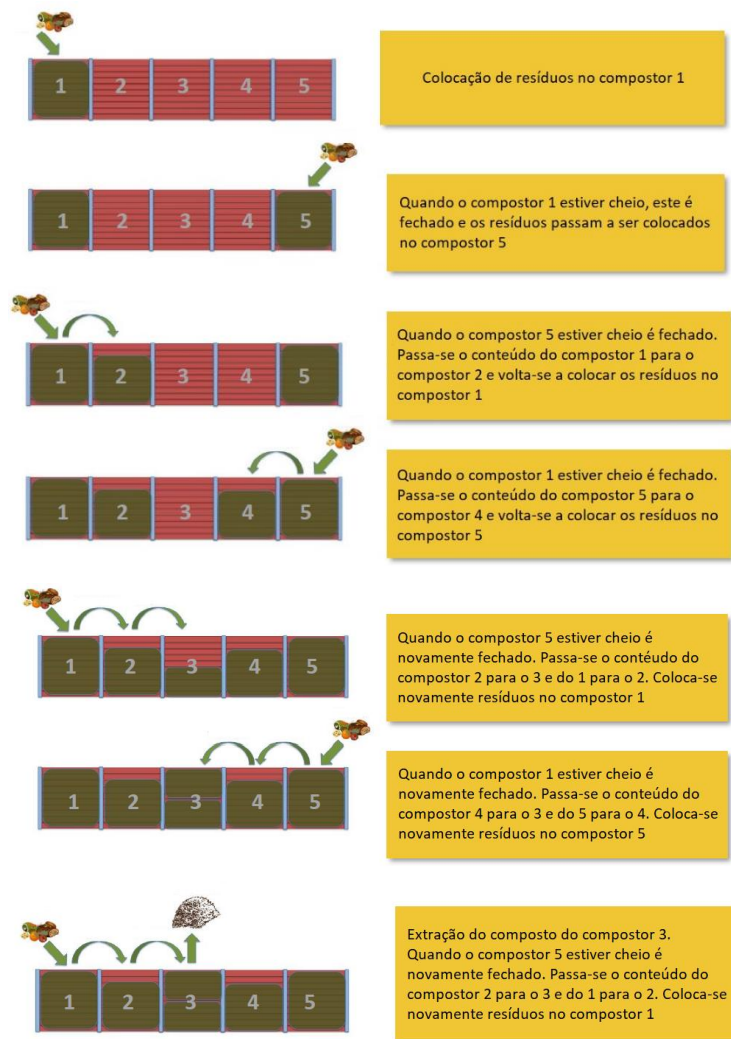


Figura 31 - Recomendação de gestão dos compostores comunitários (Fonte: FeaResíduos, 2018)

Além de um funcionário afeto a 100%, é ainda recomendado o acompanhamento por parte de um especialista em compostagem, principalmente no início para a implementação do projeto, para dar resposta a todo o tipo de questões e solicitações.

Todos os meses, ou assim que se considere oportuno, poderá haver uma sessão de formação de cerca de 2 horas para eventuais interessados em começar a participar no projeto assim como eventual esclarecimento de dúvidas por parte de elementos que já participam. Sugere-se então, a participação por parte do especialista nessas sessões assim como para dar resposta situações pontuais nos recintos de compostagem.

Essencial ao processo de compostagem é a incorporação de material estruturante, para tal o horto municipal com os resíduos provenientes das podas urbanas, após trituração, deverá fornecer os respetivos recintos de compostagem.

Os custos de exploração encontram-se no Quadro 20.

4.3 Análise custo benefício e análise de viabilidade económica

Para a elaboração da análise custo benefício teve-se em conta a classificação dos respetivos ativos de acordo com o publicado no Documento Complementar n.º 1 ao Regulamento Tarifário do Serviço de Gestão de Resíduos Urbanos disponível no Diário da República, 2.ª série N.º 73 13 de abril de 2018. Como tal realizou-se uma análise a 15 anos, tendo em conta o tempo de vida útil do principal equipamento, o compostor, dado o período de garantia dado pelo fabricante. Visto que os compostores considerados são feitos de plástico reciclado, garante a durabilidade dos mesmos e possivelmente um tempo de vida útil superior. Para os restantes equipamentos, e para os casos em que é aplicável a recomendação dada, a tabela de classificação de ativos foi tido em conta.

Os benefícios económicos são identificados através da redução da produção potencial de resíduos gerados e a conseqüentemente poupança no pagamento da recolha, transporte, tratamento e na taxa de gestão de resíduos. Para tal foi considerado que para os custos de recolha e transporte uma evolução de preços de 1% ao ano, para os custos de tratamento foi considerado uma evolução de preços 2% ao ano, enquanto que para a taxa de gestão de resíduos é a considerada pela tabela publicada pela APA até 2020, sendo que para os anos seguintes foi considerado que evolui de acordo com a mesma tendência, conforme se pode observar no Quadro 21. De notar que os custos de tratamento são alvo de revisão por parte da entidade reguladora dos serviços de águas e resíduos, ERSAR, e da entidade de gestão de resíduos em alta, ERSUC, periodicamente e como tal este valor pode vir a ser diferente.

Outros benefícios indiretos associados à implementação de recintos de compostagem comunitária são a geração de emprego local, poupança na aquisição de fertilizantes pela utilização do composto gerado, poupança na aquisição de composto comercial, redução dos gases de efeito estufa pela diminuição da quantidade de resíduos recolhidos e transportados e conseqüente desvio de resíduos urbanos biodegradáveis de aterro (t/CO₂ eq.), contributo para uma economia circular através da transformação de um resíduo em recurso, etc.

No Quadro 23 pode-se observar a análise custo benefício realizada, com os respetivos benefícios líquidos anuais, em que a partir do ano 3 apresenta valores positivos.

No Quadro 24 pode-se observar a análise à viabilidade económica do modelo apresentado, com um valor atualizado líquido positivo de 16 415€.

Os valores apresentados não incluem IVA.

Quadro 19 - Custos de investimento

Custos de investimento	#	Valor (€)	Anos amortização	Ano 0 (€)	Ano 1 (€)	Ano 2 (€)	Ano 3 (€)	Ano 4 (€)	Ano 5 (€)	Ano 6 (€)	Ano 7 (€)	Ano 8 (€)	Ano 9 (€)	Ano 10 (€)	Ano 11 (€)	Ano 12 (€)	Ano 13 (€)	Ano 14 (€)
Compostores 1 000 litros	250	125 000	15	8 333	8 333	8 333	8 333	8 333	8 333	8 333	8 333	8 333	8 333	8 333	8 333	8 333	8 333	8 333
Base de drenagem	20	21 000	15	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400
Cubo 200 litros para colocação material estruturante	20	2 500	8	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333	333
Cubos de 1 000 litros para colocação do composto resultante	40	10 000	8	1 333	1 333	1 333	1 333	333	1 333	1 333	1 333	1 333	1 333	1 333	1 333	1 333	1 333	1 333
Misturador mecânico	2	22	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Rede para passar o composto resultante	2	80	3	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Termómetro	2	24	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Papeleira	25	1 250	5	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Painel de informação	20	3 750	5	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
Total custos de investimento		163 626		12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439

Quadro 20 - Custos de exploração

Custos de exploração	Ano 0 (€)	Ano 1 (€)	Ano 2 (€)	Ano 3 (€)	Ano 4 (€)	Ano 5 (€)	Ano 6 (€)	Ano 7 (€)	Ano 8 (€)	Ano 9 (€)	Ano 10 (€)	Ano 11 (€)	Ano 12 (€)	Ano 13 (€)	Ano 14 (€)
Funcionário a tempo inteiro	12 740	12 867	12 996	13 126	13 257	13 389	13 523	13 659	13 795	13 933	14 073	14 214	14 356	14 499	14 644
Consultor em compostagem	1 200	1 212	1 224	1 236	1 248	1 261	1 273	1 286	1 299	1 312	1 326	1 339	1 352	1 366	1 379
Total custos de exploração	13 940	14 079	14 220	14 362	14 506	14 651	14 798	14 946	15 095	15 246	15 398	15 552	15 708	15 865	16 024

Quadro 21 - Valor da taxa de gestão de resíduos previsional

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Valor da TGR (€/t)	5,5	6,6	7,7	8,8	9,9	11	12,1	13,2	14,3	15,4	16,5	17,6	18,7	19,8	20,9	22	23,1	24,2	25,3	26,4

Quadro 22 - Benefícios (poupanças potenciais totais)

Poupanças potenciais	Toneladas	€/t	Encargo anual (€)	Ano 0 (€)	Ano 1 (€)	Ano 2 (€)	Ano 3 (€)	Ano 4 (€)	Ano 5 (€)	Ano 6 (€)	Ano 7 (€)	Ano 8 (€)	Ano 9 (€)	Ano 10 (€)	Ano 11 (€)	Ano 12 (€)	Ano 13 (€)	Ano 14 (€)
Custos de recolha e transporte (SUMA)	354	31,36	11 128	11 128	11 239	11 352	11 465	11 580	11 696	11 813	11 931	12 050	12 171	12 292	12 415	12 539	12 665	12 791
Custos de tratamento (ERSUC)	354	28,39	10 074	10 074	10 276	10 481	10 691	10 904	11 123	11 345	11 572	11 803	12 039	12 280	12 526	12 776	13 032	13 293
Taxa de gestão de resíduos	354	9,9	3 513	3 513	3 903	4 293	4 684	5 074	5 464	5 855	6 245	6 635	7 026	7 416	7 806	8 197	8 587	8 977
Poupanças potenciais totais				24 716	25 419	26 127	26 840	27 559	28 284	29 013	29 749	30 490	31 237	31 990	32 748	33 514	34 285	35 062

Quadro 23 - Análise custo benefício

Descrição	Ano 0 (€)	Ano 1 (€)	Ano 2 (€)	Ano 3 (€)	Ano 4 (€)	Ano 5 (€)	Ano 6 (€)	Ano 7 (€)	Ano 8 (€)	Ano 9 (€)	Ano 10 (€)	Ano 11 (€)	Ano 12 (€)	Ano 13 (€)	Ano 14 (€)
Custos de investimento	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439	12 439
Custos de exploração	13 940	14 079	14 220	14 362	14 506	14 651	14 798	14 946	15 095	15 246	15 398	15 552	15 708	15 865	16 024
Poupanças potenciais totais	24 716	25 419	26 127	26 840	27 559	28 284	29 013	29 749	30 490	31 237	31 990	32 748	33 514	34 285	35 062
Benefício líquido (poupanças – custos)	-1 663	-1 099	-532	39	615	1 194	1 777	2 365	2 956	3 552	4 153	4 757	5 367	5 981	6 600

Quadro 24 - Análise viabilidade económica

Descrição	#	Valor (€)	Anos amortização	Ano 0 (€)	Ano 1 (€)	Ano 2 (€)	Ano 3 (€)	Ano 4 (€)	Ano 5 (€)	Ano 6 (€)	Ano 7 (€)	Ano 8 (€)	Ano 9 (€)	Ano 10 (€)	Ano 11 (€)	Ano 12 (€)	Ano 13 (€)	Ano 14 (€)
Custos de investimentos																		
Compostores 1 000 litros	250	125 000	15	125 000														
Base de drenagem	25	21 000	15	21 000														
Cubo 200 litros para colocação material estruturante	25	2 500	8	2 500								2 707						
Cubos de 1 000 litros para colocação do composto resultante	50	10 000	8	10 000								10 829						
Misturador mecânico	2	22	5	22					23					24				
Rede para passar o composto resultante	2	80	3	80			82				86				89			
Termómetro	2	24	3	24			25				26				27			
Papeleira	25	1 250	5	1 250					1 314					1 381				
Painel de informação	25	3 750	5	3 750					3 941					4 142				
Total custos de investimentos		163 626		163 626	0	0	107	0	5 278	0	112	13 536	0	5 547	116	0	0	0
Custos de exploração																		
Funcionário a tempo inteiro				12 740	12 867	12 996	13 126	13 257	13 389	13 523	13 659	13 795	13 933	14 072	14 213	14 355	14 499	14 644
Consultor em compostagem				1 200	1 212	1 224	1 236	1 248	1 261	1 273	1 286	1 299	1 312	1 325	1 338	1 352	1 365	1 379
Total custos de exploração				13 940	14 079	14 220	14 362	14 506	14 651	14 797	14 945	15 095	15 245	15 398	15 552	15 707	15 865	16 023
Total investimentos e custos de exploração				177 566	14 079	14 220	14 470	14 506	19 929	14 798	15 057	28 631	15 246	20 946	15 668	15 708	15 865	16 024

Poupanças potenciais																		
Custos de recolha e transporte (SUMA)	354	11 128		11 128	11 239	11 352	11 465	11 580	11 696	11 813	11 931	12 050	12 171	12 292	12 415	12 539	12 665	12 791
Custos de tratamento (ERSUC)	354	10 074		10 074	10 276	10 481	10 691	10 904	11 123	11 345	11 572	11 803	12 039	12 280	12 526	12 776	13 032	13 293
Taxa de gestão de resíduos	354	3 513		3 513	3 903	4 293	4 684	5 074	5 464	5 855	6 245	6 635	7 026	7 416	7 416	7 416	7 416	7 416
Poupanças potenciais totais				24 716	25 419	26 127	26 840	27 559	28 284	29 013	29 749	30 490	31 237	31 990	32 358	32 733	33 114	33 501
Benefício líquido (Poupanças – Custos)				-152 850	11 340	11 907	12 371	13 054	8 355	14 216	14 692	1 860	15 991	11 044	16 690	17 025	17 249	17 478
Taxa de atualização	1%																	
Valor atualizado líquido	16 415																	

5 Impacto ambiental

No Quadro 25 é possível observar a comparação de emissões totais, provenientes das operações de recolha e transporte, entre o ano de 2017 histórico e o ano de 2017 com o modelo proposto. Através dos indicadores publicados anualmente pela ERSAR, e disponibilizados na sua página online para o município da Figueira da Foz, em 2016, obteve-se o kg/ CO₂ emitidos por cada tonelada de resíduos urbanos recolhidos. Permitindo assim comparar as emissões totais (t CO₂.eq) da operação para o ano de 2017 histórico e para o ano de 2017 com o modelo de compostagem comunitário proposto, tendo em conta o cenário base de desvio de resíduos urbanos biodegradáveis, 354 toneladas. A redução de gases de efeito estufa é de 5 600 kg CO₂ eq.

Quadro 25 - Comparação de emissões de CO₂ provenientes das operações de recolha e transporte

	Unidade	2017	2017 Com compostagem comunitária (cenário base)
Toneladas de resíduos urbanos recolhidas	t.ano	27 167	26 812
Emissões por cada tonelada recolhida	kg CO ₂ eq./t	16	16
Emissões totais	kg CO ₂ eq.	434 672	428 992

Outros impactos podem ser considerados pela utilização do composto resultante, como a melhoria da estrutura e as propriedades do solo, assim como maior poupança de água consequente de uma melhor capacidade de retenção de água no solo.

5.1 Contributo para as metas do PERSU 2020

No Quadro 26 é indicado o contributo para as metas do PERSU 2020 do município, para um número de 61 076 habitantes.

Quadro 26 - Contributo para metas do PERSU 2020

Indicador	Unidade	Resultado 2017	Resultado 2017 com modelo	Meta (2020)
Quantidade de resíduos produzidos do Município	kg/(hab.ano)	474	468 (- 1,2%)	410
Deposição RUB em aterro Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos (ERSUC)	% de RUB produzidos	75%	71% (- 5,4%)	10%

No entanto, considerando os indicadores aplicados para os participantes da zona envolvente, 4 925 habitantes, com o modelo de compostagem comunitário proposto será possível atingirem a meta de redução de produção de resíduos, de 410 quilogramas por habitante ano em 2020, imediatamente após a sua implementação. Considerando o potencial do dimensionamento previsto, cada habitante passará a produzir resíduos 402 quilogramas por ano, tendo em conta que 72 quilogramas por ano serão tratados localmente.

6 Conclusões

Face à produção de resíduos histórica, 474 quilogramas por habitante ano, a quantidade de deposição de resíduos urbanos biodegradáveis em aterro e o potencial de produção de resíduos biodegradáveis pelos seus habitantes, cerca de 32% da fração indiferenciada, o modelo de compostagem comunitária surge como uma solução de tratamento de bioresíduos local, que permite reduzir o transporte de resíduos, custos de tratamento e o enchimento das células de aterro.

O modelo proposto, de compostagem comunitária, é baseado nos vários modelos já existentes, replicando as boas práticas e adaptado à realidade local, permite desviar 354 861 quilogramas de resíduos urbanos biodegradáveis por ano, contribuindo assim para as metas de redução de produção de resíduos urbanos e de deposição de resíduos urbanos em aterro expressas no PERSU 2020 (MAOTE, 2014) e no PAPERSU da entidade gestora em alta correspondente, ERSUC.

Em termos de objetivos do município pode vir a obter uma redução futura de 1,2% de produção de resíduos urbanos e de reduzir em 5,4% os resíduos urbanos biodegradáveis urbanos depositados em aterro. Estes valores podem ser mais altos caso o presente modelo aqui apresentado seja dimensionado para mais habitantes, dado que o apresentado tem como potencial de população abrangida 4 925 habitantes, representado cerca de 8% do número de habitantes do município. No entanto, caso se considere os indicadores apenas para os participantes da zona envolvente, 4 925 habitantes, com o modelo proposto será possível, para esses habitantes, atingirem a meta de redução de produção de resíduos plasmada no PERSU 2020, de 410 quilogramas por habitante ano em 2020 (MAOTE, 2014). Considerando o potencial do dimensionamento previsto cada habitante passará a produzir 402 quilogramas de resíduos por ano, reduzindo em 72 quilogramas por ano os seus resíduos produzidos, visto que passam a ser tratados localmente.

Cada recinto, com 10 compostores cada, poderá ser utilizado por 197 habitantes por ano, sendo que terá capacidade de desviar 14 194 quilogramas de resíduos por ano. O custo de investimento por cada recinto perfaz um valor de 6 545€, sendo o custo total de implementação dos 25 recintos de 163 626€.

Para a determinação do sucesso do modelo apresentado foi tido em conta outros modelos já implementados e maior parte deles têm responsáveis afetos ao processo, não invalidando os casos em que os munícipes queiram ser parte do processo e quem contribuem como voluntários, como tal afetou-se um funcionário a tempo inteiro para o acompanhamento dos compostores, sendo assim mais fácil de monitorizar o processo, corrigir procedimentos e

responder a eventuais solicitações. Além disso prevê-se uma sessão mensal ou assim que se considere oportuno de sessão de formação e esclarecimentos para os munícipes, a realizar por parte de especialistas em compostagem.

Para avaliar a viabilidade do modelo analisado foi tido em consideração todos os custos de implementação, de exploração assim como eventuais poupanças provenientes da redução de produção de resíduos. Ao elaborar o modelo foi constatada a importância do preço dos compostores para a determinação da viabilidade económica, visto que o considerado representa 76% do investimento inicial. No entanto, o compostor apresentado já se encontra implementado a grande escala no mercado, aperfeiçoado por especialistas com funcionalidades únicas e com uma qualidade de material notável, o que fez recair a sua escolha tendo em conta a importância que este tem para o sucesso do modelo apresentado. Outra vantagem deste modelo, caso se deseje que a solução passe a ser economicamente mais vantajosa, é permitir a utilização de um compostor apenas para a maturação do composto em que os seus utilizadores possam-se servir diretamente conforme indicado na Figura 31 (compostor 3), permitindo assim poupar na aquisição de uma caixa exclusiva à colocação de composto resultante. Contudo, outras soluções no mercado podem ser consideradas para modelos de outra escala que comparativamente a esta solução podem ser relativamente mais baratas, permitindo assim viabilizar o investimento.

Outro fator importante para avaliar a viabilidade do modelo para o período de tempo aqui apresentado, 15 anos, é a eventual evolução dos custos associados à gestão de resíduos, nomeadamente o custo com a entidade, ERSUC, responsável pelo tratamento e encaminhamento dos resíduos. Este custo pode ser alvo de revisão tendo em conta o facto de o valor se encontrar abaixo da média europeia. No entanto, para a análise de viabilidade aqui realizada foi considerado um crescimento mínimo tendo em conta a recomendação da ERSAR até 2020. A taxa de gestão de resíduos, que reflete o valor pago por cada tonelada depositada em aterro, incinerada ou valorizada energética também pode ser alvo de revisão, considerando igualmente o mesmo motivo apresentado para os custos de tratamento de resíduos. De acordo com o PERSU 2020+, que ainda se encontra em fase consulta pública, prevê-se que a taxa de gestão de resíduos passe para o dobro a partir do ano de 2020. Com isto, pode-se assumir que os valores unitários previsionais definidos para a tratamento de resíduos e de taxa de gestão de resíduos são muito conservadores, reservando assim eventuais benefícios económicos futuros ao projeto apresentado. Ainda assim, após a análise de viabilidade realizada para um período de 15 anos o modelo apresenta um valor atualizado líquido positivo de 16 415€, demonstrando a viabilidade económica do modelo.

Outros benefícios indiretos associados à implementação de recintos de compostagem comunitária podem também ser enumerados, nomeadamente:

- O composto potencial gerado, cerca de 88 715 quilogramas por ano o que permite poupar na aquisição de fertilizantes sintéticos, poupar na compra de composto a entidades externas, utilização do composto pelos particulares e pelo próprio município nos espaços verdes melhorando a estrutura e as propriedades do solo, assim como maior poupança de água consequente de uma melhor capacidade de retenção de água no solo;
- Redução dos gases de efeito estufa pela diminuição da quantidade de resíduos recolhidos e transportados, comparando as emissões totais da operação para o ano de 2017 histórico e para o ano de 2017 com o modelo de compostagem comunitário proposto, a redução de gases de efeito estufa é de 5 600 kg CO₂ eq. além do consequente desvio de resíduos urbanos biodegradáveis de aterro, 354 861 quilogramas, e da sua eventual libertação de metano;
- Geração de emprego local ao contratar um funcionário a tempo inteiro para a gestão dos compostores e de especialistas em compostagem para prestarem sessões de formação aos munícipes interessados. E ainda o contributo para uma economia circular através da transformação de um resíduo em recurso.

Uma política, já levada a cabo noutros lugares, nomeadamente em San Sebastián, é a atribuição de um incentivo económico para os participantes, 30% de desconto na sua tarifa de resíduos, que visa compensar quem opta por desviar os bioresíduos do circuito de recolha e decide tratar localmente através de compostagem comunitária. No entanto, em Portugal a ERSAR, enquanto entidade reguladora do setor, atualmente não permite que sejam cedidos descontos económicos aos seus utilizadores pelas boas práticas de gestão de resíduos ao trabalhar logo na fonte e promovendo a redução de resíduos gerados.

O modelo apresentado vai também ao encontro da recomendação da Comissão Europeia para que os Estados Membros até 31 de dezembro de 2023, que separem e reciclem na fonte os bioresíduos, assumindo-se a compostagem doméstica e comunitária como principais soluções.

7 Referências bibliográficas

Adhikari, B.K., Barrington, S., Martinez J., King S. (2008) Characterization of food waste and bulking agents for composting. *Waste Manag* 28: 795-804.

Adhikari, B.K., Trémier, A., Martinez, J., Barrington, S. (2010) Home and community composting for on-site treatment of urban organic waste: perspective for Europe and Canada. *Waste Manage. Res.* 28, 1039–1053.

APA (2013) Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990 – 2011, Agência Portuguesa do Ambiente.

APA (2018a) Relatório Anual de Resíduos Urbanos 2017, Agência Portuguesa do Ambiente.

APA (2018b) Relatório do Estado do Ambiente 2018, Agência Portuguesa do Ambiente.

Batista, J.G.F., Batista, E.R.B (2007) Compostagem – Utilização em horticultura. Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo, Açores, 252 pp.

Chan, Y.C., Sinha, R.K., Wang, Weijin (2011) Emission of greenhouse gases from home aerobic composting, anaerobic digestion and vermicomposting of household wastes in Brisbane (Australia). *Waste Manage. Res.* 29, 540–548.

Chang, J.I., Chen, Y.J. (2010) Effects of bulking agents on food waste composting. *Bioresour Technol* 101: 5917-5924.

Colón, J., Martínez-Blanco, J., Gabarrell, X., Artola, A., Sánchez, A., Rieradevall, J., Font, X (2010) Environmental assessment of home composting. *Resour. Conserv. Recycl.* 54, 893–904.

Cunha Queda, A.C.F. (1999) Dinâmica do azoto durante a compostagem de materiais biológicos putrescíveis. Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agro-Industrial. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. 257 pp.

Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho, Diário da República

EEA, European Environment Agency (2013) Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2011 and inventory report 2013. Technical report No 8/2013, Denmark.

ERSUC (2017), Resíduos Sólidos do Centro. Relatório e contas 2017, publicado em 2018

European Commission (2011) MINIWASTE PROJECT, Inventory of good practices regarding (bio-) waste minimization in Europe.

FeaResiduos (2018) Guía práctica para la implementación del compostaje comunitario como alternativa para la gestión local de los biorresiduos, Asociación Fértil Auro (comunicação pessoal).

Faverial, J., Sierra, J. (2014) Home composting of household biodegradable wastes under the tropical conditions of Guadeloupe (French Antilles). *J. Clean. Prod.* 83, 238–244.

Gallenkemper, B., Doedens, H. (1994) *Getrennte Sammlung von Wertstoffen des Hausmülls: Abfallwirtschaftliche Grundlagen und ausgewählte Verfahren der getrennten Sammlung (Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 65) Taschenbuch – 1. Januar 1994* Página 93

Gea, T., Barrena, R., Artola A., Sánchez, A. (2007) Optimal bulking agent particle size and usage for heat retention and disinfection in domestic wastewater sludge composting. *Waste Manag* 27: 1108-1116.

Godinho, C. e Gonçalves, G. (2010) *Manual de boas práticas de compostagem, Orgânica Verde, Liga para a proteção da natureza, edição janeiro de 2010.*

INE (2016), Instituto Nacional de Estatística, *Relatório Estatísticas dos Resíduos 2014, Edição 2016.*

INE (2017), Instituto Nacional de Estatística, *Estatísticas do Ambiente 2016, dezembro de 2017.*

Arrigonia, J.P., Paladinoa, G., Garibaldia, L.A., Laos, F. (2018) Inside the small-scale composting of kitchen and garden wastes: Thermal performance and stratification effect in vertical compost bins *Waste Management* 76 (2018) 284–293

Kalamdhad, A.S., Kazmi, A.A. (2009a) Effects of turning frequency on compost stability and some chemical characteristics in a rotary drum composter. *Chemosphere* 74, 1327–1334.

Kalamdhad, A.S., Kazmi, A.A. (2009b) Rotary drum composting of different organic waste mixtures. *Waste Manage. Res.* 27, 129–137.

Kumar, M., Ou, Y.L., Lin, J.G. (2010) Co-composting of green waste and food waste at low C/N ratio. *Waste Manag* 30: 602-609.

Lleó, T., Albacete, E., Barrena, R., Font, X., Artola, A., Sánchez, A. (2013) Home and vermicomposting as sustainable options for biowaste management. *J. Clean. Prod.* 47, 70–76.

MAOTE (2014) *Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos, PERSU 2020, Portaria n.º 187-A/2014 de 17 de setembro.*

Martinho, M.G.M., Gonçalves, M.G.P. (2000). *Gestão de Resíduos. Universidade Aberta, Lisboa.*

Merkel (1981) *Composting In: Managing livestock wastes.* Ed. por AVI.: 306-322 (cit. Cunha Queda, 1999).

Platt, B., McSweeney, J., Davis, J. (2014) *Growing Local Fertility: a Guide To Community Composting* 1–121.

Smith, S.R., Jasim, S. (2009) Small-scale home composting of biodegradable household waste: overview of key results from a 3-year research programme in West London. *Waste Manage. Res.* 27, 941–950.

Vallini, G. (1995) Compost. In: Dicionario dell'ambiente, Ed. Gamba, G., Martignetti, G., ISEDI, UTET Libreria, Torino: 173-174 (cit. Cunha Queda, 1999).

Yu, C., Maclaren, V. (1995) A Comparison of Two Waste Stream Quantification and Characterization Methodologies. Waste Management & Research, 13, 343-361.

Cibergrafia

APA - Agência Portuguesa do Ambiente, Valor da TGR. <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=1118&sub3ref=1119>
Consultado em 21 de setembro de 2018

Ayuntamiento de San Sebastián, Página online do município, http://www.donostia.eus/ataria/es/web/ingurumena/hondakinak/bertakoentzako-informazioa/hondakin-organikoak#compostaje_comunitario Consultado em 14 de setembro de 2018

Ayuntamiento de San Sebastián, Página online do município, <https://www.donostia.eus/home.nsf/0/45247B5702F4A1ACC1257F1B004574F3?OpenDocument&idioma=cas> Consultado em 14 de setembro de 2018

Circular Economy Portugal, Página online do projeto Comboa, <https://www.circulareconomy.pt/comboa/>, Consultado em 21 de setembro de 2018

Deputación Pontevedra, Página online do Plan Revitaliza. <https://www.depo.gal/es/plan-compost-revitaliza/que-e-o-compost> Consultado em 20 de setembro de 2018

ERSUC, Caraterização de resíduos de 2013, www.ersuc.pt consultado em 11 de maio de 2018

EUROSTAT, 2014. Waste statistics. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics#Total_waste_generation Consultado em 13 de setembro de 2018

LIPOR, página online da LIPOR, <https://www.lipor.pt/pt/educacao-ambiental/horta-da-formiga/compostagem-caseira/terra-a-terra/> Consultado em 21 de setembro de 2018