



Projeto

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

***Monitorização e sensibilização de compostagem
doméstica***

Carolina Duarte

Leiria, março 2014



Projeto

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

***Monitorização e sensibilização de compostagem
doméstica***

Carolina Duarte

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Doutor Nelson Oliveira, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria e coorientação da Especialista Maria Lizete Heleno, Professora da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, março de 2014

Agradecimentos

Ao professor Nelson Oliveira e à professora Maria Lizete Heleno, orientadores do projeto pela disponibilidade, revisão do manuscrito, sugestões e correções. Aos dois o meu muito obrigada, pois sem a sua preciosa ajuda este projeto não tinha chegado onde chegou.

À Valorlis, em especial, à Cidália Martins pela cedência de dois compostores que, sem eles, não tinha sido possível comparar diferentes proporções secos: verdes.

À técnica do laboratório Eng.^a Maria Carlos que apesar de só me ter acompanhado nos primeiros ensaios, foi uma ajuda preciosa, indispensável, e também pela transmissão de todos os conhecimentos e dicas dadas.

À técnica do laboratório Eng.^a Kátia Gil Monteiro, pelo acompanhamento ao longo destes meses de ensaios laboratoriais e todos os conhecimentos e ajuda, assim como ao Eng.º André Fonseca pela ajuda e cedência de algum material necessário.

Às minhas colegas da Associação Protetora de Animais da Marinha Grande, pelo trabalho extra que tiveram quando eu estava a trabalhar neste projeto.

Em especial ao Miguel, pela paciência demonstrada ao longo destes dois anos em que sempre me apoiou apesar de muitas vezes ter pensado em desistir.

Por último, mas os mais importantes, os meus pais, pelo apoio quer emocional, quer financeiro para que este projeto fosse em frente. Sem eles tal não seria possível.

O meu muito e sincero OBRIGADA.

Resumo

Nos dias de hoje os resíduos sólidos urbanos (RSU) acarretam vários problemas a nível nacional e internacional. Apesar de existir legislação para a eliminação dos resíduos sólidos urbanos, é possível valorizar esses resíduos. Um dos métodos de valorização, a nível local, é a compostagem doméstica. Este projeto pretende apresentar o processo de compostagem doméstica e avaliar a qualidade de composto obtido no final do processo tendo em conta o tipo de resíduos que sejam colocados a compostar. Para além deste objetivo pretende-se também sensibilizar o público em geral para a prática de compostagem doméstica pela valorização de resíduos orgânicos domésticos.

Os resíduos orgânicos domésticos que são colocados em compostagem podem ser resíduos verdes e castanhos. Com base nestes dois tipos de resíduos foram preparados vários compostores com quantidades relativas diferentes de resíduos verdes e castanhos. Os parâmetros escolhidos para avaliar a qualidade do resíduo obtido na compostagem durante o decurso deste projeto foram: humidade, pH, matéria orgânica (MO), inertes, fósforo, azoto, cheiro e temperatura. A sensibilização ambiental foi realizada no Dia Aberto da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria (ESTG) e numa aula aberta aos alunos de Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente (MEENA).

A compostagem teve uma duração de 5 meses em 2 compostores, pelo que se verificou que o resíduo ainda não apresentava as propriedades de um composto de qualidade. Num terceiro compostor, iniciado 3 anos antes, o resíduo apresentava-se aparentemente maturado, pelo que pelos resultados das análises verifica-se que o resíduo ainda não estava efetivamente maturado. No entanto, a falta de legislação nacional específica para compostagem doméstica e a falta de um estudo mais aprofundado que explore os fatores e os parâmetros de controlo da compostagem doméstica são algumas das dificuldades encontradas neste projeto. Na presença desta informação poderia ser possível concluir com mais detalhe e prever o tempo de maturação necessário.

Palavras-chave: Compostagem doméstica, compostor, resíduos, sensibilização ambiental.

Abstract

Nowadays, urban solid wastes can cause a variety of problems at both national and international level. Although legislation already exists for the disposal of municipal solid waste, it is possible to value and give some use to these residues. One such method of recovery, at a local level, is home composting. This project aims to present the process of home composting and evaluate the quality of the compost acquired at the end of the process, taking into account the type of waste initially selected for composting. It is also an objective to sensitize the general public to the practice of home composting as a way to value domestic organic waste.

Domestic organic waste for composting can be separated in green and brown waste. Based on these two types of waste, several compost containers with different amounts of green and brown waste were prepared. The parameters selected for evaluating the quality of the final residue obtained from the compost, during the course of this project, are as follow: humidity, pH, organic matter, inert, phosphorus, nitrogen, odor, and temperature. As for public sensitization and awareness, a workshop was held at the School of Technology and Management of Leiria during “Open Day”, and an open class was held for the students of the class Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente.

The composting process lasted for 5 months, in two distinct composts, but after this time the residue did not had the properties of a quality compound. A third composter whose composting process had been initiated three years before, and whose residue appeared to had reached full maturity, revealed upon closer analysis that the residue was not yet effectively matured as well. The lack of specific national legislation for home composting and the absence of further studies that explore the factors and the control parameters of home composting were some of the major difficulties encountered during this project. Had this information existed, it would be possible to determine with proper accuracy the necessary time for residues of home composting to mature into a quality compound.

Keywords: Home composting, composter, residue, environmental sensitization.

Índice de Figuras

Figura 1 - Esquematização do processo de reciclagem orgânica	12
Figura 2 - Esquema do processo de compostagem	13
Figura 3 – Transformações microbiológicas e perfis de temperatura e pH durante um processo de compostagem devidamente controlado	15
Figura 4 – Esquema figurativo do esquema de pilha estática arejada	24
Figura 5 – Esquema do processo de compostagem em reatores	25
Figura 6 – Compostor fornecido pela Valorlis.....	31
Figura 7 - “Teste da esponja” para controlo da humidade.....	33
Figura 8 – Local dedicado à compostagem doméstica durante o Dia Aberto.....	40
Figura 9 – Exemplo do local de medida da temperatura.....	49
Figura 10 – Local de deteção de cheiro.....	50
Figura 11- Esquema representativo das proporções de resíduos colocados.....	50
Figura 12 – Gráfico representativo das respostas ao inquérito.....	53
Figura 13 - Equipamento de destilação utilizado e sua configuração.....	100
Figura 14 - Exemplo do local onde a temperatura é medida.....	104
Figura 15 - Local representativo da medição do cheiro.....	105
Figura 16 - Gráfico com interseção e ordenada da origem, relativo ao mês de abril.....	112
Figura 17 – Gráfico com interseção e ordenada da origem, relativo ao mês de maio.....	113
Figura 18 - Gráfico com interseção e ordenada da origem, relativo ao mês de junho.....	114
Figura 19 – Gráfico com interseção e ordenada da origem, relativo ao mês de julho.....	115
Figura 20 – Gráfico com interseção e ordenada da origem, relativo ao mês de setembro.....	116
Figura 21– Gráfico com interseção e ordenada da origem, relativo ao composto.....	117

Índice de tabelas

Tabela 1 - Produção de resíduos urbanos, de 2007 a 2011	8
Tabela 2 – Problemas, causas prováveis e soluções para o processo de compostagem doméstica	34
Tabela 3 - Limites definidos em documentação normativa internacional para corretivos orgânicos em relação às características físico-químicas (valores reportados à matéria seca). 37	
Tabela 4 – Composição química de compostos de RSU	38
Tabela 5 - Inquérito realizado aos visitantes do dia aberto.	52
Tabela 6 - Tabela resumo dos resultados relativos aos parâmetros analisados no compostor 1 e 2.	55
Tabela 7- Tabela resumo dos resultados relativos ao composto.	59
Tabela 8 - Pesagens dos resíduos colocados no compostor.	98
Tabela 9 - Tabela resumo das pesagens e cálculos intermédios da humidade, MOT (base seca) e inertes (base seca), de março a abril.	106
Tabela 10- Tabela resumo das pesagens e cálculos intermédios da humidade, MOT (base seca) e inertes (base seca), em junho, julho e setembro (continuação).	107
Tabela 11 - Resultados do mês de abril.	108
Tabela 12 - Resultados do mês de maio.	108
Tabela 13 - Resultados do mês de junho.	109
Tabela 14 – Resultados do mês de julho.	109
Tabela 15 – Resultados do mês de setembro.	110
Tabela 16 – Resultados do composto.	110
Tabela 17 – Absorvância do branco no mês de abril.	111
Tabela 18 – Absorvâncias medidas dos padrões no mês de abril.	111
Tabela 19 – Absorvâncias das amostras no mês de abril.	112
Tabela 20 – Absorvância do branco, no mês de maio.	112
Tabela 21– Absorvâncias medidas dos padrões no mês de maio.	112
Tabela 22 – Absorvâncias das amostras no mês de maio.	113
Tabela 23 – Absorvância do branco no mês de junho.	113
Tabela 24 – Absorvâncias medidas dos padrões no mês de junho.	113
Tabela 25 – Absorvâncias das amostras no mês de junho.	114
Tabela 26 – Absorvância do branco, no mês de julho.	114
Tabela 27 – Absorvâncias medidas dos padrões no mês de julho.	114
Tabela 28 – Absorvâncias das amostras no mês de julho.	115
Tabela 29 – Absorvância do branco, no mês de setembro.	115
Tabela 30 – Absorvâncias medidas dos padrões no mês de setembro.	115
Tabela 31 – Absorvâncias das amostras no mês de setembro.	116
Tabela 32 – Absorvância do branco, no composto.	116
Tabela 33 – Absorvâncias medidas dos padrões no composto.	116
Tabela 34 – Absorvâncias das amostras no composto.	117

Lista de Siglas

APA – Agência Portuguesa do Ambiente;

CMMN – Câmara Municipal de Montemor-o-Novo;

CMO – Câmara Municipal de Oeiras;

CMS – Câmara Municipal do Seixal;

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais;

ESTG – Escola Superior de Tecnologia e Gestão;

INR – Instituto Nacional de Resíduos;

IPL – Instituto Politécnico de Leiria;

MADRP – Ministério do Ambiente, Desenvolvimento Rural e Pescas;

MAOTDR – Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Rural;

MEENA – Mestrado em Engenharia da Energia e Ambiente;

MO – Matéria orgânica;

MOT – Matéria orgânica total;

PERSU - Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos;

RSU – Resíduos sólidos urbanos;

RU – Resíduos urbanos;

RUB – Resíduos urbanos biodegradáveis;

UE - União Europeia.

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABELAS	VIII
LISTA DE SIGLAS	X
ÍNDICE	XII
1 – INTRODUÇÃO	1
2 - SENSIBILIZAÇÃO AMBIENTAL	5
2.1 – EQUIPAMENTOS, MATERIAIS E FORMAS DE SENSIBILIZAÇÃO	6
2.2 - SENSIBILIZAÇÃO PARA A PRÁTICA DE COMPOSTAGEM DOMÉSTICA.....	7
3 - PROBLEMÁTICA DA GESTÃO E TRATAMENTO DE RSU	7
3.1 – PRODUÇÃO DE RESÍDUOS EM PORTUGAL	8
3.2 - RESÍDUOS URBANOS BIODEGRADÁVEIS.....	8
4 – COMPOSTAGEM	11
4.1 - RECICLAGEM ORGÂNICA.....	11
4.2 - MECANISMOS DO PROCESSO	12
4.3 - ASPETOS BIOLÓGICOS DO PROCESSO.....	14
4.4 - FATORES CONDICIONANTES DO PROCESSO	17
4.5 - TIPOS DE COMPOSTAGEM	21
4.5.1 - COMPOSTAGEM INDUSTRIAL.....	21
4.5.2 - COMPOSTAGEM DOMÉSTICA.....	22
4.6 - SISTEMAS DE COMPOSTAGEM INDUSTRIAL	22
4.7 - MATERIAIS A COMPOSTAR.....	25
4.8 - VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM.....	27
5 - COMPOSTAGEM DOMÉSTICA	31
5.1 - TIPO DE COMPOSTOR E SUAS CARACTERÍSTICAS	31
5.2 - ESCOLHA DO LOCAL.....	32
5.3 - PROCESSO DE COMPOSTAGEM DOMÉSTICA	33
5.5 - PROBLEMAS E SOLUÇÕES	34
6 – COMPOSTO	35
6.1 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE COMPOSTO.....	35
6.2 - MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA MATURAÇÃO DO COMPOSTO.....	36
7 – METODOLOGIA	39
7.1 – SENSIBILIZAÇÃO AMBIENTAL.....	39

7.1.1 - DIA ABERTO	39
7.1.2 - AULA ABERTA MEENA	40
7.2 – ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA AOS RESÍDUOS DE COMPOSTAGEM DOMÉSTICA	41
7.2.1 – PREPARAÇÃO DOS RESÍDUOS	41
7.2.2 – ESCOLHA DO LOCAL	42
7.2.3 – PARÂMETROS ANALISADOS	43
7.2.4 – QUANTIDADE DE RESÍDUOS COLOCADOS	50
8 - DISCUSSÃO E APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	51
8.1 – SENSIBILIZAÇÃO AMBIENTAL.....	51
8.2 - ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DOS RESÍDUOS	54
8.4 – ANÁLISE AO COMPOSTO	59
8.5 – ANÁLISE GERAL	60
9 - CONCLUSÃO	63
10 - BIBLIOGRAFIA.....	65
ANEXOS.....	71
ANEXO I.....	72
ANEXO II.....	80
ANEXO III.....	98
ANEXO IV	99
ANEXO V	106
ANEXO VI	108
ANEXO VII	111

1 – Introdução

Sociedades cada vez mais competitivas, industrializadas e desenvolvidas, têm causado um desequilíbrio acentuado aos ecossistemas naturais. O nível de danos atingidos, com a desordenada utilização intensiva do solo, a exploração exaustiva de recursos naturais ou mesmo com o aumento de nível de vida das populações, tem levado à consciencialização ambiental que, gradualmente foram consagradas na legislação. É neste contexto que surge a necessidade da aplicação do conceito de Desenvolvimento Sustentável, onde o ambiente não seja encarado como um obstáculo ao desenvolvimento mas sim como um elemento indissociável e integrado no mesmo.

Como o desenvolvimento, traz também um desequilíbrio em termos ambientais, é necessário tomar medidas que o minimizem. Assim, em 1997 é publicado em Portugal o Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU) que dá seguimento a uma política de tratamento e valorização dos resíduos, definida pela União Europeia (UE). Neste plano as principais metas a atingir foram o encerramento de lixeiras, criando para tal sistemas multimunicipais e intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU), construíram-se várias infra-estruturas de valorização e eliminação de resíduos e foram lançados os sistemas de recolha seletiva (MAOTDR, 2007).

Atualmente, a problemática dos RSU interfere diretamente com o bem-estar e qualidade de vida das populações, influência que tem acompanhado a evolução das civilizações e que a partir da segunda metade do século XX obteve uma grandeza tal que adquiriu um importante pilar económico, tecnológico, político e ambiental. A solução para a inversão da tendência de crescimento de RSU deverá passar obrigatoriamente por uma mudança de comportamentos e atitudes a nível do cidadão comum e a nível empresarial e de mercado. Tal mudança exige a colaboração e o envolvimento dos diferentes agentes económicos e sociais em políticas capazes de desenvolverem soluções sustentáveis. A produção de bens mais duradouros, com componentes de menor perigosidade e recicláveis, em conjunto com a mudança da atitude consumista, cada vez mais vincada na sociedade contemporânea, constituem um exemplo de atitudes e políticas que deveriam ser estimuladas.

A compostagem de resíduos vem, assim, à luz das novas políticas de tratamento e valorização de RSU dar resposta a uma problemática que se começa a fazer sentir cada vez mais. Esta prática permite rentabilizar gastos ao nível do transporte e da deposição de resíduos biodegradáveis, bem como gastos inerentes à utilização de fertilizantes e/ou corretivos orgânicos.

Deste modo, pretende-se com este trabalho estudar um dos processos de valorização de RSU, a compostagem dos resíduos biodegradáveis, mais concretamente, a compostagem doméstica. Com este estudo pretende-se identificar as suas vantagens e condicionantes gerais (problemas durante o processo, cuidados a ter, entre outros). O estudo será efetuado utilizando resíduos resultantes de uma família constituída por 3 pessoas onde os resíduos são essencialmente provenientes da cozinha, jardim e pequena horta. Para além do estudo e análise da compostagem doméstica, foi também abordada a sensibilização ambiental como forma de tornar o público mais recetivo à problemática ambiental.

Um dos aspetos mais importantes quando se realiza compostagem doméstica é a relação de resíduos “castanhos” e “verdes” que se podem colocar no compostor. Assim, foram utilizados dois compostores a acrescentar a um compostor já existente, totalizando 3 compostores disponíveis para este estudo. No compostor mais antigo colocaram-se principalmente resíduos castanhos, compostor “rico em castanhos”, nos dois compostores adquiridos para este estudo foram colocados resíduos verdes em maior proporção, compostores designados de “rico em verdes” e “muito rico em verdes”. A caracterização consistiu na análise de parâmetros físico-químicos durante seis meses, onde mensalmente foi recolhida uma amostra dos compostores “rico em verdes” e “muito rico em verdes”. No compostor “rico em castanhos” a análise foi feita apenas ao composto.

Relativamente à sensibilização ambiental foi apresentada como funciona a compostagem doméstica no dia aberto (dia em que a Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria, (ESTG) abre as portas aos alunos do secundário e para outras entidades que possam ter interesse, nomeadamente, empresas da região) e uma aula a alunos de mestrado em engenharia da energia e ambiente (MEENA) que teve como principal objetivo sensibilizar os mesmos para a prática da compostagem.

O presente trabalho está organizado de modo a facilitar a compreensão do processo de compostagem, em particular a compostagem doméstica, estando o mesmo dividido em 10 capítulos.

No capítulo 1 será feita a introdução ao projeto; no capítulo 2 é definido em que consiste a sensibilização ambiental e metodologias adotadas neste contexto, no capítulo 3 será abordada a problemática da gestão e tratamento de resíduos em Portugal. No capítulo 4 é definida a compostagem em geral, sendo que no 5 é abordada a doméstica, pois é este o âmbito do estudo. O capítulo 6 é sobre o produto final da compostagem, isto é, o composto. Os restantes capítulos incluem, a metodologia adotada, de seguida a discussão e apresentação dos resultados obtidos e finalmente são apresentadas as conclusões e a bibliografia.

2 - Sensibilização ambiental

A sensibilização ambiental pretende atingir a população para uma mudança de atitudes. No entanto, esta mudança de atitudes só se pode verificar se a população for educada, ou seja, se depois de sensibilizada lhe forem apresentados os meios da mudança que levem a uma atitude mais correta para com o ambiente.

A sensibilização ambiental é muitas vezes confundida com educação/formação ambiental. A sensibilização só por si não leva a mudanças duradouras, serve antes como uma preparação para as ações de educação/formação ambiental.

De uma forma geral, em Portugal, tem-se feito mais sensibilização do que educação ambiental. As organizações governamentais têm tendência para realizar ações de esclarecimento da opinião pública, utilizando bons suportes publicitários dirigidos às massas, segundo temas ambientais. Em Portugal, a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) desenvolve atividades formativas direcionadas para escolas ou outras entidades, onde divulga e sensibiliza para as temáticas ambientais e promove um grande leque de ações.

Os temas mais focados são os vários tipos de poluição existente, a gestão dos recursos energéticos, redução, reutilização e reciclagem de resíduos, sendo que os dias comemorativos são sempre os mais solicitados para este tipo de sensibilização.

Os sistemas municipalizados têm apostado também na sensibilização ambiental e tem sido uma das suas prioridades, dada a sua importância. Como exemplo, pode ser referido o que fez a Câmara Municipal de Alcobaça, que em 2007, levou 2.300 crianças de 55 escolas do 1º ciclo do concelho a embarcar na “Misteriosa Viagem à Lixolândia”. A Lixoteca faz parte de um autocarro que foi convertido em instrumento móvel de sensibilização ambiental e recorre a uma forte componente lúdico-pedagógica e informativa. Contém diversas atividades de exploração sensorial e multimédia, por forma a gerir conhecimentos específicos relacionados com a caracterização da problemática do lixo e apresenta ainda

soluções diretamente associadas à gestão partilhada de responsabilidades nesta área (Antunes P., 2007).

2.1 – Equipamentos, materiais e formas de sensibilização

Os equipamentos direcionados para a sensibilização ambiental correspondem a iniciativas que oferecem programas e atividades a nível ambiental. Exemplos deste tipo de equipamentos são os centros de educação ambiental, centros de interpretação das áreas protegidas, quintas pedagógicas, ecotecas ou parques ambientais.

Além dos exemplos acima descritos existem outras formas de sensibilizar, podendo também ser através de exposições, conferências, workshops, seminários, aulas temáticas (aulas abertas), dias comemorativos (por exemplo, Dia Europeu Sem Carros, Dia da Água), cartazes, outdoors, televisão, rádio, jornais, revistas, internet e redes sociais, distribuição de panfletos, feiras, sendo que desta forma a mensagem a ser transmitida deve ser o mais apelativa possível de forma a ficar retida por quem a visualiza e que assim fique também sensibilizada para o tema pretendido.

Em relação a exposições, conferências, workshops, seminários e aulas abertas a maior vantagem é conhecer com antecedência o público-alvo, podendo desta forma direcionar a sensibilização ambiental e tentar adequar da melhor forma ao público.

Já os cartazes, outdoors, televisão, rádio, jornais, revistas, internet e redes sociais, distribuição de panfletos é direcionada a toda a população, tentando com esta forma de sensibilização chegar a um público mais vasto, para tal a mensagem e forma de a fazer deve ser apelativa de forma a chamar a atenção para os problemas relacionados com o ambiente.

Também se pode incentivar a população escolar, por exemplo, com a prática de concursos entre escolas, onde a recompensa final pode ser mais uma forma de motivar o público-alvo e alertá-lo para os problemas ambientais.

2.2 - Sensibilização para a prática de compostagem doméstica

A sensibilização acerca da compostagem doméstica deve ser uma aposta quer dos sistemas intermunicipais de recolha de resíduos (diminuição de custos e de resíduos depositados em aterro), quer por parte de empresas que possam reaproveitar os RUB e desta forma obter composto que posteriormente possa ser rentabilizado.

Além da diminuição da quantidade de resíduos que vai para aterro e do reaproveitamento e valorização da matéria orgânica, a compostagem é também uma forma potenciar a prática de agricultura biológica e dessa forma reduzir os problemas provenientes da agricultura tradicional, tais como a contaminação do solo e água subterrânea, que advém da utilização de fertilizantes químicos, e consequente diminuição da fertilidade do solo (Sousa, R., 2009).

É também benéfico o uso do composto, pois além de reter a água, atua como um fertilizante natural que ajuda à eliminação de pragas e doenças que podem afetar as culturas e aumenta a qualidade dos produtos cultivados, pois os mesmos desenvolvem-se de forma sustentada e não intensiva, como quando se usam os fertilizantes químicos (Sousa, R., 2009).

3 - Problemática da gestão e tratamento de RSU

Na última década ocorreu uma significativa evolução ao nível dos sistemas de gestão de resíduos urbanos (RU). Partindo de uma lógica de gestão predominantemente municipal evoluiu-se para uma gestão plurimunicipal através da criação dos sistemas multimunicipais e intermunicipais de gestão de RU. Assim, no final de 2010, encontravam-se constituídos 23 sistemas responsáveis pelo serviço de tratamento e destino final dos RU produzidos nos 278 municípios de Portugal Continental (MAOTDR, 2007).

3.1 – Produção de resíduos em Portugal

Em 2011 foram produzidas em Portugal, 5 159 mil toneladas de resíduos urbanos, menos 305 mil toneladas que em 2010 (tabela 1), o que representa uma diminuição de cerca de 6 % da produção. Constata-se assim uma inversão da tendência de crescimento da produção de resíduos em Portugal, situação que apenas se esperava que ocorresse em 2012. No entanto, tratando-se apenas de um ano de decréscimo, não será para já possível prever se esta será uma tendência a manter (APA, 2011).

Tabela 1 - Produção de resíduos urbanos, de 2007 a 2011 (APA, 2011).

Ano	2007	2008	2009	2010	2011
Produção resíduos urbanos (1 000 t)	5 007	5 381	5 403	5 464	5 159
Evolução face ao ano anterior (%)	--	+ 7,5	+ 0,4	+ 1,1	- 5,7

Em relação às opções de gestão deste tipo de resíduos, manteve-se a tendência dos anos anteriores, com 59 % de deposição direta em aterro, 21 % de incineração com recuperação de energia e a restante fração encaminhada para valorização orgânica ou material (APA, 2011).

3.2 - Resíduos urbanos biodegradáveis

Os resíduos urbanos biodegradáveis (RUB), até muito recentemente (com tendência a diminuir ao longo dos anos), eram depositados em aterros sem que pudessem ser reaproveitados. De facto, a deposição em aterro é normalmente a opção mais barata, tanto em termos de custos operacionais, como em custos de investimento (Daskalopoulos, E., Badr, O. & Probert S., 1997).

Os RUB apresentam, segundo o Instituto Nacional de Resíduos (INR), (2003), várias implicações relativamente à exploração dos aterros, tais como:

- ❖ Produção de biogás que inclui compostos que atuam ao nível do efeito de estufa, produção de odores e em determinadas concentrações e em conjunto com o oxigénio pode apresentar risco de explosão;
- ❖ Produção de lixiviados que alteram a qualidade de águas superficiais ou subterrâneas;
- ❖ Ocupação de espaço que pode ser utilizado por outro tipo de resíduos;
- ❖ Ocorrência de assentamentos de resíduos.

Trata-se ainda de um recurso valorizável através de reciclagem, e da produção de um composto e/ou de energia. Para contrariar a tendência do envio de RUB para aterro e incentivar o seu aproveitamento foram tomadas medidas. Estas passam tanto por estratégias de sensibilização, bem como de instrumentos económicos e financeiros para a construção de unidades. Assim, segundo o INR, (2003), a comparticipação era de:

- ❖ 75% - Unidades de valorização orgânica;
- ❖ 50% - Unidades de valorização orgânica a instalar em sistemas que disponham/em que esteja prevista a instalação de unidades de incineração;
- ❖ 25% - Unidades de incineração (com recuperação de energia).

Esta diferença no valor da comparticipação é com o intuito de incentivar essencialmente a valorização orgânica e evitar a incineração (INR, 2003).

Em 2010, no Continente, encontravam-se em operação nove unidades de valorização orgânica, das quais duas de compostagem de verdes. Estavam em construção, no final daquele ano, 10 novas unidades de valorização orgânica, com recurso a digestão anaeróbia. Para além destas infraestruturas, encontram-se ainda previstas cinco unidades adicionais de valorização orgânica de RU. O conjunto das unidades atrás referidas, que se perspetiva estejam em pleno funcionamento em 2012/13, deverá permitir desviar de aterro um quantitativo de aproximadamente 400 000 toneladas de RUB por ano (MAOTDR, 2007).

Para a adesão a um programa de compostagem (doméstica ou centralizada com separação na fonte e recolha seletiva) é necessário que o público esteja sensibilizado para o tema e este implica uma visão a longo prazo e implementação de metodologias adequadas ao público-alvo. No entanto existem poucos municípios e sistemas municipalizados a incluir esta prática nos seus programas de sensibilização ambiental (Arrobas M., Taxa J., Pereira M. & Gonçalves A., 2009).

Como acima mencionado, quer na parte da gestão de resíduos em geral quer no capítulo dos RUB é de salientar que a compostagem, é uma solução para muitos dos problemas aí referidos, sendo nos capítulos seguintes apresentado em que consiste a compostagem, e muitos dos seus benefícios.

4 – Compostagem

Neste capítulo pretende-se abordar a compostagem quanto às etapas envolvidas, aspectos biológicos mais relevantes para o processo, e uma análise dos fatores que afetam o processo. A compostagem pode ter diversas definições, segundo diferentes autores, tais como Zucconi, F. & Bertoldi, M., (1987) que a definiu como sendo um “processo bioxidativo controlado, envolvendo um material orgânico heterogêneo na fase sólida, ocorrendo uma fase termófila com liberação temporária de fitotoxinas, produzindo-se água, dióxido de carbono, substâncias minerais e matéria orgânica estabilizada, a qual toma o nome de composto”.

Haug, R., (1993) usou uma definição prática do processo na qual a compostagem é a decomposição e estabilização biológica da matéria orgânica, em condições que permitem o desenvolvimento de temperaturas termófilas como resultado da liberação de calor na degradação microbiológica dos substratos, produzindo um composto final estável, livre de organismos patogênicos e sementes de plantas, que pode ser aplicado no solo com vantagens relativamente a fertilizantes químicos.

Nos últimos anos a definição foi um pouco alterada, sendo definida como a decomposição de matéria orgânica complexa em substâncias mais simples que as plantas podem utilizar como nutrientes (Stanley, A. & Turner, G., 2010).

4.1 - Reciclagem orgânica

A matéria orgânica existente nos resíduos sólidos (cerca de 75 a 80 % da massa total dos resíduos municipais) pode ser submetida a tratamento biológico de modo a convertê-la em produtos de valor, isto é, em composto e/ou metano (Oliveira, R., 2000).

A reciclagem orgânica pode ocorrer em condições aeróbias (compostagem) ou anaeróbias (biometanização) (figura 1). É realizada por microrganismos em condições controladas, sendo que a reciclagem orgânica não é considerada como tal, quando os resíduos são depositados em aterro (Martinho, M. & Gonçalves, M., 2000).

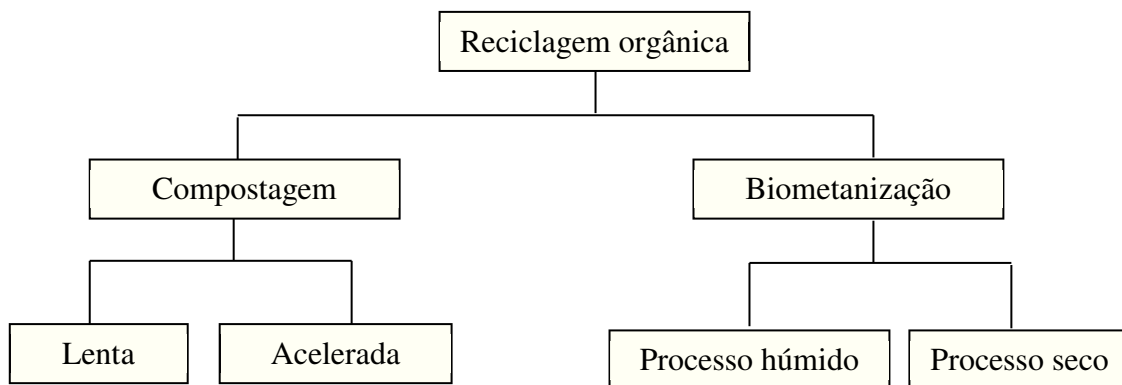
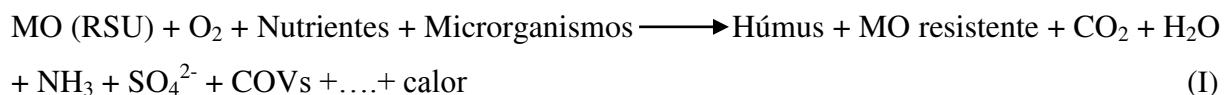


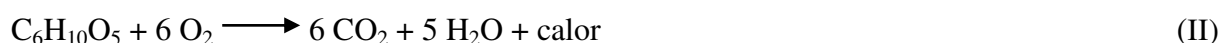
Figura 1 - Esquemática do processo de reciclagem orgânica (Martinho, M. & Gonçalves, M., 2000).

4.2 - Mecanismos do processo

Na compostagem, a matéria orgânica (MO) é decomposta na presença de oxigénio pelos microrganismos obtendo-se no final húmus e outros produtos como representado pela equação I (Finstein M., Miller F. & Strom P., 1985):



Mas além desta equação, que pretende ser generalista, existem equações que tentam traduzir os fundamentos da compostagem em casos concretos, desde as mais simples (II), a outras mais complexas (introduzindo o elemento azoto) como, por exemplo, em III, que pretende representar a decomposição aeróbia da fração orgânica total dos RSU (Haug R., 1993).



Para além das reações representadas pelas equações I a III, ocorrem muitas outras reações secundárias e paralelas. A simplicidade destas equações não reflete a complexidade e globalidade do processo, uma vez que os substratos a compostar têm uma decomposição heterogénea e complexa. Não tem em conta as reações que ocorrem durante a fase de

maturação, as quais são, ainda mal conhecidas e não tem em consideração a presença de elementos, tais como o enxofre, fósforo, entre outros (Haug, R.,1993).

Durante o processo de compostagem há produção de calor, sendo este processo benéfico pois provoca o aceleração do processo. Os microrganismos que compostam os resíduos consomem água e oxigénio, libertando dióxido de carbono, vapor de água e calor, obtendo-se, no final o composto, tal como demonstrado na figura 2 (Haug, R.,1993). Este é constituído por um material orgânico estável, com aspeto de terra, escuro, sem odor e com excelentes qualidades fertilizantes (Valorlis, 2009).

A figura 2 apresentada uma representação esquemática do processo de compostagem.

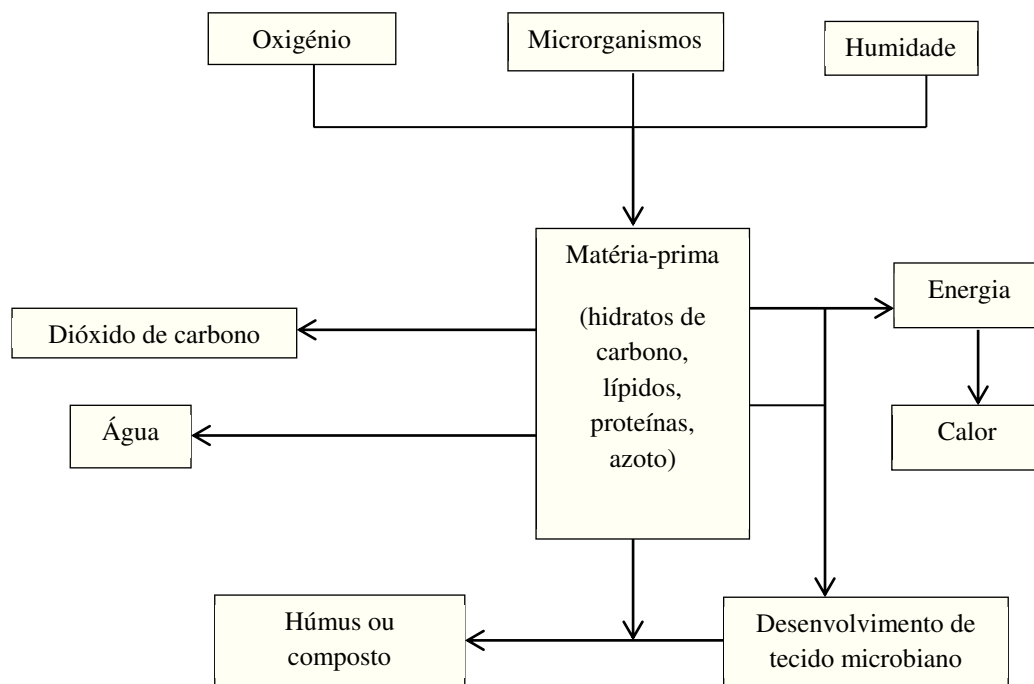


Figura 2 - Esquema do processo de compostagem (Adaptado Sousa, R., 2009).

4.3 - Aspectos biológicos do processo

A sofisticação de técnicas de compostagem contribui para que seja muitas vezes esquecido o facto de o processo ser exclusivamente biológico. A população microbiana responsável pelo processo é muito variada, sendo que a estimativa de bactérias, fungos e actinomicetes existentes é de 10^8 - 10^9 , 10^4 - 10^6 e 10^5 - 10^8 por grama de composto, respetivamente (Oliveira, R., 2000).

Durante o processo de compostagem, são observadas fases distintas, em função dos valores de temperatura: mesófila, termófila e de maturação (Fig. 3). Na fase inicial, mesófila, a temperatura na pilha de compostagem aumenta desde a temperatura ambiente até cerca de 40 °C , com o aparecimento de fungos e bactérias produtoras de ácido. De seguida, a temperatura aumenta para a gama termófila, de 40 a 70 °C , sendo os microrganismos substituídos por bactérias, actinomicetos e fungos termófilos. Depois segue-se nova fase mesófila, onde a temperatura desce e por fim segue-se a fase de maturação que é caracterizada por uma redução da atividade microbiana, e substituição dos organismos termófilos por bactérias e fungos mesófilos. Durante o período de maturação, há uma maior libertação de vapor de água, bem como a estabilização do pH (Metcalf & Eddy, 2003).

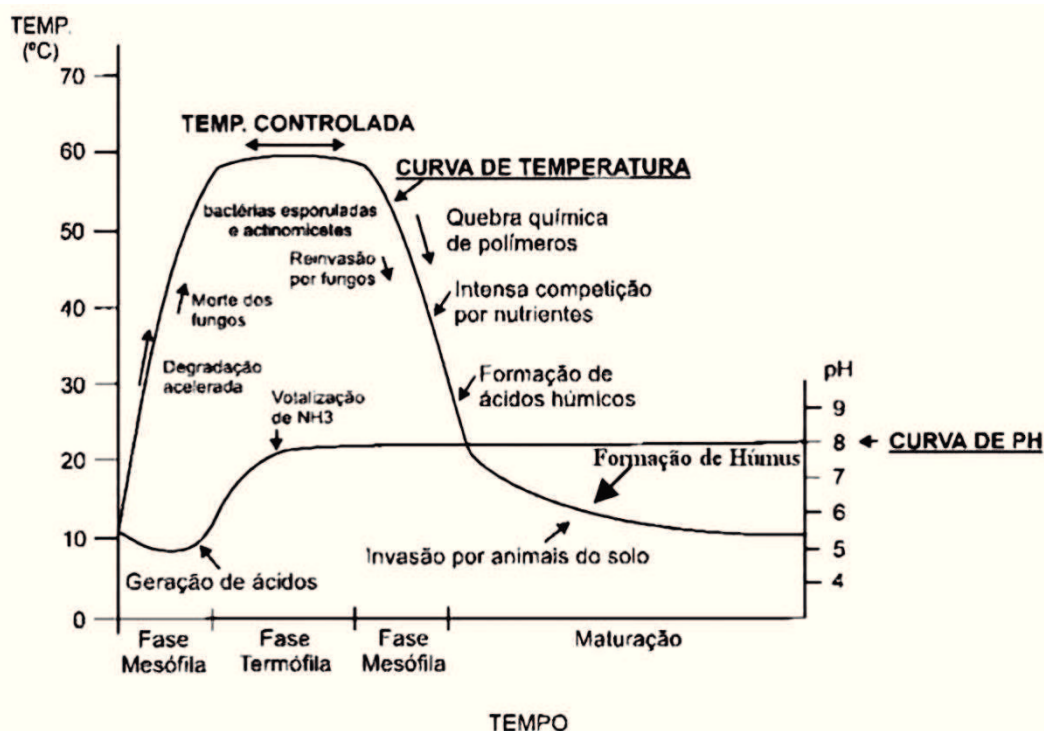


Figura 3 – Transformações microbiológicas e perfis de temperatura e pH durante um processo de compostagem devidamente controlado (Martinho, M. & Gonçalves, M., 2000).

Fase mesófila - Esta fase caracteriza-se por ter temperaturas moderadas, mas que podem subir até aos 40 °C (figura 3), dependendo das condições criadas (Batista, J. & Batista, E., 2003). A primeira fase compreende o período de adaptação (fase “lag”) e o crescimento da população microbiana (fase “log”), que nesta fase é constituída essencialmente por bactérias. Existe um período inicial de latência, durante o qual os microrganismos se adaptam ao meio e onde os resíduos mais biodegradáveis são hidrolisados através de enzimas fundamentais à alimentação dos microrganismos no período de crescimento. Neste período, e como há uma grande abundância de alimento, os microrganismos multiplicam-se rapidamente aumentando o processo de degradação. Durante este período há libertação de calor, aumentando, consequentemente, a temperatura no interior da pilha (Martinho, M. & Gonçalves, M., 2000).

Fase termófila – Com o aumento da temperatura (libertação de calor resultante da atividade microbiana) há a morte da população mesófila, levando ao aparecimento de bactérias termófilas, fungos e actinomicetes, dando início à fase termófila. A temperatura, até à qual estes organismos estão ativos é 70 °C . Em consequência da intensa atividade microbiana e com o teor de humidade e arejamento adequados, é produzido dióxido de carbono, água e

amoníaco, o que leva a que nesta fase a temperatura ronde os 40-45 °C e os 65-70 °C, tal como pode ser observado na figura 3 (Martinho, M. & Gonçalves, M., 2000).

Fase mesófila – À medida que as fontes de energia para os agentes termófilos começam a escassear a temperatura retorna a valores mais baixos, o que permite a renovação das populações predominantes ocorrendo a fase mesófila final. É durante esta fase que ocorre a transformação progressiva de moléculas complexas em algumas substâncias húmicas (Almeida, C., et al., 2005) e, tem uma duração de 30 a 60 dias, dependendo da temperatura, humidade, composição da matéria orgânica e condições de arejamento.

Fase de maturação – Esta fase inicia quando as fontes de carbono escasseiam e se verifica uma diminuição da atividade microbiana, levando também ao decréscimo da temperatura. Estas condições favorecem a colonização por populações mesófilas (fungos, bactérias e actinomicetes) com características que lhes permitem degradar a celulose, quitina e lenhina (Martinho, M. & Gonçalves, M., 2000). Libertam-se igualmente nesta fase dióxido de carbono e água bem como amónia, mas em concentrações relativamente reduzidas, sendo igualmente reduzida a produção de calor (Russo, M., 2003). Com a libertação da amónia (depois do processo de amonificação do azoto presente na matéria orgânica e posterior volatilização da amónia) e consumo de carbono, a razão C: N decresce para valores de 10: 1, permitindo a diminuição da humidade, estando desta forma terminado o processo e a população microbiana atinge um equilíbrio. A duração desta fase pode variar desde semanas até meses, dependendo de diversos fatores (tamanho e quantidade de resíduos colocados, teor de humidade, arejamento) (Martinho, M. & Gonçalves, M., 2000). A produção de dióxido de carbono é reduzida, acentuando-se a mineralização do azoto e de outros elementos. Quando se atinge um valor de temperatura próximo da temperatura ambiente indica que se está próximo do término do processo. Embora tenham sido referidos períodos de tempo necessário para cada uma das fases do processo, a sua duração em muitos casos poderá variar, dependendo da constituição inicial da mistura de compostagem, da tecnologia de compostagem aplicada, do controlo do processo, e das condições meteorológicas existentes no local (CMMN, 2003).

Assim, pode-se afirmar que o processo de compostagem tem como objetivo principal a obtenção de um produto estável (composto), que não seja suscetível de repentina evolução biológica, maturado, e que seja compatível, por exemplo, com o emprego na agricultura como corretivo orgânico dos solos. O processo deve também permitir a eliminação de maus odores,

a redução do volume e de massa, e a desativação de microrganismos patogênicos (higienização). A perda de humidade que ocorre ao longo do processo de compostagem traduz-se numa redução dos custos de manuseamento e de transporte, bem como na facilidade de aplicação do composto. Durante o processo também são eliminados agentes que provocam doenças nas plantas, sementes de infestantes, insetos e seus ovos (Haug, R., 1980). O mesmo autor refere que a compostagem é um processo flexível e o processo de compostagem pode ser considerado segundo duas perspetivas: como um processo orientado para a produção de composto com interesse agrícola de forma a promover uma melhoria das condições do solo em termos de estrutura, porosidade, fertilidade, capacidade de retenção da água, arejamento e atividade microbiana, e como um processo orientado para o tratamento de resíduos orgânicos, ou simplesmente estabilizados e desidratados parcialmente, de forma a serem depositados em aterro. Haug, R., (1980) também afirma que o conteúdo em nutrientes dos compostos está relacionado com a qualidade dos substratos orgânicos utilizados, embora, no entanto, muitos tipos de compostos tenham baixo teor de nutrientes e a sua principal utilização será como corretivos orgânicos ou condicionadores de solo.

Por outro lado, alguns nutrientes como o azoto encontram-se em formas que não são diretamente assimiláveis pelas plantas, o que se traduz numa menor disponibilidade mas, por outro lado, faz com que ocorram perdas menores por lixiviação quando são comparadas com os fertilizantes tradicionais.

4.4 - Fatores condicionantes do processo

De seguida serão enumerados os principais aspetos que condicionam o processo de compostagem.

Arejamento

O processo de compostagem é um processo aeróbio, sendo que os microrganismos envolvidos no processo necessitam de oxigénio. O arejamento pode ser feito manualmente ou com o auxílio de métodos mecânicos (Martinho, M. & Gonçalves, M., 2000).

Quando as moléculas mais simples são sujeitas a decomposição e o crescimento microbiano é exponencial é necessário mais oxigénio. Segundo Oliveira, R., (2000), no início da atividade microbiana, a concentração de dióxido de carbono é de 0,5-5 % e a de oxigénio de 15-20 %. Com o decorrer do processo a concentração de dióxido de carbono tende a aumentar e a de oxigénio a diminuir, no entanto, se os níveis deste último forem insuficientes, o processo será dominado por organismos anaeróbios o que se traduz num atraso do processo e consequente produção de gases voláteis, causadores de maus odores.

Para um arejamento eficaz, deve-se (Sousa, R., 2009):

- ❖ Misturar materiais grosseiros (palhas, aparas, serraduras) com os mais compactáveis (cortes de relva);
- ❖ Não calcar;
- ❖ Não juntar água em excesso, uma vez que o excesso de água provoca uma fermentação anaeróbia com perda de azoto sob a forma de amoníaco e consequente mau cheiro;
- ❖ Revolver a pilha regularmente.

Humidade

Tal como o oxigénio também a água é indispensável para os organismos intervenientes no processo. A água funciona como meio de transporte de substratos e facilita a decomposição da MO, pois o teor de humidade suporta a atividade microbiológica e só desta forma são capazes de assimilar o oxigénio e nutrientes, pois estes têm que estar presentes na forma de solução aquosa (Oliveira, R., 2000).

Em teores de humidade acima dos 65 %, a água pode ser prejudicial pois pode causar zonas de anaerobiose, pois ocupa espaços vazios que impedem a livre circulação de oxigénio, no entanto, se for inferior a 40 %, pode também causar problemas porque a atividade microbiana é inibida, causando uma descida da temperatura, o que pode ser interpretado, erradamente, como o fim do processo (Martinho, M. & Gonçalves, M., 2000).

Normalmente, são necessários meses para se obter um material satisfatoriamente compostado, ainda que alguns digestores com temperatura controlada e arejamento eficaz, providenciem "compostos acabados" em poucas semanas (Donahue, R. & Miller, R., 1983).

Na fase final não é aconselhável adicionar água, visto não existir interesse na continuação da degradação da matéria orgânica residual (Oliveira, R., 2000).

Temperatura

A temperatura além de ser importante no processo de decomposição é também um fator indicativo do equilíbrio biológico e que melhor reflete a eficiência do processo, permitindo determinar se a operação se processa como desejável (Day, M., Krzymien, M., Shawl, K., Zarembal, L. Wilson, W., Botden, C. & Thomas, B., 1998).

Convém impedir que a temperatura da pilha ultrapasse os 65 °C porque os microrganismos benéficos são eliminados. Nestes casos o arejamento diminui a temperatura pela dissipação do calor. Contudo Levi-Minzi, R., Saviozzi, A. & Riffaldi, R., (1992) sugeriram que durante a compostagem a temperatura deveria alcançar um valor de 65 °C, ou superior, para uma humidade de 40 %, ou superior, pelo menos 6 dias ou dois períodos de três dias consecutivos para garantir a eliminação dos organismos patogénicos e da viabilidade das sementes de infestantes.

A temperatura, no início deve aumentar e após 5 a 6 semanas deve permanecer à temperatura ambiente e nesta fase a pilha deve ser frequentemente arejada. Após algum tempo e mesmo depois de revirada, se a temperatura não aumentar consideravelmente, poderá significar que o processo está terminado, sem a existência do período de cura/amadurecimento do composto (Jiménez, E. & Garcia, V., 1989).

Relação C: N

Outros dos elementos necessários ao metabolismo e desenvolvimento microbiano e responsáveis pela degradação da MO é a relação entre o carbono e azoto. O azoto é um constituinte fundamental de proteínas, ácidos nucleicos e aminoácidos. Já o carbono funciona como fonte de energia e constituição do material celular (Oliveira, R., 2000).

Uma relação C: N alta (pouco azoto) indica que o tempo de compostagem seja mais lento, já um excesso de azoto faz com que seja prejudicial ao composto, pois é eliminado sob a forma de amoníaco (Martinho, M. & Gonçalves, M., 2000).

Alguns autores, tal como Russo, M. (2003) apontam a razão C: N mais favorável ao processo como sendo de 30: 1. Já Martinho, M. & Gonçalves, M., (2000), refere que a razão C: N inicial deve ser a mesma que a referida por Russo, e no final do processo deve ser de cerca de 10: 1.

Durante o processo de compostagem a razão C: N diminui, pois o carbono é perdido para a atmosfera sob a forma de dióxido de carbono (cerca de 2/3), e o azoto, por sua vez é perdido quando é incorporado nas células e a relação desce para 10/15: 1 (Oliveira, R., 2000).

No composto, é importante que a relação C: N não seja elevada, pois caso aconteça, o composto consome o azoto que está no solo, no entanto, se a relação for baixa, o crescimento das plantas é favorecido. Assim a relação C: N é fundamental na compostagem para criar condições de fixação de nutrientes, de forma a poderem ser posteriormente utilizados quando o composto é aplicado (Oliveira, R., 2000).

Tamanho dos materiais

Segundo Martinho, M. & Gonçalves, M., (2000) a dimensão das partículas é a característica física mais importante que pode afetar o processo de compostagem, uma vez que influencia as restantes condições em que este irá decorrer.

A homogeneização do material relativamente à densidade, composição e temperatura estão relacionados com o tamanho dos materiais colocados. Quanto menores forem os materiais,

maior a superfície de contacto e a disponibilidade em oxigénio e azoto, aumentando a taxa de decomposição. No entanto, se o material for demasiado pequeno cria problemas, tais como a diminuição da porosidade e o favorecimento da compactação, o que aumenta o risco de aparecimento de zonas anaeróbias, que criam maus odores (Oliveira, R., 2000).

4.5 - Tipos de compostagem

A compostagem pode ser conduzida de duas formas: em grandes instalações centralizadas (compostagem industrial), ou em pequenas unidades de carácter familiar (compostagem doméstica). A compostagem doméstica é abordada com maior detalhe no capítulo 5.

4.5.1 - Compostagem industrial

A compostagem industrial, realizada em grandes instalações centralizadas com capacidade para uma grande quantidade de material, permite a valorização orgânica, contribuindo para uma correta política de gestão de resíduos sólidos.

Os resíduos biodegradáveis são recolhidos e transportados para as unidades especializadas de compostagem industrial. Dentro da unidade, os resíduos são triados de modo a separar os materiais inertes do material orgânico, sendo que nalguns casos os inertes podem ser recuperados para reciclagem.

Uma aposta recente é realizar-se a recolha seletiva da fração orgânica dos RSU, principalmente de resíduos verdes, de restaurantes e similares, mercados, cooperativas agrícolas e, nalguns casos, recolha seletiva porta-a-porta, evitando-se deste modo uma triagem à fração destinada a compostagem (Lipor, 2013). A LIPOR e a VALORSUL são exemplos de entidades que aplicam este método.

4.5.2 - Compostagem doméstica

A compostagem doméstica é um processo de reciclagem de matéria orgânica realizado através de microrganismos que transformam os resíduos biodegradáveis produzidos em casa, jardins ou pequenas hortas num fertilizante rico em nutrientes, a que se chama composto (Valorlis, 2009). É feita em pequena escala, a nível doméstico com ou sem auxílio de um compostor. Esta apresenta as vantagens da diminuição dos custos associados à recolha e transporte de resíduos, uma vez que permite a redução na fonte.

4.6 - Sistemas de compostagem industrial

Existem vários sistemas para a preparação do composto mas, tipicamente, podem agrupar-se em dois tipos (Jiménez, E. & Garcia, V., 1989): digestão aeróbia ou compostagem e digestão em digestores ou câmaras fechadas.

Estes sistemas são, frequentemente considerados em quatro categorias, designadamente, pilhas longas (sistema de leiras revolvidas), pilhas estáticas, pilhas estáticas com arejamento forçado, e recipientes ou reatores (in-vessel) abertos ou fechados.

Sistema de leiras revolvidas

A altura e secção deste sistema depende do resíduo estruturante e do método de construção da leira, sendo que as de secção triangular podem ter dimensões diferentes segundo diversos autores, tais como:

- ❖ 1,5 a 1,8 m de altura e 4 a 4,5 m de base, são as mais comuns e que apresentam resultados comprovados (Hay, J., 1984);
- ❖ 1 a 2 m de altura e 2 a 4,5 m de base (Mathai, P. & Turovskiy, Z., 2006);
- ❖ 3 a 6 m de altura e 1,3 a 3 m de base (Oliveira, R., (2000).

Dependendo das características do equipamento utilizado, a secção transversal da pilha pode ser triangular ou trapezoidal e este sistema de compostagem é geralmente realizado em locais abertos e ao ar livre.

O espaço e as condições para a compostagem são também importantes. Se possível, o pavimento deve ser impermeabilizado, drenado e com saídas de água para a humidificação, evitando assim a escorrência de lixiviados e a consequente contaminação dos solos. A exposição à chuva ou ao vento pode limitar o processo. Para atenuar o efeito do vento, a construção de proteções laterais revela-se vantajosa, e em zonas de elevada pluviosidade a construção de um telheiro torna-se essencial, podendo também recorrer-se à utilização de uma tela (Batista, J. & Batista, E., 2003).

Para que se possa ultrapassar o problema atrás referido relativo às fortes chuvadas foi desenvolvida uma tela, com microporos de tamanho 0,2 μm , para que deixe sair o vapor de água e deixe entrar o ar, não deixando penetrar a chuva. Esta tela também reduz os problemas com os odores desagradáveis e possíveis ventos fortes. Também está comprovado na prática que em locais onde os valores de temperatura não atinjam os mínimos necessários para se dar processo de compostagem, caso se recorra ao uso da tela é possível que o processo ocorra visto permitir que a pilha alcance um valor de temperatura suficiente (Godley, A., Evans, A., Alker, T. & Davis, R., 2002). A tela também permite que no verão, nos períodos mais quentes e secos, conserve a humidade (Cabraal, P., 2001).

Relativamente à temperatura neste sistema de compostagem, esta pode alcançar os 65 °C, no entanto, deve ser mantida abaixo dos 60 °C. A temperatura mais adequada na camada exterior é consideravelmente baixa e pode mesmo igualar a temperatura ambiente (Mathai, P. & Turovskiy, Z., 2006).

As condições aeróbicas são difíceis de manter e algumas instalações fornecem uma trincheira com um tubo perfurado com um ventilador para manter condições aeróbicas, sendo que apresenta mais desvantagens, pois é sensível a fortes chuvadas e à emissão de odores quando os ciclos de revolvimento ultrapassam os 5 dias, bem como maior tempo de compostagem. Outra desvantagem prende-se com as áreas necessárias para permitir o revolvimento e trânsito de máquinas (Mathai, P. & Turovskiy, Z., 2006).

Pilha estática arejada

A principal diferença da pilha estática arejada relativamente ao sistema de leira revolvida é a forma de arejamento, que neste caso não é feita mecanicamente (Oliveira, R., 2000). O arejamento é feito com tubo de plástico perfurado (100 a 150 mm) (figura 4) e a pilha tem, geralmente, entre 2 e 2,5 m de altura sendo a cobertura feita com aparas de madeira pois facilitam a distribuição de ar e absorvem a humidade. O ar forçado vindo do tubo de plástico colocado no interior duma câmara de pressão proporciona um melhor controlo do oxigénio, condiciona a temperatura interior, reduz o aparecimento de zonas anaeróbias e consequentemente reduz o risco de maus odores (Mathai, P. & Turovskiy, Z., 2006).

O período de compostagem é tipicamente de 21 a 28 dias, seguido por um período de cura, de 30 dias, no mínimo, sendo essencial que o teor de humidade do composto não seja superior a 45 %. O teor de humidade pode ser reduzido, se necessário, através de uma secagem intensiva (Mathai, P. & Turovskiy, Z., 2006).

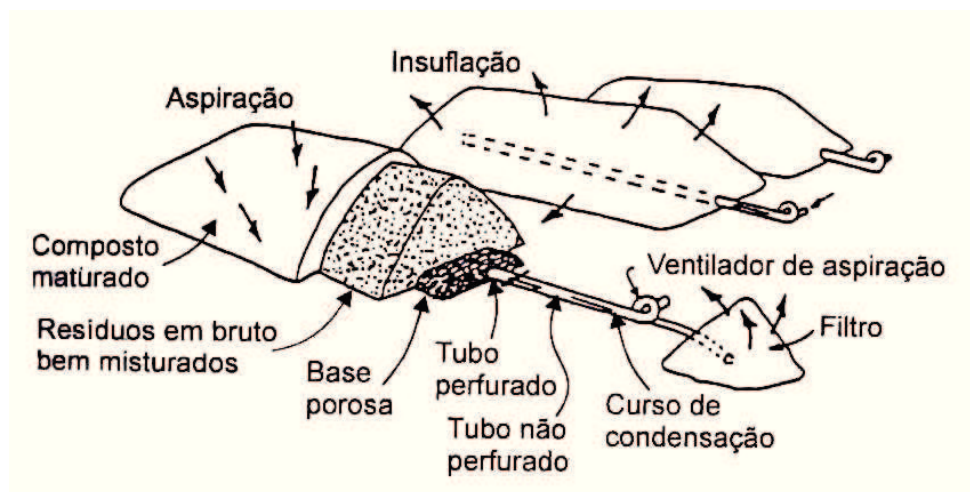


Figura 4 – Esquema figurativo do esquema de pilha estática arejada (Martinho, M. & Gonçalves, M., 2000).

Sistemas tipo reator

Nestes sistemas os resíduos são encaminhados para reatores dos mais diversos tipos, onde os diferentes parâmetros do processo como a temperatura, oxigenação, humidade e até adição de nutrientes (quando necessários), são controlados de forma a otimizar a eficácia do processo (Pereira, N., 1987).

O tempo nos reatores varia de 10 a 21 dias, dependendo das recomendações do fornecedor, requisitos regulamentares e características do produto desejado. Uma representação esquemática de um processo típico é apresentada na figura 5 (Mathai, P. & Turovskiy, Z., 2006).

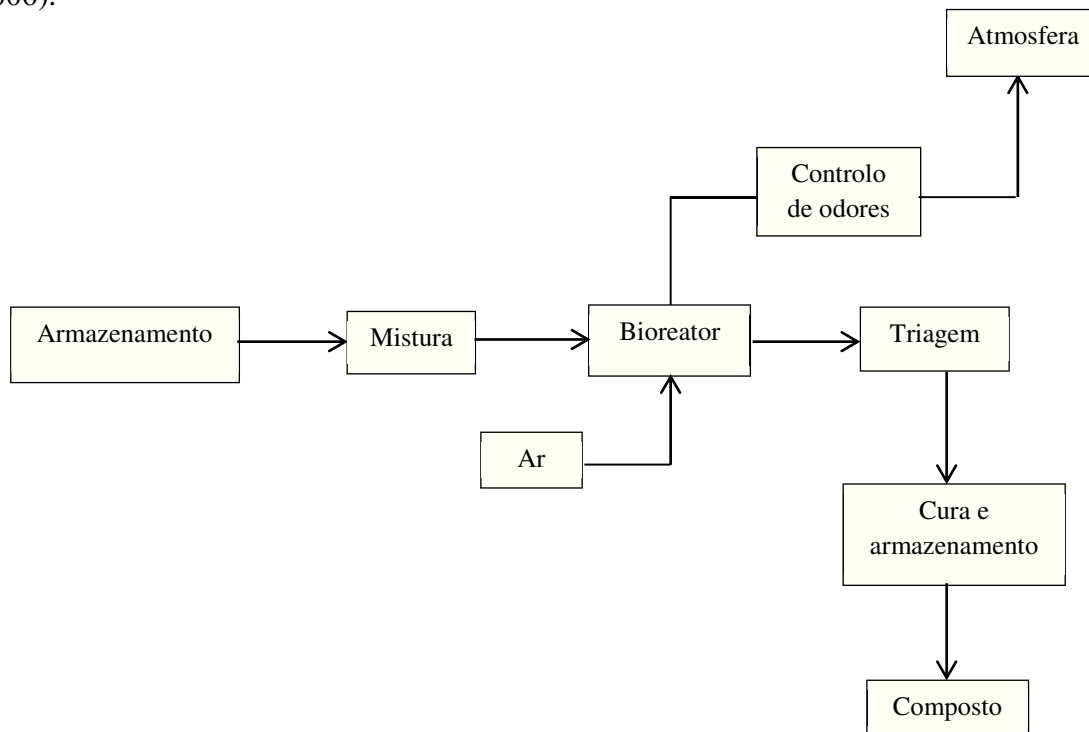


Figura 5 – Esquema do processo de compostagem em reatores (Adaptado Mathai, P. & Turovskiy, Z., 2006).

Estes reatores são tipicamente construídos em betão. O ar é fornecido por um ventilador através de difusores, onde uma unidade típica é de aproximadamente 5 m de largura, 3 m de profundidade e 20 m de comprimento, sendo a mistura colocada na extremidade de entrada e um êmbolo operado hidraulicamente ou pneumaticamente empurra os materiais longitudinalmente para a outra extremidade. No final, o composto cai então para um transportador de descarga (Mathai, P. & Turovskiy, Z., 2006).

4.7 - Materiais a compostar

De modo geral, todos os materiais naturais provenientes da cozinha, jardim, quintal, restaurantes, cantinas e espaços verdes públicos podem ser compostados. Há, no entanto alguns cuidados a ter em conta para que o processo decorra sem quaisquer contratempos.

Os resíduos que podem ser compostados são, normalmente, classificados em verdes e castanhos, conforme o teor de humidade e a proporção de nutrientes (Valorlis, 2009). É frequente utilizar uma mistura de materiais ricos em carbono (castanhos) com outros ricos em azoto (verdes). Os materiais ricos em carbono fornecem a matéria orgânica e a energia para a compostagem e os materiais azotados aceleram o processo de compostagem, porque o azoto é necessário para o crescimento dos microrganismos.

Tanto na compostagem industrial como na doméstica, os resíduos que podem ser compostados são os mesmos, no entanto a principal diferença relativamente a estes dois tipos de compostagem é a proporção de castanhos: verdes, que na doméstica deve ser o dobro de castanhos para uma parte de verdes (Valorlis, 2009), enquanto que na industrial esta relação não é importante pois existe um maior controlo no processo e também controlo de possíveis maus cheiros.

Verdes

A produção de resíduos verdes é muito influenciada pela localização, clima, tipo de desenvolvimento (urbano, suburbano ou rural), maturidade da área (construída com pequenas árvores e relvados imaturos ou árvores grandes e relvados já estabelecidos) e condições meteorológicas locais (Herbert, F., 1993).

Assim, como exemplo dos materiais verdes há (Valorlis, 2009):

- ❖ Folhas verdes;
- ❖ Ervas daninhas sem sementes;
- ❖ Restos de vegetais e fruta;
- ❖ Borrás de café, incluindo os filtros;
- ❖ Cascas de ovo esmagadas;
- ❖ Flores;
- ❖ Folhas e saquetas de chá.

Castanhos

Estes resíduos são ricos em carbono, embora apresentem uma percentagem muito baixa em azoto, deficiência que é eliminada com a adição dos resíduos verdes, acima mencionados. Os resíduos castanhos que podem ser compostados são (Valorlis, 2009):

- ❖ Folhas secas;
- ❖ Restos de relva cortada seca;
- ❖ Palha ou feno;
- ❖ Resíduos de cortes e podas;
- ❖ Aparas de madeira e serradura;
- ❖ Agulhas de pinheiros;
- ❖ Casca de batata.

Resíduos a evitar

Existem alguns resíduos a evitar, pois podem dar origem a maus odores, atrair animais indesejáveis (ratos, moscas) ou atrasar o processo (Valorlis, 2009):

- ❖ Restos de carne, peixe e marisco;
- ❖ Produtos lácteos;
- ❖ Cinzas;
- ❖ Beatas de cigarro;
- ❖ Medicamentos;
- ❖ Citrinos;
- ❖ Resíduos de plantas tratadas com produtos químicos;
- ❖ Excrementos de animais domésticos;
- ❖ Resíduos não biodegradáveis (plástico, metal, vidro, tintas, pilhas).

4.8 - Vantagens e limitações do processo de compostagem

Em zonas onde os solos estão empobrecidos relativamente a MO, a compostagem é uma solução viável e apresenta inúmeras vantagens relativamente a outras soluções de tratamento

de RSU (Pereira, N., 1987). Os sistemas de compostagem, especialmente os baseados em sistemas não reator, apresentam como principais vantagens as seguintes (Haug, R., 1993):

- ❖ Rápida decomposição e oxidação da MO para um estado estável;
- ❖ Produção de odores mínima ou insignificante;
- ❖ Produção de energia, sob a forma de calor permitindo uma correta higienização e destruição de microrganismos patogênicos;
- ❖ Utilização de pouca energia externa para o seu funcionamento, quando comparada com outros sistemas de tratamento, dado que a maior parte da energia utilizada é oriunda do próprio processo;
- ❖ Redução significativa (30- 40 %) no volume dos RSU tratados, valorizando a fração orgânica biodegradável dos RSU e reduzindo assim o seu potencial poluente;
- ❖ Economicamente viável visto apresentar custos reduzidos;
- ❖ Grande flexibilidade de operação e os equipamentos necessários são praticamente nulos;
- ❖ Permite a obtenção de um produto passível de ser utilizado na agricultura como fertilizante natural, que não apresenta quaisquer impactos ao contrário dos fertilizantes químicos;
- ❖ Desidratação de substâncias altamente húmidas como as lamas de estação de tratamento de águas residuais (ETAR), e possível reaproveitamento, caso sejam convenientemente tratadas.

Mas no caso de o composto obtido não ser produzido a partir da fração orgânica biodegradável dos RSU recolhida separadamente na fonte, poderá levar a que possa conter níveis relativamente elevados de metais pesados, contaminantes orgânicos e inertes, o que pode restringir ou mesmo desaconselhar a sua utilização, sendo difícil a sua comercialização, constituindo-se assim num problema que poderá acarretar consequências graves em termos de saúde pública/ambiental. As principais limitações ou desvantagens do processo são (Hoornweg, D., Thomas, L. & Otten, L., 2000):

- ❖ Necessidade de maiores áreas de terreno disponível que outros processos de tratamento;
- ❖ Exigência de mais tempo para a obtenção de um produto final adequado;

- ❖ É um processo que exige mais trabalho e mão-de-obra (em certas circunstâncias poderá não ser uma desvantagem visto absorver mão-de-obra) do que os outros métodos de tratamento;
- ❖ Cuidado especial durante o processo bioxidativo, em que se produz dióxido de carbono e, se o controlo não for rigoroso, metano e maus cheiros. A emissão de odores atrai potenciais vetores de propagação (ratos, insetos, aves, etc.) o que proporciona más relações com a vizinhança das instalações. A solução para estes factos é a escolha do processo adequado em termos da tecnologia, projeto e operação, isto para evitar apenas vantagens parciais, como é o caso de se poder obter um composto de má qualidade ou este não se encontrar completamente estabilizado;
- ❖ Ruído essencialmente com compostagem pelo sistema de leiras revolvidas.

Embora o dióxido de carbono, metano e maus cheiros sejam prejudiciais, são em muito menor quantidade quando comparados com os provenientes do aterro, verificando-se assim uma redução significativa na emissão de gases com potencial efeito de aquecimento global. Na compostagem doméstica, os problemas enunciados não têm tanta importância, tornando-se praticamente insignificantes, já que a natureza dos resíduos utilizados são maioritariamente de origem vegetal e a libertação de odores desagradáveis é mínima, podendo obter-se um composto de grande qualidade para aplicação nas suas pequenas hortas, jardins ou quintais (Haug, R., 1993).

5 - Compostagem doméstica

A definição de compostagem doméstica é idêntica à definição apresentada no início do capítulo 4, sendo que a grande diferença é a proveniência dos resíduos assim como a quantidade e proporção dos mesmos. Na compostagem doméstica os resíduos são provenientes essencialmente da cozinha, jardim e/ou horta, em termos de quantidade é menor e a proporção aconselhada é o dobro de castanhos em relação aos verdes (Valorlis, 2009).

5.1 - Tipo de compostor e suas características

Primeiro que tudo, há que considerar o tipo de compostor e a sua dimensão. O volume recomendado para o compostor é de pelo menos 1 m³, embora os compostores disponíveis no mercado tenham, de forma grosseira, 1/3 dessa capacidade (Otto, P., 2002).

Além do compostor apresentado na figura 6 (fornecidos pela Valorlis), também é possível utilizar outros tipos de compostores, no entanto, no processo de compostagem não implica a existência de um compostor. Esta poderá ser efetuada diretamente sobre o solo do jardim, apenas mediante a construção de uma pilha de compostagem ou fazendo um buraco no solo (CMS, 2009).



Figura 6 – Compostor fornecido pela Valorlis.

Os compostores de plástico fornecidos pela Valorlis tem a vantagem em relação ao compostor de madeira de ter locais de onde se pode retirar o composto. A aparência do compostor é um fator secundário para o processo, já que depende do gosto de cada um e do local onde irá ser colocado.

5.2 - Escolha do local

O compostor pode ser colocado nos mais diversos locais (desde que em contacto com o solo), mas existem determinadas recomendações a respeitar, que podem melhorar o processo e evitar efeitos indesejáveis. É o caso de algumas condições sugeridas pela CMO (1993):

- ❖ Deixar pelo menos a 50 cm de estruturas como casas ou vedações (especialmente construções em madeira);
- ❖ Próximo de casa e fácil acesso – sendo os resíduos colocados no recipiente, quase todos os dias, fará com que seja aconselhável que o trajeto até ao compostor seja curto e confortável em todas as épocas do ano;
- ❖ Abrigado do vento norte para evitar a secagem e o arrefecimento do composto – próximo de uma parede, muro vedação ou árvore, com função de quebra vento, ficando assim a pilha protegida de ventos fortes; a humidade e o calor são vitais para que o processo de compostagem se desenvolva;
- ❖ Com sol e sombra – o compostor deve estar próximo, de preferência, de uma árvore de folha caduca, pois poderá receber sol no inverno e alguma sombra no verão, tornando as condições mais favoráveis;
- ❖ Espaço amplo – suficiente para instalar o compostor, guardar ramos de podas ou arrumar instrumentos de trabalho;
- ❖ Terreno natural – o compostor não deve ser colocado sobre betão, asfalto ou qualquer outra superfície impermeável à água e sem contacto direto com o solo. O recipiente deve estar sobre a terra (com superfície nivelada) para permitir a mais fácil entrada de microrganismos decompositores existentes no solo e a saída de água (boa drenagem);
- ❖ Água nas proximidades – é prático enxaguar o balde dos resíduos depois de o despejar na pilha de composto e no verão, com o tempo seco, pode ser necessário humedecer os resíduos.

5.3 - Processo de compostagem doméstica

Para que o processo de compostagem doméstica corra da melhor forma e também para evitar problemas, devem ser seguidas as seguintes etapas:

- ❖ Cortar os resíduos castanhos e verdes em bocados pequenos (5 cm, de comprimento e 2 de largura, aproximadamente);
- ❖ No fundo do compostor deve se colocar aleatoriamente, ramos grossos (promovendo o arejamento e impedindo a compactação);
- ❖ Adicionar uma camada de 5 a 10 cm de castanhos;
- ❖ Adicionar, no máximo, uma mão cheia de terra ou composto pronto. Esta quantidade conterá microrganismos suficientes para iniciar o processo de compostagem (os próprios resíduos que adicionar também contêm microrganismos). De notar que grandes quantidades de terra adicionadas diminuem o volume útil do compostor e compactam os materiais, o que é indesejável;
- ❖ Adicionar verdes e castanhos, sendo que a última camada deve ser castanhos para evitar mosquitos à superfície;
- ❖ Regar de forma a manter um teor de humidade adequado. Este teor pode ser medido através do “teste da esponja”, figura 7 (Valorlis, 2009).



Espremer com a mão um pouco do material do compostor:

- Se pingar, a pilha está demasiado húmida e é preciso juntar castanhos e revirar os materiais;
- Se a mão continuar seca, a pilha está com falta de água e é preciso juntar verdes, regar e revirar os materiais.

Figura 7 - “Teste da esponja” para controlo da humidade.

5.5 - Problemas e soluções

No decorrer do processo de compostagem poderão surgir alguns problemas, pelo que, na tabela 2 se resumem os mais frequentes, as suas causas possíveis e quais as soluções a adotar.

Tabela 2 – Problemas, causas prováveis e soluções para o processo de compostagem doméstica (Valorlis, 2009).

Problema	Causa provável	Solução
Temperatura demasiado elevada (+ 65° C)	Pilha muito grande	Diminuir o tamanho da pilha
	Arejamento insuficiente	Revirar a pilha
Processo lento (superior a 6 meses)	Demasiados castanhos	Adicionar verdes, adicionar água e revirar a pilha
	Materiais muito grandes	Cortar os materiais em tamanhos mais pequenos e revolver a pilha de compostagem
Temperatura baixa (não chega a aquecer)	Pilha muito pequena	Aumentar o volume da pilha, adicionar mais verdes e castanhos
	Humidade insuficiente	Adicionar água
	Arejamento insuficiente	Revirar a pilha
	Falta de verdes	Adicionar verdes
Cheiro a podre	Humidade excessiva e/ou compactação	Adicionar castanhos, por exemplo pequenos ramos e revirar a pilha
Cheiro a amónia	Demasiados verdes	Adicionar castanhos e revirar
Pragas	Restos de carne, peixe, laticínios, gordura ou modelo do compostor	Retirar estes restos e cobrir com terra, folhas ou serradura

6 – Composto

Alguns dos nutrientes das terras de cultivo podem se esgotar se essas terras não receberem periodicamente MO. Os adubos orgânicos e estrumes proporcionam aos solos o equilíbrio necessário dos seus componentes físicos, químicos e biológicos, impossível de conseguir com o uso exclusivo de fertilizantes químicos, daí ser importante salientar as principais vantagens do uso do composto, sendo que apesar das vantagens apresenta também desvantagens.

6.1 - Vantagens e desvantagens do uso de composto

A utilização do composto apresenta diversas vantagens, sendo as mais importantes abaixo enumeradas (Oliveira, R., 2000, Sousa, R., 2009 e Martinho, M. & Gonçalves, M., 2000):

- ❖ Destruição de patogênicos e infestantes;
- ❖ Obtenção de um fertilizante de elevada qualidade;
- ❖ Possibilidade de misturar materiais diferentes;
- ❖ Ativação da atividade microbiana do solo;
- ❖ Maior qualidade dos vegetais;
- ❖ Maior resistência das plantas a pragas e doenças;
- ❖ Possibilidade de utilização em horticultura intensiva sem tempos de espera;
- ❖ Preço conveniente;
- ❖ Elevada percentagem de matéria orgânica;
- ❖ Conteúdo adequado de azoto, fósforo e potássio e microelementos fundamentais;
- ❖ Uniformidade permanente;
- ❖ Não diminui a apetência da erva para os animais;
- ❖ Mantem ou aumenta as reservas de húmus;
- ❖ Limita o uso de fertilizantes comerciais;
- ❖ Reduz o potencial poluidor da agricultura intensiva, devido a nutrientes como o azoto, serem introduzidos no solo num estado químico que limita a sua solubilidade e conseqüente arrastamento.

Apesar de poucas, é também importante referir as desvantagens do uso do composto no solo (Oliveira, R., 2000):

- ❖ Elevada percentagem de humidade;
- ❖ Dificuldade de obter aprovisionamento regular, uniforme e de qualidade.

6.2 - Métodos para avaliação da maturação do composto

Os métodos desenvolvidos para avaliar a maturação dos compostos orgânicos baseiam-se, geralmente, em ensaios químicos, ou em ensaios biológicos, e incluem (Jiménez, E. & Garcia, V., 1989): a relação C/ N; métodos cromatográficos para determinação do conteúdo de substâncias húmicas e o grau de polimerização dos compostos húmicos; testes colorimétricos dos extratos húmicos; teste à produção de calor; e testes de fitotoxicidade.

Existem diversos autores que enunciam diferentes formas para determinar o estado de maturação do composto, sendo elas as seguintes:

- ❖ A produção de calor de um material, por exemplo, é indicativa da atividade biológica desse material e, por isso, indiretamente, do seu grau de decomposição. Um composto estará maduro quando a sua temperatura se mantém mais ou menos constante durante a movimentação do material (Jiménez, E. & Garcia, V., 1989);
- ❖ Teste rápido à maturação de materiais orgânicos incubados em condições anaeróbias a 55 °C com base no pH. Caso o composto se mantivesse alcalino durante 24 horas era considerado como estando suficientemente amadurecido (Jann, G., Howard, D. & Salle, A., 1959);
- ❖ Quando surgem, durante o processo de compostagem, quantidades apreciáveis de nitratos e nitritos, é indicação que o composto está aceitavelmente compostado (Finstein, M., Miller, F., MaCGregor, S. & Psarianos, K., 1985).

Em Portugal não existe legislação relativa à qualidade do composto. No entanto, em vários países europeus existe legislação específica, sendo que a que tem servido de referência em Portugal é o normativo francês e o italiano (tabela 3), uma vez que são os países mais semelhantes em termos de clima, características dos solos e culturas (Martinho M. & Gonçalves M., 2000).

Tabela 3 - Limites definidos em documentação normativa internacional para corretivos orgânicos em relação às características físico-químicas (valores reportados à matéria seca). (Adaptado de Martinho, M. & Gonçalves, M., 2000).

Parâmetros	Legislação Italiana (DPR 915/82)	Norma Francesa (NFU-44-051)	Proposta de directiva da UE
Humidade (%)	< 45	-	Variável
pH (H ₂ O)	6 - 8,6	-	5,5 - 8,0
MO (%)	> 40	> 29	--
N total (mg/kg)	> 1	< 2	> 0,6
P ₂ O ₅ total (mg/kg)	> 0,5	-	> 0,5

Para ter um termo de comparação com a legislação italiana e francesa, é apresentada a tabela 4 onde estão também descritos parâmetros analisados no âmbito deste projeto e para melhor poder comparar com os obtidos experimentalmente. Estes dados foram obtidos através da análise química a compostos de RSU.

Tabela 4 – Composição química de compostos de RSU (MADRP, 1997; LCA La Rochelle, 2009).

Parâmetros	Valores obtidos (RSU)	Norma francesa (NF U 44-051:2006)
Humidade (%)	24,3	--
pH (H ₂ O)	7,6	--
MO (%)	53,2	≥ 20
N total (%)	1,8	< 3
P ₂ O ₅ total (%)	1,4	< 3

No entanto, no caso de estudo a maturação do composto além de avaliada visualmente, é também determinada quimicamente através dos ensaios realizados laboratorialmente, sendo esta uma das principais razões da elaboração do projeto, ou seja, verificar se quando se pensa que visualmente está maturado, se está de facto pronto a utilizar.

O teste visual é feito de acordo com o aspeto apresentado pelo composto, ou seja, pondera-se que está maturado quando tem o aspeto de terra escura e já não apresenta cheiros.

7 – Metodologia

Neste capítulo será apresentada a metodologia adoptada na sensibilização ambiental relacionada com a compostagem doméstica, a forma de preparação e quantificação dos resíduos colocados nos compostores, assim como os procedimentos de análise dos parâmetros estudados no âmbito deste projeto.

7.1 – Sensibilização ambiental

Neste projeto foram utilizadas duas formas distintas de sensibilização ambiental para a prática de compostagem doméstica. Na primeira o público-alvo foram estudantes em idade escolar do 9 ao 12.º ano de escolaridade, onde se realizou um workshop com um compostor, de forma a apresentar o aspeto do mesmo e dos resíduos a compostar, e o aspeto final do composto, ao mesmo tempo foi entregue um panfleto acerca do tema. Já a segunda forma de sensibilização foi uma aula aberta para alunos de MEENA do Instituto Politécnico de Leiria (IPL) de forma a sensibilizar os mesmos para a prática da compostagem doméstica.

7.1.1 - Dia aberto

O workshop foi realizado na 15.^a edição do Dia Aberto na ESTG. O evento decorreu em dois dias, 13 e 14 de março de 2013, em que a ESTG abriu portas a todos os alunos do ensino secundário, aos agentes de ação educativa e à comunidade civil e empresarial do distrito de Leiria e concelhos limítrofes. Nesses dois dias, no Departamento de Engenharia do Ambiente, houve uma demonstração de como funcionava a compostagem doméstica, mostrando exemplos dos materiais que se podiam compostar, dos a evitar, da decomposição dos materiais passados cerca de 3 meses e do produto final, ou seja, o composto, estando todos os documentos em anexo (anexo I). Foram distribuídos panfletos que tinham todas estas informações e no final era solicitado que os visitantes preenchessem um inquérito de conhecimentos do que era apresentado. Esse inquérito foi preenchido por grupos de 3 a 5 elementos, obtendo-se no final 28 inquéritos, sendo que os resultados dos mesmos estão apresentados no subcapítulo 8.1.

Nesse dia, a forma de sensibilizar os visitantes do espaço dedicado à compostagem doméstica foi através da apresentação de como funcionava, existindo no local um compostor pertence à ESTG, de forma a demonstrar mais facilmente a simplicidade do processo (figura 8). Nas laterais do espaço foram colocados cartazes onde estava explicado como fazer compostagem doméstica.



Figura 8 – Local dedicado à compostagem doméstica durante o Dia Aberto.

7.1.2 - Aula aberta MEENA

Para a aula apresentada aos estudantes de Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente (MEENA) foi feita uma apresentação em powerpoint (anexo II) de forma a sensibilizar para a prática da compostagem doméstica. Foi também feita uma síntese dos tratamentos biológicos existentes, o porquê de se fazer compostagem, exemplos dos resíduos orgânicos passíveis de serem compostados, o que não se pode colocar no compostor, assim como os que apenas se podem colocar em pouca quantidade. Depois foi explicado como se faz a compostagem doméstica, fatores condicionantes do processo, assim como os resultados obtidos, à data, das análises físico-químicas feitas a cada parâmetro.

Durante a aula responderam a um questionário de forma informal para saber quantos alunos faziam compostagem doméstica, os motivos por não fazerem, sendo que os resultados encontram-se apresentados e discutidos no subcapítulo 8.1.

7.2 – Análise Físico-química aos resíduos de compostagem doméstica

De seguida serão abordados aspetos relativos à componente prática do processo de compostagem doméstica, tais como a melhor forma de preparação dos resíduos a colocar nos compostores, a escolha do local mais indicado onde colocar os mesmos, a quantidade de resíduos a colocar e também é feita referência aos procedimentos de análise dos parâmetros estudados.

7.2.1 – Preparação dos resíduos

Para ser possível comparar o composto, sendo que esse era um dos principais objetivos do projeto, foram utilizados três compostores, onde a proporção de resíduos colocados foi diferente. Num dos compostores são colocadas maiores proporções de resíduos verdes em relação aos resíduos castanhos, compostor “rico em verdes”, enquanto no outro compostor são colocados resíduos verdes em maior proporção que no compostor anterior, compostor “muito rico em verdes”. Será também feita a comparação com um outro compostor, onde o processo já foi iniciado há cerca de 3 anos e onde são colocados resíduos diariamente, assim como o composto é retirado regularmente e a proporção de resíduos verdes e castanhos colocada nesse mesmo compostor foi classificada no âmbito deste trabalho em “rico em castanhos”.

Os principais cuidados a ter em conta para controlar o processo de compostagem, é o arejamento e a humidade. O arejamento era feito semanalmente, com o auxílio de uma vara, para desta forma chegar a todas as zonas da pilha para evitar zonas de anaerobiose, e conseqüentemente, maus cheiros. Neste processo, verificava-se ainda a necessidade de adicionar água aos resíduos, de forma a eliminar as zonas secas e garantir a quantidade de água para o bom desenvolvimento do processo de compostagem.

Além destes dois cuidados principais também foi preciso ter em atenção o tamanho dos resíduos colocados (se forem muitos grandes, demoram mais tempo a degradarem-se, caso contrário, se forem de tamanho muito pequeno, causam zonas de maior compactação). O tipo de resíduos colocados também é importante e devem ser colocados os resíduos referidos no subcapítulo 4.7, sendo que as indicações relativas à proporção dos verdes e castanhos é o

dobro de castanhos para uma parte de verdes, para garantir que o processo corra da melhor forma (Valorlis, 2009).

No caso dos três compostores em estudo, os resíduos mais colocados foram:

- ❖ Restos de frutas e legumes;
- ❖ Cascas de ovo;
- ❖ Folhas secas;
- ❖ Aparas de madeira;
- ❖ Flores;
- ❖ Cascas de batata.

No compostor “rico em castanhos” mais antigo, o composto foi retirado continuamente, pois os resíduos lá colocados também o são de forma contínua, e ao fim de aproximadamente seis meses o composto considera-se preparado, uma vez que tem o aspeto de terra escura, sem maus cheiros, sendo depois utilizada na horta e em vasos de flores.

A amostra que foi recolhida mensalmente para analisar foi retirada da base do compostor (através do orifício apropriado), pois era nesse local que os resíduos estavam mais degradados por também lá terem sido colocados há mais tempo. Era necessário que a amostra analisada fosse o mais homogénea possível, sendo que a homogeneização das amostras era feita manualmente. Para se misturar a amostra manualmente, colocava-se num frasco de vidro bem fechado (o frasco deve estar apenas meio cheio) e faz-se rodar o frasco em várias direções. A colheita da amostra ao longo dos meses de análise foi sempre retirada à mesma hora do dia.

7.2.2 – Escolha do local

Das condições para a escolha do local para a colocação dos compostores, referidos no subcapítulo 5.2, não foi possível cumprir com todas as indicações. Uma das condições enumeradas era a distância de cerca de 50 cm de vedações ou outras estruturas, o que não foi possível cumprir devido a problemas de espaço onde colocar os dois compostores adquiridos para a monitorização do processo de compostagem doméstica. Outra das condições descritas era a importância da colocação junto a uma árvore de folha caduca, onde fosse possível a

exposição ao sol de inverno e alguma sombra no verão, o que também não foi possível de cumprir.

Como não foram cumpridas todas as indicações para a melhor colocação dos compostores, a consequência poderá ser um atraso na maturação do composto.

7.2.3 - Parâmetros analisados

Todos os parâmetros abaixo descritos foram determinados de acordo com os protocolos apresentados no anexo IV. De forma a simplificar a apresentação da metodologia e posterior apresentação dos resultados, em todos os cálculos efetuados, a amostra 1 refere-se às amostras recolhidas do compostor “rico em verdes” e a amostra 2 do compostor “muito rico em verdes”.

Humidade

O teor em humidade pode variar bastante devido às diferenças dos resíduos colocados, processo em que decorre e também às condições de armazenamento do mesmo, no entanto o conteúdo em humidade do composto é facilmente determinado. Pode ser expresso em peso ou em volume, sendo que geralmente é representado pela fração do peso total do composto. Se o teor em humidade do composto for inferior a 35 %, pode significar que não esteja totalmente estabilizado ou pode ser que tenha sido armazenado durante demasiado tempo, o que provoca perdas de humidade (Stoffella, P. & Brian A., 2004).

Para a determinação da humidade, a amostra foi colocada na estufa a 105 °C durante duas horas até obter massa constante.

Para o cálculo da percentagem de humidade foi usada a equação IV. No anexo V estão apresentadas todas as pesagens efetuadas.

$$\% \text{ humidade} = \frac{m_{\text{am+cad}} - m_{\text{am seca+cad}}}{m_{\text{am+cad}} - m_{\text{cad}}} \times 100 \quad (\text{IV})$$

m_{cad} – Massa do cadinho de porcelana (g);

$m_{am + cad}$ – Massa da amostra + cadinho de porcelana (g);

$m_{am\ seca + cad}$ – Massa da amostra seca + cadinho de porcelana (g).

pH

Segundo Stoffella, P. & Brian A., (2004), o valor do pH na maior parte dos compostos varia entre 6 e 8, no entanto, o valor pode variar em função da matéria-prima colocada e do processo de compostagem utilizado. Se o pH for demasiado alto ou baixo, o composto pode danificar as raízes das plantas, atrasar o seu crescimento e até o desenvolvimento.

A determinação do pH é feita através dos elétrodos mergulhados numa suspensão aquosa do composto em água, e medida com um potenciômetro da Hanna, modelo HI 8417.

Matéria Orgânica Total (MOT)

A MO é a fração carbonada da amostra que é isenta de água e de substâncias inorgânicas, e corresponde à perda de massa após a calcinação da amostra previamente desidratada. A retenção da água, a adsorção e troca de catiões, a capacidade de fornecimento de nutrientes às plantas, atividade biológica, entre outros, dependem principalmente da MO presente no solo. Além das propriedades atrás mencionadas também contribui para a produtividade do solo e sequestro de carbono no mesmo (Gonçalves, M. & Batista, M., 2001).

Segundo Gonçalves M. & Baptista M. (2001), o teor de matéria orgânica total do composto para uso generalizado na agricultura, deverá ser superior a 30 %.

A matéria orgânica total (base seca) foi analisada de acordo com Eaton, A., Clesceri, L., Rice, E. & Greenberg, A. (2005), (procedimento em anexo IV). A amostra é seca a 105 °C para posteriormente ser calcinada a 550 °C na mufla.

A determinação da percentagem de MOT é apresentada na equação V:

$$\% \text{ matéria orgânica} = \frac{m_{am \text{ seca}+cad} - m_{mufla+cad}}{m_{am \text{ seca}+cad} - m_{cad}} \times 100 \quad (V)$$

m_{cad} – Massa do cadinho de porcelana (g);

$m_{am \text{ seca} + cad}$ – Massa da amostra seca + cadinho de porcelana (g);

$m_{mufla + cad}$ – Massa da amostra seca e depois de ir à mufla + cadinho de porcelana (g).

Inertes

O grau de impurezas é dependente da visibilidade dos materiais estranhos. Apenas material estranho com partículas de dimensão superior a 2 mm é relevante para a determinação do grau de impurezas do composto. As pedras são também um material indesejável mas não são englobadas no teor de material estranho. A avaliação da presença de pedras em compostos é feita separadamente e apenas pedras com dimensão superior a 5 mm são relevantes para a avaliação (Cunha, Q., 2006).

As partículas de maior tamanho (> 12 mm) dificultam uma distribuição eficiente em alguns tipos de aplicações no campo. As partículas de pequeno tamanho podem também limitar a utilização em algumas aplicações, onde é muito importante uma drenagem rápida. As partículas demasiado finas dum composto são indesejáveis porque podem reter a água como podem provocar a germinação de infestantes (Stoffella, P. & Brian A., 2004).

O cálculo dos inertes (base seca) foi com base na equação VI.

A cinza é o material mineral residual que permanece após a destruição da matéria orgânica por calcinação (Cunha, Q., 2006).

$$\% \text{ inertes} = \frac{m_{mufla+cad} - m_{cad}}{m_{am \text{ seca}+cad} - m_{cad}} \times 100 \quad (VI)$$

m_{cad} – Massa do cadinho de porcelana (g);

$m_{am\ seca + cad}$ – Massa da amostra seca + cadinho de porcelana (g);

$m_{mufla + cad}$ – Massa da amostra seca e depois de ir à mufla + cadinho de porcelana (g).

Azoto

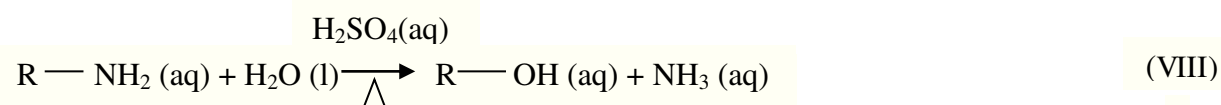
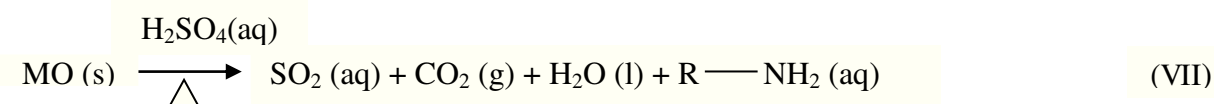
O azoto é considerado o primeiro entre os macronutrientes principais, pois na maior parte dos casos, é o elemento que mais influência vai exercer na composição do composto e consequentemente na agricultura (Santos, Q., 1996). O conteúdo total de azoto do composto pode variar substancialmente segundo a matéria-prima, as condições do processo, maturação e armazenamento (Stoffella, P. & Brian A., 2004).

Os métodos mais utilizados para a determinação de azoto total são (Ferreira, F., 2004): (a) o método Kjeldahl, que é essencialmente um procedimento de oxidação húmida; (b) o método de Dumas, uma técnica de oxidação seca (combustão); e (c) o método de Kjeldahl modificado, semelhante ao método Kjeldahl.

O método c) é baseado na decomposição da matéria orgânica através da digestão da amostra com ácido sulfúrico concentrado, na presença de um catalisador que acelera a oxidação da matéria orgânica. O azoto presente na solução ácida resultante é determinado por destilação, seguida de titulação com ácido diluído, procedimento esse indicado de acordo com Eaton, A., Clesceri, L., Rice, E. & Greenberg, A. (2005) e que se encontra no anexo IV.

As reações químicas envolvidas neste método, desde a digestão inicial da amostra até à titulação são (Galvani, F. & Gaertner, E., 2006):

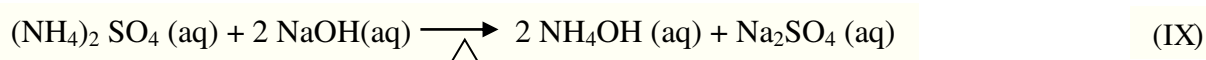
Digestão



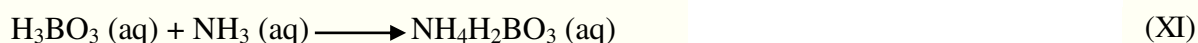
O carbono contido na matéria orgânica é oxidado e o dióxido de carbono libertado. O azoto é transformado em amónia, a qual reage com o ácido sulfúrico, formando o sulfato de amónio ((NH₄)₂SO₄) conforme indicado nas reações durante a digestão (Galvani, F. & Gaertner, E., 2006).

Destilação

Após a digestão inicia-se o processo de destilação que pode ser feita por aquecimento direto ou arraste de vapor. O sulfato de amónio é tratado com hidróxido de sódio, em excesso, ocorrendo a libertação de amónia, conforme as reações (Galvani, F. & Gaertner, E., 2006):

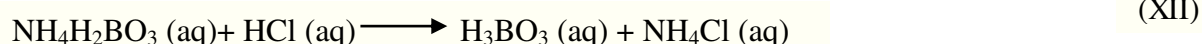


A amónia que se liberta na reação é recolhida num recipiente que contém ácido bórico. Considera-se terminado o processo, quando toda a amónia já se tiver libertado. A solução contendo ácido bórico com o indicador que no início apresentava coloração rosa adquire a cor verde à medida que vai se formando o borato de amónio, conforme a reacção (Galvani F. & Gaertner E., 2006):



Titulação

A última etapa do processo corresponde à titulação. O borato de amónio é titulado com uma solução padrão de ácido clorídrico de título conhecido até à viragem do indicador, conforme a reacção (Galvani F. & Gaertner E., 2006):



Para calcular a percentagem de azoto presente na amostra, foi utilizada a equação (XIII) (Galvani F. et al, 2006).

Todos os cálculos relacionados com o azoto foram feitos em folha de cálculo de forma a facilitar os cálculos, sendo os mesmos apresentados no anexo VI:

$$\% N = \frac{V_1 - V_2 \times f \times 14,01}{m_{\text{amostra}}} \times 100 \quad (\text{XIII})$$

V_1 – Volume usado na amostra de HCl (l);

V_2 - Volume usado no branco de HCl (l);

f – Concentração de HCl (mol/l);

m_{amostra} – Massa da amostra pesada inicialmente (g).

Fósforo

A quantificação do fósforo pode ser realizada no extrato obtido após a digestão com ácido sulfúrico e ácido nítrico, por espectrofotometria de absorção molecular utilizando o reagente combinado para desenvolvimento de cor.

O fósforo foi determinado de acordo com Eaton, A., Clesceri, L., Rice, E. & Greenberg, A. (2005), (procedimento em anexo IV). No entanto existem 3 métodos distintos de digerir a amostra: com ácido perclórico, com persulfato de amónio e com ácido sulfúrico e nítrico. O método utilizado foi o do ácido sulfúrico e ácido nítrico visto ser o mais recomendado e de uso mais frequente. Relativamente ao método propriamente dito, foi escolhido o do ácido ascórbico, pois era o mais adequado de acordo com os reagentes existentes no laboratório. O equipamento utilizado para a medição por espectrofotometria UV-VIS (ultravioleta-visível) no espectrofotómetro da Varian, modelo Cary 50, para um comprimento de onda de 880 nm, e a célula utilizada para a medição foi a de plástico de 1 cm de percurso ótico. Foram sempre realizadas 3 medições para garantir maior rigor e nos cálculos foi utilizada a média aritmética desses valores.

A determinação da concentração de fósforo, C_p , efetua-se através da conversão dos valores de absorvância para % de P_2O_5 pelo método da reta de calibração (método dos mínimos quadrados), anexo VII. No intervalo de trabalho em que a Lei de Beer seja válida, a absorvância, Abs , será $Abs = m \times C_p + b$, onde m é o declive da reta e b a ordenada na origem.

Temperatura

Durante as várias fases de compostagem a temperatura irá subir na fase termófila para temperaturas na ordem dos 65 °C , fase de maior atividade microbiana e em fases de menor atividade microbiana a temperatura deverá ser mais baixa até que o composto esteja maturado, fase em que a temperatura deverá ser igual à temperatura exterior.

Deste modo, a temperatura foi medida nos compostores com um termómetro de mercúrio, cedido pelo laboratório da ESTG, tal como demonstrado na figura 9, ou seja, o termómetro foi introduzido no interior da pilha de resíduos até sensivelmente ao meio da altura da pilha.

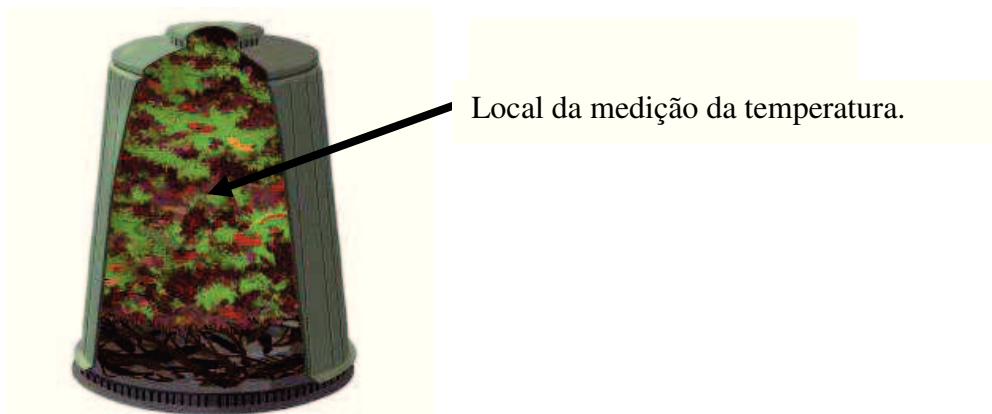


Figura 9 – Exemplo do local de medida da temperatura.

Cheiro

O teste ao cheiro foi feito mensalmente e no local onde se encontravam os compostores, sendo o mesmo detetado como mostra a figura 10. O método utilizado para deteção do cheiro foi através da definição de uma escala que varia entre 0 e 5, sendo que o 0 corresponde a ausência de cheiro e o 5 a deteção de cheiro significativo. Esta escala foi definida de forma a avaliar os cheiros presentes, sendo que a escala é crescente, e quanto mais próximo do 5 for o valor, mais significativo são os odores detetados.



Local de deteção de cheiros.

Figura 10 – Local de deteção de cheiro.

7.2.4 – Quantidade de resíduos colocados

A quantidade de resíduos colocados nos compostores foi pesada de forma a estabelecer a sua proporção em termos quantitativos, de acordo com os objetivos do trabalho. Estes resultados encontram-se sistematizadas no anexo III. No entanto, a figura 11 demonstra de forma gráfica a proporção de verdes e castanhos colocados em cada compostor.

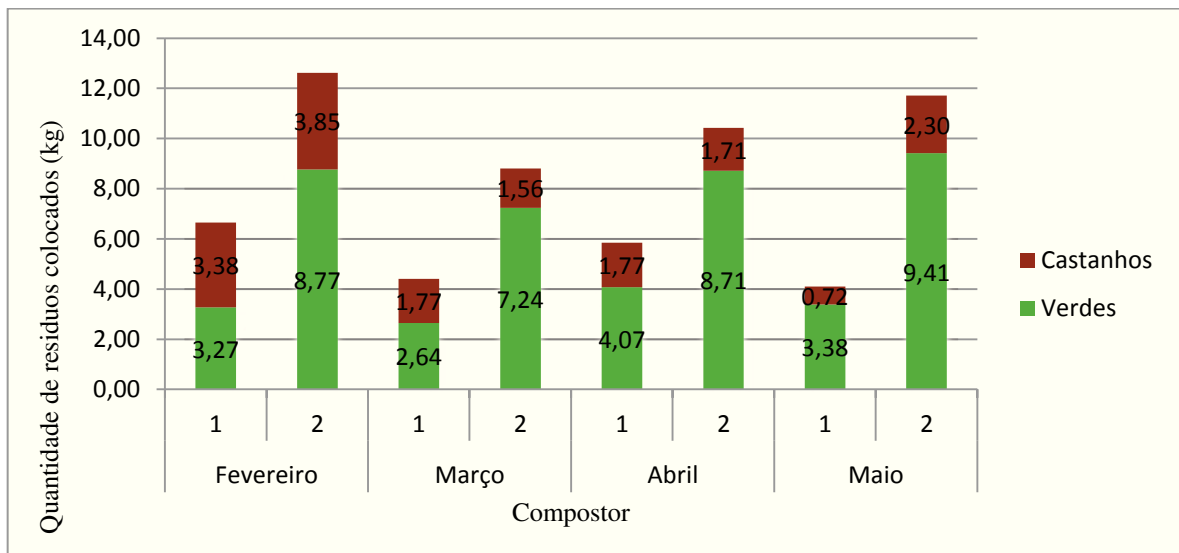


Figura 11- Esquema representativo das proporções de resíduos colocados.

8 - Discussão e apresentação de resultados

Neste capítulo são apresentados os resultados relativos à sensibilização ambiental e os resultados dos diferentes parâmetros físico químicos dos resíduos de compostagem.

8.1 – Sensibilização ambiental

De seguida serão apresentados os resultados quer em relação ao dia aberto quer à aula aberta.

Dia aberto

No dia em que decorreu o dia aberto foram preenchidos 28 inquéritos, sendo que os resultados dos mesmos estão apresentados na tabela 5 e na figura 12.

De acordo com a tabela 5, a pergunta com menos número de respostas acertadas foi a 7.^a questão (Na compostagem não devemos?), apesar de se verificar uma percentagem de 82 % de resposta corretas a esta questão. Contudo, este facto pode ser explicado pela mesma ser feita na negativa, levando a um erro de interpretação. A parte II do inquérito também não se obteve o resultado esperado, pois alguns alunos apenas escolheram duas opções quando eram pedidas três. Desta forma como havia mais opções que, apesar de corretas, não eram as mais corretas, levaram a um maior número de opções erradas. Apesar destas duas opções terem sido as menos acertadas, houve cerca de 62 % de grupos a acertaram à totalidade das questões, valor bastante aceitável, dadas as poucas informações apresentadas. No entanto, e para colmatar o curto período de tempo disponível para a apresentação, era entregue um panfleto com todas as informações necessárias para a prática da compostagem doméstica, para que os participantes ficassem sensibilizados para o processo.

Na tabela 5 estão todas as questões presentes no inquérito feito assim como o número de questões colocadas em cada uma das opções.

Tabela 5 - Inquérito realizado aos visitantes do dia aberto.

Pergunta	Opções	N.º de respostas colocadas
1 - O que é a compostagem doméstica?	A – Reutilização do papel usado	0
	B – Processo natural de reciclagem de matéria orgânica	28
	C – Reciclagem do vidro	0
2 - Porque devemos fazer compostagem?	A - Para passar o tempo livre	0
	B – Reduzimos os resíduos orgânicos que vão para aterro	28
	C - Para ganhar um bónus de carregamento no telemóvel	0
3 - A decomposição da matéria orgânica é realizada por?	A- Ratos	0
	B – Leveduras, bactérias e fungos	28
	C – Aranhas	0
4 – No compostor, os resíduos são transformados em	A – Adubo químico	1
	B – Energia	0
	C – Corretivo agrícola natural	27
5 - Quais os elementos, dos abaixo apresentados, podem ser compostados?	A – Revistas	0
	B – Sacos de plástico	0
	C – Restos de vegetais, cascas de ovos, folhas	28
6 – O composto	A – Reduz o aparecimento de pragas e doenças	25
	B – Reduz a fertilidade do solo	3
	C – Dá um sabor esquisito à comida	0
7 - Qual a opção correta. Na compostagem não devemos:	A – Fazer uma boa mistura de resíduos	4
	B – Vedar o compostor	23
	C – Assegurar alguma humidade	1
Parte II - Relativamente à compostagem doméstica, indica as 3 opções mais corretas.	A – Os resíduos colocados no compostor devem ser remexidos com alguma regularidade	23
	B – Deve ser colocada água ocasionalmente	28
	C – Devemos colocar peixe, carne e marisco no compostor para atrair ratos	0
	D – Devemos colocar poucos resíduos no compostor e deitar os restantes no lixo comum	1
	E – Devemos colocar só verdes no compostor	0
	F – Devemos colocar só castanhos	1
	G – Os resíduos devem para ir para o compostor com o maior tamanho possível	1
	H - Devemos colocar resíduos verdes e castanhos	28

A figura 12 apresenta o gráfico com a percentagem de respostas onde se pode observar que a maior parte dos grupos que preencheram o inquérito acertaram na totalidade das questões (cerca de 62 %), sendo que de seguida e com cerca de 22 % são os que apenas falharam uma questão.

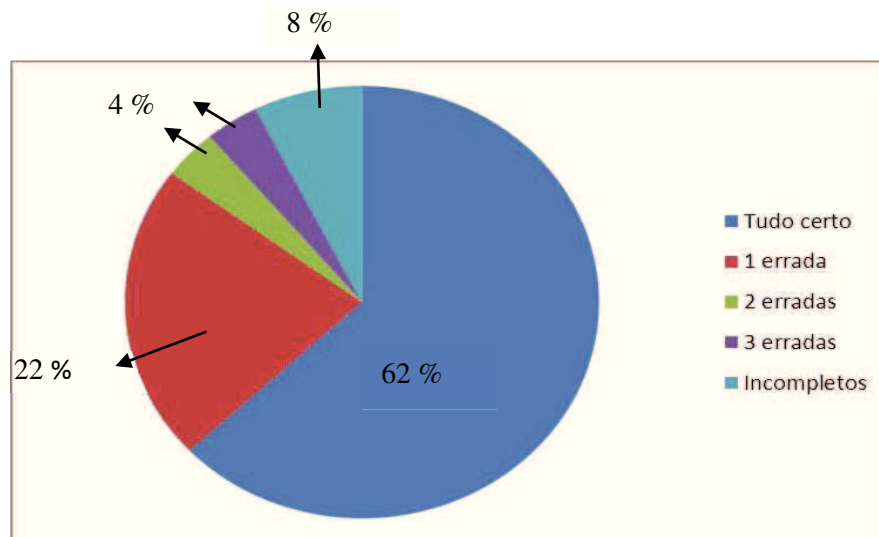


Figura 12 – Gráfico representativo das respostas ao inquérito.

Em relação ao Dia Aberto, é de salientar, que apesar do curto espaço de tempo disponível para a apresentação do conceito de compostagem doméstica e das poucas informações transmitidas, o resultado final dos inquéritos informais foi bastante satisfatório, pois 62 % das questões respondidas foram corretas. No entanto, numa das questões, a forma como a mesma estava elaborada levantou algumas dúvidas e a percentagem de erros na mesma é bastante superior às restantes, sendo que esta questão teria que ser reformulada. Outro aspeto a melhorar seria a forma de apresentação/demonstração do processo, sendo que deveria ter-se apostado mais na componente prática, mostrando, por exemplo, os utensílios necessários para a prática da mesma, tais como o balde para rega e o ancinho para revirar a pilha e promover o arejamento. Apesar dos aspetos menos conseguidos e acima referidos, no geral o objetivo foi cumprido, ou seja, demonstrar que o processo era de fácil elaboração e sensibilizar os visitantes para a prática da compostagem doméstica.

8.1.2 - Aula aberta

A aula aberta decorreu no dia 5 de junho de 2013 com a presença dos alunos de MEENA. Nesta aula os alunos foram sensibilizados para a prática da compostagem doméstica. No início foram colocadas algumas questões, apresentadas em anexo II, para avaliar a quantidade de alunos que fazia compostagem doméstica. Dos 13 alunos presentes na aula, apenas 3 faziam compostagem doméstica, sendo que um deles utilizava uma pilha ao ar livre, não possuindo um compostor. Dos que não faziam, 5 deles justificaram que viviam num apartamento e os restantes não consideravam a compostagem doméstica importante e nem estavam sensibilizados para a mesma.

Após a aula, os alunos que não faziam compostagem doméstica, ficaram recetivos à prática da mesma, sendo que este era o principal objetivo desta aula. Outro aspeto que teria sido importante para esta aula deveria ter sido a presença de um compostor no local, para mais facilmente verem como era o mesmo, a forma de montagem e local por onde se deveria retirar o composto, assim como os utensílios necessários à prática da mesma (balde de rega, ancinho para revirar a pilha, resíduos a colocar e mostrar também o resultado final, ou seja, o composto já maturado), para desta forma perceberem melhor o conceito e percebendo que é um processo fácil de elaborar e que tem inúmeras vantagens.

8.2 - Análise físico-química dos resíduos

Na tabela 6 estão apresentados os resultados relativos às análises realizadas, dado que todas as amostras foram analisadas em duplicado o resultado de cada parâmetro corresponde à média aritmética.

No anexo V são apresentados os dados das pesagens e cálculos intermédios da humidade, MOT e inertes. No anexo VI são apresentados os principais dados para análise da percentagem de azoto e de fósforo. No mês de março não foi necessário determinar o teor em fósforo e azoto, pois como os resíduos não estavam ainda praticamente nada degradados, o teor destes dois macronutrientes não foi analisado, pois não era importante determinar o teor dos mesmos inicialmente.

Tabela 6 - Tabela resumo dos resultados relativos aos parâmetros analisados no compostor 1 e 2¹.

Mês	Parâmetros															
	Humidade (%)		pH		MOT (base seca) (%)		Inertes (base seca) (%)		Azoto (%)		Fósforo (x10 ⁻³ %)		Temperatura (°C)		Cheiro	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
11 e 13 de Março	43,01	73,93	6,76	9,25	86,16	80,40	13,84	19,60	--	--	--	--	18	18	0	0
15 e 16 Abril	59,57	62,05	7,54	9,89	64,72	66,87	35,28	33,13	0,2543	0,2581	0,205	0,425	22	22	0	2
13 e 14 de Maio	68,43	45,86	6,91	8,19	38,19	70,22	61,81	29,78	0,4597	0,4847	0,404	0,667	26	26	2	4
17 e 18 de Junho	31,86	68,67	7,29	7,89	81,36	69,11	18,64	30,89	0,0634	0,0819	1,123	1,191	21	21	2	3
15 e 15 de Julho	61,19	68,01	7,45	7,43	75,52	57,99	24,48	42,01	0,0851	0,0701	0,926	0,971	21	22	2	2
1 e 2 de Setembro	64,52	74,59	8,65	8,84	52,21	65,61	47,79	34,39	0,0661	0,0818	2,615	2,494	22	22	0	0

¹ O compostor 1 corresponde ao “rico em verdes” e o 2 ao ”muito rico em verdes”.

Relativamente aos valores obtidos na humidade, estes variam entre o máximo de 75 % e um mínimo de 32 %, sendo que o valor máximo atingido foi em setembro, ou seja, no final do período de análise, onde deveria estar abaixo dos 45 %, o que denota que ainda teria que baixar consideravelmente o valor da humidade presente nos resíduos. No compostor dois pode observar-se que os valores relativos à humidade são superiores, uma vez que quantos mais verdes colocados, maior teor de humidade presente nos resíduos.

O pH variou entre 6,76 a 9,89 (o valor máximo foi atingido no compostor 2), sendo este máximo obtido no segundo mês de análises, no entanto no final do período em análise, verifica-se um aumento significativo para um valor de pH 8,84. Este aumento mostra que não estava totalmente maturado, pois o pH tende a diminuir ligeiramente no composto. No compostor 1 o valor de pH apresenta valores inferiores aos registados no compostor 2, visto que no compostor 2 a razão castanhos: verdes é de “muito rico em verdes” e o pH da fruta (resíduo verde mais colocado) é predominantemente alcalino (Anon, Bridges, M., Mattice, M., Warren L. & Grahn M., 1984), daí o valor ser também superior no compostor 2.

Na MOT, as percentagens obtidas variam entre 38 e 86 %, sendo que o valor mais alto, foi atingido logo no primeiro mês de análise, e o valor mais baixo foi obtido no mês de maio, que de acordo com os dados, foi um mês atípico, tendo registado nesse mês valores não concordantes com os restantes. No último mês de análise, os valores estão próximos dos valores esperados para o composto, levando a crer que os valores de MOT não deveriam variar muito em relação ao último mês medido. Da análise entre os dois compostores, é de salientar que os valores mais altos, são maioritariamente do compostor 2, ou seja, o “muito rico em verdes”, valor este justificado pelo facto que quantos mais verdes colocados, maior a percentagem de MOT.

Nos inertes e tal como na maioria dos parâmetros, o valor mais alto foi obtido em maio e foi de 61,81 %, o valor mais baixo foi no início das análises e foi de 13,84 % (março). Inversamente à MOT, os inertes têm valores mais altos no compostor 1, pois quanto maior o valor de MOT, menor o de inertes.

O azoto em abril e maio obteve valores bastantes superiores aos restantes, tal facto pode dever-se à “frescura” dos resíduos colocados, pois nos primeiros meses de análise os resíduos não estavam praticamente degradados e é de esperar valores mais altos nessa altura, provenientes predominantemente dos verdes colocados. À medida que o tempo foi passando os valores decresceram acentuadamente pois houve perdas significativas de azoto e portanto, à medida que os resíduos iam sendo degradados menor o valor deste macronutriente. No último mês de análise, os valores estavam bastante mais baixos dos esperados no composto. No azoto, os valores obtidos nos dois compostores são, regra geral, muito próximos, sendo que nos meses iniciais eram superiores e foram diminuindo para o final, podendo ser devido a perdas de azoto para a atmosfera durante o processo de degradação dos resíduos.

Relativamente aos resultados do fósforo, foi possível concluir que o método de extração não foi o mais adequado. A percentagem de fósforo obtida é muito inferior ao esperado e para testar se o problema era do método ou se realmente os resíduos teriam uma percentagem tão mínima de fósforo foi feito um ensaio de recuperação para testar o método, onde numa amostra foi feito o método utilizado e na outra foi adicionado 1 ml da amostra mãe de dihidrogenofosfato de potássio, de concentração 50 mg/l, ou seja, foi adicionado 1 ml com concentração de 0,05 mg/l e nos resultados, apesar de se obter um valor de absorvância superior, a concentração final não está como seria de esperar. Logo os valores apresentados serão os calculados, mas não são os reais. Os valores esperados, no composto, seriam superiores a 0,5 %, sendo que os valores obtidos experimentalmente, estão na ordem da milionésima unidade mais baixa. Apesar do método de extração não ter sido o mais correto, o compostor 2 apresenta maior percentagem de fósforo, ou seja, o incremento de resíduos verdes faz aumentar o teor de fósforo, no entanto, esse teor tende a igualar-se nos dois compostores no final do período de análise, ou seja em setembro.

Uma das causas para o método não ter sido o mais eficiente, pode estar relacionado com o método de digestão, pois o usado foi o do ácido sulfúrico e ácido nítrico (o mais utilizado e recomendado), no entanto, quando as amostras a analisar contêm muitos sedimentos (o que é o caso), o método mais indicado é o ácido perclórico.

Seria de esperar que a temperatura ambiente afetasse diretamente a temperatura no interior dos compostores, no entanto tal não acontece, pois no último mês de recolha de amostra, a

temperatura exterior era de 32 °C e nos compostores a temperatura era bastante inferior, rondando sempre os 20 °C. Apenas do mês de maio foram obtidos valores mais altos de temperatura (26 °C), ficando na mesma muito aquém dos valores esperados, não sendo nunca atingidos os valores esperados na fase mesófila nem termófila. A temperatura foi quase sempre a mesma nos dois compostores, e apesar de se esperar que chegasse a cerca dos 60 °C tal nunca se verificou. Tal dado também pode ser explicado pelo facto de a pilha ser pequena e não haver muitos resíduos a serem colocados, o que não originou o aumento da temperatura.

Relativamente aos cheiros, apenas no mês de maio, houve alguns cheiros, ou seja na escala definida foi atribuído o valor 4, relativo ao compostor 2, no entanto, à medida que nos aproximávamos do mês de setembro os mesmos foram desaparecendo, e não existiam nenhuns no último mês de análise. Este facto pode ser explicado devido a um arejamento eficaz, uma vez que os mesmos geralmente aparecem quando há zonas de anaerobiose, ou seja, quando não entra oxigénio necessário aos microrganismos decompositores, havendo nesses locais libertação de maus cheiros. Fazendo agora a análise entre os dois compostores, foi sempre detetado mais odores no compostor 2, ou seja, no “muito rico em verdes”, pois era onde se adicionavam mais resíduos verdes que libertam sempre mais odores.

8.4 – Análise ao composto

A tabela 7 apresenta os resultados relativos ao composto retirado do compostor que há mais tempo estava em funcionamento, ou seja o compostor “rico em castanhos”.

Tabela 7- Tabela resumo dos resultados relativos ao composto.

Parâmetros							
Humidade (%)	pH	MOT (%)	Inertes (%)	Azoto (%)	Fósforo (%)	Temperatura (° C)	Cheiro
52,48	6,93	22,14	77,86	0,0484	0,000967	20	0

Relativamente à humidade e segundo Stoffella, P. & Brian, A., 2004, Martinho, M. & Gonçalves, M., 2000 e MADRP, 1997, os valores são sempre inferiores a 45 %, o que não se verificou no composto, o que significa, portanto que os resíduos não estavam totalmente maturados, caso contrário, os valores teriam que ser bastante inferiores ao constatado, o que denota que teria ainda que perder humidade até ficar completamente maturado.

No pH, o valor obtido está dentro dos parâmetros considerados de comparação, que variam entre um mínimo de 5,5 e o máximo de 8,6, logo o valor obtido no composto está de acordo com as tabelas 3 e 4.

Na MOT e de acordo com as tabelas 3 e 4, o valor obtido é muito inferior aos valores de comparação. Relativamente aos compostores também monitorizados, o valor é muito inferior e tal facto pode dever-se à razão resíduos castanhos: verdes, pois no compostor de onde o composto foi retirado, a relação entre os mesmos era de “rico em castanhos”, logo isto significa que quantos mais verdes colocados, maior o teor de MOT esperada no composto.

Quanto aos inertes não é possível comparar, pois quer na tabela 3, quer na 4, não há valores para poder haver uma comparação.

No azoto, o valor obtido é bastante inferior aos da tabela 3 e da 4, e pode ser explicado pelo facto, de na destilação, aquando da adição do NaOH, haver perdas de azoto, até ao momento

da colocação do adaptador no funil de destilação, que tem que ser imediatamente a seguir à adição do NaOH, pode também ser devido à matéria prima colocada no compostor ou ainda pelas condições do processo.

A temperatura obtida neste compostor também nunca foi superior à temperatura ambiente e rondou sempre os 20 °C, nunca chegando às temperaturas da fase mesófila ou termófila.

O cheiro, neste compostor, foi sempre praticamente inexistente, detetando-se apenas mais odores quando a razão castanhos: verdes não era cumprida e eram colocados mais verdes.

8.5 – Análise geral

Nos compostores em análise, observou-se que após os meses recomendados de degradação dos resíduos, que é entre 4 a 6 meses (Valorlis, 2009), o mesmo não aconteceu na realidade, ou seja, ou o tempo necessário tem que ser superior, ou o processo não correu da melhor forma, pois nos dois compostores adquiridos para o projeto, os resíduos não estavam totalmente degradados, havia porções inteiras de algumas folhas. Essas mesmas folhas pertencentes à espécie vegetal da subfamília Maloideae, da família Rosaceae, designada habitualmente como nespereira, deveriam ter sido cortadas em pedaços mais pequenos, para que uma maior superfície de contacto estivesse disponível para a sua mais rápida degradação.

Além deste aspeto, há mais fatores que podem ter condicionado o processo, o local da colocação dos compostores (referido no ponto 7.3) pode ser um deles, a escassez de resíduos orgânicos para colocar nos compostores e dos disponíveis, a grande maioria eram verdes provenientes da cozinha (doméstica). Para além dos aspetos já referidos, o processo foi também iniciado em fevereiro de 2013, o que não ajudou ao maior desenvolvimento da comunidade de microrganismos necessários à degradação dos resíduos, além de que o processo demora sempre mais tempo a iniciar-se, pois no início ainda não existem os microrganismos decompositores e só após algum tempo é que o processo se torna mais rápido, ou seja, quando os organismos estão já instalados no compostor, a desenvolverem-se e a multiplicarem-se.

Relativamente ao compostor já existente e em funcionamento há três anos, apesar de visualmente o composto estar maturado, pois não apresentava maus cheiros, estava com o

aspecto de terra escura, de acordo com as tabelas 3 e 4 tal não acontece, pois depois de determinados os parâmetros, alguns não se encontram de acordo com os tabelados. No entanto, apesar de não estarem de acordo, o composto é utilizado numa pequena horta e em vasos com flores e de acordo com a utilização que lhe é dada, apresenta bastantes qualidades e diminui bastante o uso de fertilizantes químicos.

9 - Conclusão

O presente capítulo resume as principais conclusões do trabalho de monitorização e sensibilização da compostagem doméstica. A monitorização deste processo decorreu entre março e setembro, enquanto a sensibilização foi em março e em junho.

O estudo do processo da compostagem assume uma importância cada vez maior, pelas potencialidades que revela em termos de redução de resíduos que são encaminhados para aterro e pela oportunidade de se produzir fertilizante natural que pode ser utilizado em substituição dos fertilizantes sintéticos aumentando a qualidade dos produtos cultivados.

A sensibilização ambiental, tanto no Dia Aberto como na aula aberta aos alunos de MEENA, permitiu sensibilizar os intervenientes relativamente à compostagem doméstica e demonstrou que o processo de compostagem doméstica é simples e sem quaisquer problemas de execução.

Neste estudo era esperado obter composto nos 3 compostores segundo os critérios de referência das tabelas 3 e 4, o que na realidade não aconteceu. Nos dois compostores adquiridos para a execução do projeto, o resíduo final não estava totalmente maturado, havia ainda alguns resíduos inteiros por degradar. No compostor mais antigo, apesar do aspeto visual sugerir que estava completamente maturado, e depois de comparados com os critérios de referência, verificou-se que ainda não era um composto, pois alguns dos parâmetros (humidade, pH, azoto e fósforo) não tinham os valores concordantes com os de referência. É de salientar que o mês de maio foi o que apresentou valores mais atípicos, para os compostores 1 e 2, e variações nos resultados relativamente aos outros meses. Uma explicação seria um aumento de atividade microbiana nesse mês, pois foi também nesse mês que os valores da temperatura ambiente foram os mais elevados. Outro facto determinante foi a temperatura nunca ultrapassar a temperatura ambiente, não atingido portanto nem a fase mesófila nem termófila, podendo também ser uma justificação da não degradação total dos resíduos.

Foi também verificado que existe uma interação entre os diferentes parâmetros difícil de explicar em detalhe, sendo necessário estudos mais aprofundados e específicos para poder

obter resultados que possam ser analisados em pormenor e de modo a tirar conclusões mais precisas. Alguns exemplos poderiam ser a determinação do carbono total e azoto total (relação C: N), monitorização da temperatura em vários pontos do compostor ao longo do dia e validação dos métodos analíticos utilizados.

É importante referir que apesar de os resíduos não estarem totalmente degradados, e de existirem resultados que aparentemente não são concordantes, foi uma mais valia a execução deste projeto, quer na parte da compostagem propriamente dita, quer na análise de parâmetros físico químicos, pois foi possível desta forma analisar diversos fatores que afetam o processo. O facto de se ter verificado que o resíduo não era ainda um composto segundo os critérios de referência, sugere que precisa de mais tempo de maturação. Ou por outro lado que os valores que existem para comparação não são os mais adequados e reforça a ideia da necessidade da existência de legislação nacional adequada à compostagem doméstica. Além da legislação, bons conhecimentos sobre o processo, desenvolvimento de investigação na área e monitorização são essenciais para o incentivo à utilização do composto.

10 - Bibliografia

Almeida, C., et al. (2005). “Guia da Reciclagem Orgânica. Resíduos Orgânicos, compostagem e digestão anaeróbica”. Dissertação Mestrado. Gabinete de Estudos Ambientais Universidade Católica Portuguesa. Lisboa. Portugal

Anon, Bridges, M., Mattice, M., Warren L. & Grahn M. (1984). “ pH Values of Common Foods and Ingredients ”. Food Safety. EUA. Vol. 34. pp. 98-99. Acedido a 4 de Janeiro de 2014 em http://www.foodsafety.wisc.edu/business_food/files/Approximate_pH.pdf

Antunes, P. (2007). “Misteriosa Viagem à Lixoteca”. Jornal da região Oeste. Acedido a 24 de Junho, 2013 em <http://www.oesteonline.pt/noticias/noticia.asp?nid=17645>

APA, (2011). “Mapa de Registo de Resíduos Urbanos”. Acedido em 27 de Julho de 2013 em <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=933&sub3ref=936>

Arrobas, M., Taxa, J., Pereira, M. & Gonçalves, A. (2009). “Projeto-Piloto de Compostagem Doméstica em Bragança”. Escola Superior Agrária de Bragança. Bragança. Acedido a 27 de Julho em <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/5261>

Batista, J. & Batista, E. (2003). “Manual de compostagem”. Direção Regional do Desenvolvimento Agrário. Açores

Cabral, P. (2001). “A Compostagem de Resíduos Florestais no Parque Natural de Montesinho numa Perspetiva de Desenvolvimento Sustentável da Floresta”. Conferência Europeia sobre Compostagem – Estudo da Arte e Histórias de Sucesso em Portugal e na Europa. Lisboa

CMMN (Câmara Municipal de Montemor-o-Novo). (2003). “Unidade Piloto de Co-Compostagem”, Projeto “PIGS – Projecto Integrado para Gestão de Suiniculturas”. Programa “LIFE-Ambiente”. Relatório Técnico Final. Montemor-o-Novo. Acedido a 26 de junho de 2013 em <http://www.cm-montemornovo.pt/wwwPIGS/pressen.htm>

CMO (Câmara Municipal de Oeiras), (1993). “Compostagem no Quintal da Sua Moradia – Informações Práticas”. Brochura Informativa. Município de Oeiras. Oeiras. Acedido a 26 de junho de 2013 em <http://www.cm-oeiras.pt/amunicipal/Ambiente/Residuos/Paginas/>

CMS (Câmara Municipal do Seixal). (2003). “Projeto de compostagem no Seixal”. Edição Câmara Municipal do Seixal. Acedido em 26 de Junho, 2012 em <http://www.cm-seixal.pt/compostagem/processo/passos.html>

Cunha, Q. (2006). “Processos bioenergéticos de tratamento do Curso de Licenciatura em Engenharia do Ambiente”. Associação de Estudantes do Instituto Superior de Agronomia. Lisboa

Daskalopoulos, E., Badr, O. & Probert, S. (1997). “Economic and Environmental Evaluations of Waste Treatment and Disposal Technologies for Municipal Solid Waste”. Applied Energy. Reino Unido. Vol. 58. pp. 209-255

Day, M., Krzymien, M., Shawl, K., Zarembal, L. Wilson, W., Botden, C. & Thomas B. (1998). “An Investigation of the Chemical and Physical Changes Occuring During Commercial Compostin”. Compost Science & Utilization. Acedido a 27 de Julho de 2013 em <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1065657X.1998.10701920#.Ux3RIc7WXCM>

Donahue, R. & Miller, R. (1983). “An introduction to soils and plant growth”. Prentice-Hall Inc. EUA

Eaton, A., Clesceri, L., Rice, E. & Greenberg, A. (2005). “Standard methods for the examination of water & wastewater”. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. EUA

Ferreira, F. (2004). “Determinação de nitrogênio total em amostras de rocha petrolífera pelo método kjeldahl/indofenol”. Jornada de Iniciação Científica. Brasil. Acedido a 26 de Julho de 2013 em http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_I_jpci_2007/Fernanda_Nunes_Ferreira.pdf

Finstein, M., Miller, F., MaCGregor, S. & Psarianos, K. (1985). "Principles of composting leading to maximization of the decomposition rate, odour control, and cost effectiveness". Composting of agricultural and other wastes. Elsevier Applied Science. Vol. 33. pp. 89-94

Galvani, F. & Gaertner, E. (2006). "Adequação da metodologia Kjeldahl para a determinação do nitrogênio total e proteína bruta". Embrapa. Brasil. Vol. 63. pp.1-9

Godley, A., Evans, A., Alker, T. & Davis, R. (2002). "Research Analysis of the Market Potencial for Lower Grade Composted Materials in the UK". The Waste and Resources Action Programme (WRAP). The Old Academy. Reino Unido

Gonçalves, M. & Batista, M. (2001). "Proposta de Norma Portuguesa Regulamentação sobre a Qualidade do composto para utilização na Agricultura". Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva. Lisboa

Hay, J. (1984). "Desinfection of sewage sludge by windrow composting. In " Desinfection of waste water effluents and sludges conference". University of Miami. EUA. Acedido a 26 de Julho de 2013 em <http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290733-9372%281990%29116%3A4%28746%29>

Haug, R. (1993). "The Practical Handbook of Compost Engineering". Lewis Publishers. EUA

Herbert, F. (1993). " Recycling Handbook". McGraw-Hill International Editions. EUA

Hoorweg, D., Thomas, L. & Otten, L. (2000). "Composting and its Applicability in Developing Countries. Urban Waste Manegement". Urban Development Division. EUA

Instituto dos Resíduos (INR). (2003). "Estratégia Nacional para a Redução de Resíduos Urbanos Biodegradáveis Destinados a Aterros". Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente – Secretaria de Estado do Ambiente

Jann, G., Howard, D. & Salle, A. (1959). "Method for the determination of completion of composting". Applied Microbiology. University of California. EUA. Vol. 7. pp. 271-275

Jiménez, E. & Garcia, V. (1989). “Evaluation of city refuse compost maturity: A review”. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Canarias. Espanha. Vol. 27. pp. 115-142

LCA La Rochelle. (2009). “Relatório de análises a composto orgânico”. Acedido a 10 de Janeiro de 2014 em <http://www.cc-villeneuve.fr/environnement/telechargement/analyse-compost.pdf>

Levi-Minzi, R., Saviozzi, A. & Riffaldi, R. (1992). “Evaluation garbage compost”. BioCycle: Journal of Composting & Organics Recycling. Itália. Vol. 33. pp. 7-75

Lipor, (2013). Acedido a 1 de Outubro de 2013 em <http://www.lipor.pt/pt/residuos-urbanos/valorizacao-organica/circuito-recolha-organicos/>

Martinho, M. & Gonçalves, M. (2000). “Gestão de resíduos”. Universidade Aberta. Lisboa

Mathai, P. & Turovskiy, Z. (2006). “Wastewater sludge processing”. John Wiley & Sons Inc. EUA

Metcaf & Eddy (2003). “Wastewater engineering – treatment and reuse”. Mc Graw Hill Higher Education. EUA

MADRP (Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Regional e Pescas). (1997). “Código de boas práticas agrícolas”. Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Regional e Pescas Lisboa. Acedido a 20 de Julho de 2013 em em <http://www.drapn.min-agricultura.pt/drapn/conteudos/zv/BPA/CodigoBPA.pdf>

MAOTDR (Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional). (2007). “PERSU II 2007-2016”. Ministério do Ambiente, Ordenamento do território e Desenvolvimento Regional). Lisboa. pp. 1-196. Acedido a 20 de Julho de 2013 em <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=933>

Oliveira, R. (2000). “Tratamento de resíduos sólidos”. Universidade do Minho. Braga

Otto, P. (2002). “Guia Prático: Porquê e Como Compostar? A Compostagem, Nada Mais Natural”. Folheto Informativo. NF Environment. França

Pereira, N. (1987). “A Low Cost Technology Approach on the Treatment of Municipal Refuse and Sewage Sludge Using Aerated Static Pile Composting”. Tese de Doutoramento. Universidade de Leeds. Reino Unido

Russo, M. (2003). “Tratamento de Resíduos Sólidos”. Departamento de Engenharia Civil. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade de Coimbra. Coimbra

Santos, Q. (1996). “Fertilização – Fundamentos da Utilização dos Adubos e Correctivos”. Publicações Europa-América. Mem Martins

Sousa, R. (2009). “Curso prático de compostagem”. Ambiência. Caiscais

Stanley, A. & Turner, G. (2010). “Composting”. Australian Science Teachers Association. Austrália

Stoffella, P. & Brian A. (2004) “Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola”. Edicions Mundi-Prensa. Espanha

Valorlis. (2009). “Guia de compostagem doméstica”. Valorlis. Leiria





Zucconi, F. & Bertoldi, M. (1987). “Compost Specifications for the Production and Characterization of Compost from Municipal Solid Waste”. In: Compost: Production, Quality and Use. Elsevier Applied Science. Reino Unido

Anexos

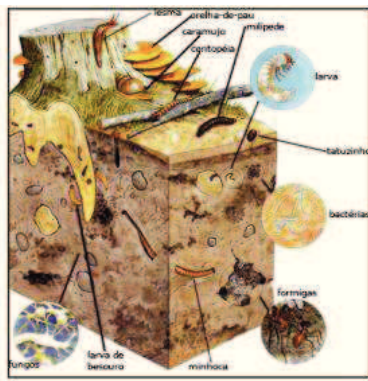
Anexo I

Verdes (ricos em azoto, geralmente húmidos)	
Materiais	Exemplo
Folhas verdes	
Ervas daninhas sem sementes	
Restos de vegetais e frutas	
Borras de café incluindo os filtros	
Cascas de ovos (esmagadas)	
Flores	
Folhas e saquetas de chá	
Aparas de relva fresca	

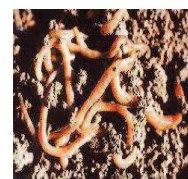
Castanhos (ricos em carbono, geralmente secos)

Materiais	Exemplo
Folhas secas	
Restos de relva cortada seca	
Palha e feno	
Resíduos de cortes e podas	
Aparas de madeira e serradura	
Aguilhas de pinheiro	
Casca de batata	

Resíduos após 3/4 meses de compostagem



- Após cerca de 3 meses de compostagem os resíduos ainda não estão completamente degradados;
- Existem vários microrganismos e organismos a decompô-los;
- Existem ainda pedaços de resíduos que demoram mais tempo a degradar-se;
- Pode verificar-se a emissão de odores (o composto é praticamente inodoro);
- Após 2 meses pode verificar-se a existência (ou início da produção) de composto.



Podem dar origem a maus odores, atrair animais indesejados – ratos, moscas, ou atrasar o processo

Materiais	Exemplo			
Restos de carne, peixe e marisco				
Produtos lácteos				
Cinzas				
Beatas de cigarro				
Citros				
Medicamentos				
Resíduos de plantas tratadas com pesticidas				
Excrementos de animais domésticos				
Resíduos não biodegradáveis				

Composto



- Promove a destruição dos agentes patogênicos que se encontram no solo e nas sementes de plantas infestantes;



- É considerado como um fertilizante natural de alta qualidade;

- Potencia a melhoria da qualidade dos vegetais;



- Melhora a atividade microbiana do solo;

- Diminui a quantidade de água necessária;



- Aumenta a resistência das plantas às pragas e doenças.

Panfleto entregue no dia aberto

O que é a compostagem doméstica?

Processo natural de reciclagem de matéria orgânica (restos de fruta e legumes, resíduos do jardim,...), que através de uma transformação biológica produz um fertilizante natural, a que se chama composto.

O composto melhora as características do solo, permite diminuir a quantidade de fertilizantes químicos e diminui a quantidade de água necessária para a rega.



Como fazer compostagem doméstica?

Utilizar um recipiente ou compostor.
Armazenar os restos da cozinha, folhas, relva do jardim, resíduos de cortes e podas e colocar no recipiente ou compostor.



Passados 3 a 6 meses, está pronto o composto que pode depois ser utilizado nos canteiros das flores, horta, jardim e restantes espaços verdes



Quem pode fazer compostagem?

Basta ter um pequeno espaço exterior em contacto com o solo.



Bora fazer compostagem, é fácil e o ambiente agradece!!!!!!

O que podemos pôr no compostor?

Gastanhos ou secos (folhas secas, relva seca, cascas de batata, resíduos de cortes e podas, feno, palha,...)



Verdes ou húmidos (restos da cozinha, cascas de fruta e de legumes, cascas de ovo, borras de café, flores,...)



Contactos:

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria
Campus 2
Morro do Lena—Alto do Vieiro

Telefone: 244 820 300
Fax: 244 820 310
E-mail: estg@estg.ipleiria.pt

Compostagem doméstica



Sistema da matéria orgânica

Resíduos orgânicos → Compostagem → Fertilizante orgânico → Agricultura sustentável

Testa os teus conhecimentos acerca da compostagem doméstica



Forma grupos de 5 (ou 3) e com a ajuda dos teus colegas preenche este questionário.

PARTE I

Das seguintes questões, assinala com um círculo a letra que está correta (apenas 1 opção).

1 – O que é a compostagem doméstica?

- A – Reutilização do papel usado;
- B – Processo natural de reciclagem de matéria orgânica;
- C – Reciclagem do vidro.

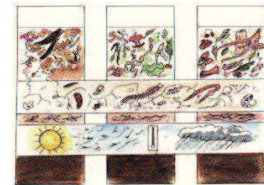


2 – Porque devemos fazer compostagem?

- A – Para passar o tempo livre;
- B – Reduzimos os resíduos orgânicos que vão para aterro;
- C - Para ganhar um bónus de carregamento no telemóvel.

3 – A decomposição da matéria orgânica, no processo de compostagem é realizada por?

- A – Ratos;
- B – Leveduras, bactérias e fungos;
- C – Aranhas.



4 – No compostor, os resíduos são transformados em...

- A – Adubo químico;
- B – Energia;
- C – Corretivo agrícola natural.



5 – Quais os elementos, dos abaixo apresentados, podem ser compostados?

- A – Revistas;
- B – Sacos de plástico;
- C – Restos de vegetais, cascas de ovos, folhas.



6 – O composto...

- A – Reduz o aparecimento de pragas e doenças;
- B – Reduz a fertilidade do solo;
- C – Dá um sabor esquisito à comida.

7 – Indica a opção correcta. Na compostagem não devemos:

- A – Fazer uma boa mistura de resíduos;
- B – Vedar o compostor;
- C – Assegurar alguma humidade.

Parte II

Relativamente à compostagem doméstica, indica as 3 opções mais correctas.

- A – Os resíduos colocados no compostor devem ser remexidos com alguma regularidade;
- B – Deve ser colocada água ocasionalmente;
- C – Devemos colocar peixe, carne e marisco no compostor para atrair ratos;
- D – Devemos colocar poucos resíduos no compostor e deitar os restantes no lixo comum;
- E – Devemos colocar só verdes no compostor;
- F – Devemos colocar só castanhos;
- G – Os resíduos devem para ir para o compostor com o maior tamanho possível;
- H - Devemos colocar resíduos verdes e castanhos.



Obrigada pela colaboração



Anexo II

**Projeto mestrado : Monitorização e
Sensibilização de Compostagem Doméstica**



Realizado por:
Carolina Duarte
MEENA
Aluna n.º 2101426

Síntese

- ❖ Objetivos;
- ❖ Tratamentos biológicos;
- ❖ Porque se deve fazer compostagem;
- ❖ Compostagem:
 - Tipos de resíduos a compostar, a evitar e a colocar em pouca quantidade;
 - Como se faz compostagem doméstica;
 - Fatores condicionantes do processo e cuidados a ter;
 - Composto;
 - Caso estudo;
- ❖ Conclusões.

2

Objetivos

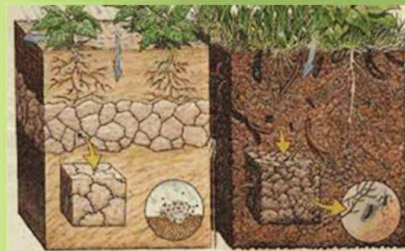
- ❖ Caracterização do processo de compostagem, mais especificamente a compostagem doméstica, como se processa, resíduos que podem ser compostados, quais os que não podem, formas de controlar o processo e “dicas” para que o processo seja o mais rápido possível;
- ❖ Sensibilização para a prática da compostagem doméstica.

3

Porque se deve fazer compostagem

Constituição do solo:

- ❖ Matéria mineral sólida (argila, areia, rocha);
- ❖ Matéria orgânica (fundamental para fertilizar o solo).



7

Porque se deve fazer compostagem

- ❖ O composto melhora a estrutura do solo e atua como fertilizante natural;
- ❖ Retém a água;
- ❖ Tem fungos, bactérias e outros organismos que são benéficos e ajudam a eliminar os que causam doenças;
- ❖ Desvia a quantidade de resíduos que vai para aterro;
- ❖ Reciclagem de resíduos orgânicos.



8

Tipos de Compostagem

A compostagem subdivide-se em duas categorias:

Compostagem industrial e doméstica

Compostagem industrial: Realizada em grandes instalações centralizadas com capacidade para uma grande quantidade de material, permite a valorização orgânica dos resíduos sólidos urbanos (RSU).



9

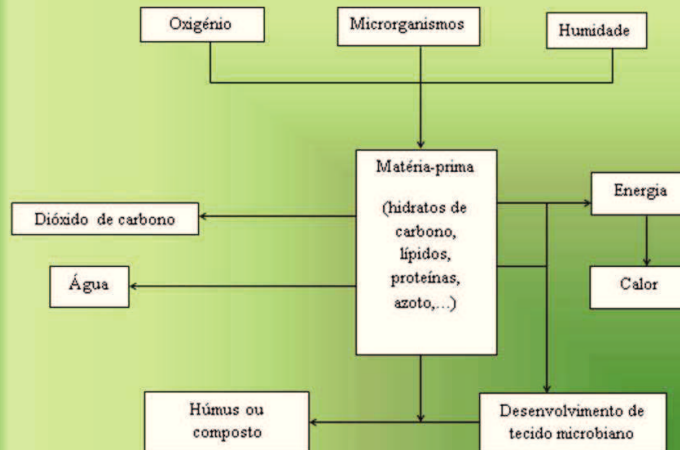
Compostagem

Compostagem doméstica: Processo de reciclagem de matéria orgânica (cozinha, horta, jardim), realizado através de organismos que transformam os resíduos biodegradáveis num fertilizante rico em nutrientes.



10

Compostagem



Tipos de resíduos a compostar

Castanhos (ricos em carbono, geralmente secos)			
Materiais	Exemplos	Materiais	Exemplos
Folhas secas		Aparas de madeira e serradura	
Restos de relva cortada seca		Agulhas de pinheiros	
Palha e feno		Cascas de batata	
Resíduos de cortes e podas			

12

Tipos de resíduos a compostar

Verdes (ricos em azoto, geralmente húmidos)

Materiais	Exemplo	Materiais	Exemplo
Folhas verdes		Cascas de ovos (esmagadas)	
Ervas daninhas sem sementes		Flores	
Restos de vegetais e frutas		Folhas e saquetas de chá	
Borras de café incluindo os filtros		Aparas de relva fresca	

Resíduos a colocar em pouca quantidade

❖ Restos de pão;



❖ Restos de comida cozinhada sem gordura (massa, arroz, saladas,...) e tapar com terra.



14

Tipos de resíduos a evitar

Podem dar origem a maus odores, atrair animais indesejados – ratos, moscas, ou atrasar o processo

Materiais	Exemplo	Materiais	Exemplo
Restos de carne, peixe e marisco		Medicamentos	
Produtos lácteos		Resíduos de plantas tratadas com pesticidas	
Cinza		Excrementos de animais domésticos	
Beatas de cigarro		Resíduos não biodegradáveis	
Citrinos			

15

Como se faz compostagem doméstica?

Escolher o local:

❖ Sol e sombra;



❖ Fundo em contacto com a terra.



16

Como se faz compostagem doméstica?

Montagem do compostor

Tampa com abertura para a entrada de ar



Abertura por onde se retira o composto.

Base com aberturas para a entrada de microrganismos existentes no solo e facilitar o arejamento

17

Como se faz compostagem doméstica?

- ❖ Cortar os resíduos castanhos e verdes em bocados pequenos;
- ❖ No fundo do compostor, colocar aleatoriamente ramos grossos (promovendo o arejamento e impedindo a compactação);
- ❖ Colocar uma mão cheia de composto (contem microrganismos para o início do processo, mas em demasia diminui o espaço e facilita a compactação).



18

Como se faz compostagem doméstica?

- ❖ Juntar os resíduos verdes e castanhos;
- ❖ Misturar o conteúdo sempre que colocar resíduos ou, pelo menos, uma vez por semana;
- ❖ Ir colocando resíduos conforme os tenha disponíveis (o volume diminui passado uns dias);



Como se faz compostagem doméstica?

- ❖ Regar de forma a manter um teor de humidade adequado – “teste da esponja”.



Espremer um pouco do material do interior:

→ Se pingar está demasiado húmida – juntar castanhos e revirar;

→ Se a mão continuar seca, está com falta de água – juntar verdes, regar e revirar os materiais.

Como se faz compostagem doméstica?

- ❖ A última camada a adicionar deve ser sempre castanhos para diminuir os problemas de odores e a proliferação de insetos e outros animais indesejáveis.
- Na altura do outono armazene folhas secas para ter sempre disponíveis os castanhos.



Fatores condicionantes do processo

Arejamento: Evita valores excessivos de calor e permite aumentar a velocidade de oxidação da matéria orgânica, diminuindo os odores e permitindo a remoção dos gases da decomposição e permite também a mistura dos materiais da periferia com os das zonas centrais.



22

Fatores condicionantes do processo

Humidade: É fundamental para os microrganismos decompositores, resultando igualmente da atividade destes aquando da transformação de resíduos biodegradáveis. O excesso ou falta de humidade no meio condicionam negativamente a atividade destes seres vivos. Uma forma simples de controlar é através do “teste da esponja”.



23

Fatores condicionantes do processo

Temperatura: A atividade dos microrganismos provoca variações de temperatura. Valores elevados são essenciais para maximizar a eficácia da decomposição e higienização dos materiais.

Na falta de termómetro, espetar um tubo de ferro e esperar uns minutos, ao retirar colocar a mão, se a barra estiver quente, mas não queimar, está à temperatura certa.



24

Fatores condicionantes do processo

Tamanho dos materiais: O material deve ser colocado em pequenos pedaços de forma a maximizar a superfície de contato com os microrganismos. Por outro lado partículas demasiado pequenas favorecem a compactação e consequentemente limitam a circulação de água e oxigénio. Materiais estruturantes (ramos) ajudam a garantir o espaçamento adequado.



25

Fatores condicionantes do processo

Relação C:N: O carbono e o azoto (dois dos macronutrientes mais importantes), afetam o desenvolvimento do processo.

O carbono tem três funções fisiológicas principais: é constituinte do material celular, funciona como eletrão dador e como recetor.



O azoto é o constituinte de proteínas, funciona como eletrão dador e, na forma de nitritos e nitratos, atua como eletrão recetor.



26

Cuidados a ter

Problema	Causa provável	Solução
Temperatura demasiado elevada	Muitos materiais	Diminuir a quantidade
	Arejamento insuficiente	Revirar os materiais
Processo lento	Demasiados castanhos	Adicionar verdes, água e revirar os materiais
	Materiais muito grandes	Cortar os materiais em tamanhos mais pequenos e revirar

Cuidados a ter

Problema	Causa provável	Solução
Temperatura baixa	Poucos materiais	Aumentar a quantidade, adicionando mais verdes e castanhos
	Humidade insuficiente	Adicionar água
	Arejamento insuficiente	Revirar os materiais
	Falta de verdes	Adicionar verdes
Cheiro intenso	Demasiados verdes	Adicionar castanhos e revirar

28

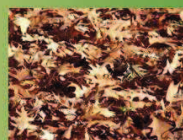
Cuidados a ter

Problema	Causa provável	Solução
Cheiro a podre	Humidade excessiva e/ou compactação	Adicionar castanhos e revirar os materiais
		Adicionar castanhos que aumentam a porosidade (pequenos ramos)
Pragas	Restos de carne, peixe, laticínios ou gordura	Retirar estes materiais e cobrir com terra, folhas ou serradura

29

Cuidados a ter

Problema	Causa provável	Solução
Formigas	Falta de água	Adicionar água e revirar
Produto final demasiado compacto e húmido	Arejamento insuficiente	Colocar mais castanhos e revirar regularmente



30

Composto

Ao fim de alguns meses, os resíduos orgânicos dentro do compostor transformam-se em composto – material orgânico estável, com aspeto de terra, escuro, sem odor e com excelentes qualidades fertilizantes.

O tempo que demora a produzir o composto depende do acompanhamento que se realiza ao processo (rega, arejamento, tamanho dos materiais,...)



31

Composto

Exemplos de aplicação do composto:

- ❖ Vasos e sementeiras: Utilizar uma parte de composto para duas de terra;
- ❖ Hortas e jardins: Pode servir como cobertura ou incorporado no solo (dependendo das exigências das plantas e época do ano).



32

Composto

Aspeto dos materiais passados quatro meses e alguns organismos que ajudam a biodegradação dos materiais



33

Caso estudo

O principal objetivo deste projeto foi a monitorização do processo de compostagem doméstica através:

- ❖ Utilização de três compostores com diferentes razões de secos: verdes;
- ❖ Análise laboratorial e *in situ* de parâmetros físico-químicos considerados relevantes para o processo de compostagem.



Caso estudo



35

Caso estudo



36

Caso estudo

Parâmetros analisados: Os parâmetros foram medidos mensalmente até se obter o produto final – composto.

- ❖ Humidade;
- ❖ Inertes;
- ❖ Granulometria;
- ❖ Temperatura;
- ❖ pH;
- ❖ Azoto;
- ❖ Fósforo;
- ❖ Oxigénio (teste do cheiro);
- ❖ Matéria orgânica total.

37

Caso estudo

Parâmetro	Método utilizado
Humidade	O teor de água foi determinado com base na matéria seca por secagem das amostras de acordo com a norma ISO 11465:2003.
Inertes	Resultam da diferença de pesos da amostra antes e depois de incinerada na mufla.
Granulometria	Foi determinada a granulometria a seco, com peneiros, cuja malha máxima é de 2 mm.
Temperatura	A temperatura foi medida mensalmente com um termómetro de mercúrio.

38

Caso estudo

Parâmetro	Método utilizado
pH	Para a medição do pH juntou-se água destilada à amostra e depois o pH foi medido diretamente.
Azoto	Foi utilizado o método de Kjeldahl, que se baseia na ação do ácido sulfúrico concentrado, na presença de um catalisador para fazer a digestão. De seguida é feita uma destilação e por fim uma titulação com ácido clorídrico.

39

Caso estudo

Parâmetro	Método utilizado
Fósforo	O fósforo foi determinado segundo o método do ácido ascórbico, pois é o mais utilizado e recomendado dado a estrutura da amostra.
Oxigénio	O teste do cheiro foi feito mensalmente, aquando da recolha da amostra.
Matéria orgânica total	Método gravimétrico, usando a mufla a 550°C, até à obtenção de peso constante.

40

Caso estudo

Resultados da humidade (amostra 1 e 2 (razão verdes: castanhos 2:1) e 3 e 4 (razão verdes: castanhos 1:1)).

Amostra	Março	Abril	Maio
1	73,5 %	62,4 %	54,2 %
2	74,4 %	61,7 %	54,1 %
3	39,6 %	58,9 %	32,6 %
4	46,4 %	60,3 %	30,6 %

41

Caso estudo

Resultados dos inertes (amostra 1 e 2 (razão verdes: castanhos 2:1) e 3 e 4 (razão verdes: castanhos 1:1)).

Amostra	Março	Abril	Maio
1	21,6 %	22,7 %	32,6 %
2	20,3 %	28,1 %	31,9 %
3	52,2 %	32,1 %	20,4 %
4	46,1 %	20,6 %	21,7 %

42

Caso de estudo

Resultados da temperatura (compostor 1 (razão verdes: castanhos 2:1) e 2 (razão verdes: castanhos 1:1)).

Compostor	Março	Abril	Maio
1	18° C	22° C	26° C
2	18° C	22° C	26° C



43

Caso de estudo

Resultados do pH (amostra 1 e 2 (razão verdes: castanhos 2:1) e 3 e 4 (razão verdes: castanhos 1:1)).

Amostra	Março	Abril	Maio
1	9,34	7,59	8,32
2	9,15	7,48	8,06
3	6,71	9,04	6,94
4	6,81	8,74	6,87

44

Caso de estudo

Resultados do teste do cheiro (compostor 1 (razão verdes: castanhos 2:1) e 2 (razão verdes: castanhos 1:1)).

Compostor	Março	Abril	Maio
1	0	2	4
2	0	0	2

O 0 corresponde a “ausência de cheiro” e 5 a “detecção de cheiro significativo”.

45

Caso de estudo

Resultados da matéria orgânica total (amostra 1 e 2 (razão verdes: castanhos 2:1) e 3 e 4 (razão verdes: castanhos 1:1)).

Amostra	Março	Abril	Maió
1	81,6 %	60,4 %	71,2 %
2	79,2 %	73,4 %	65,7 %
3	86,3 %	77,8 %	30,3 %
4	86,0 %	51,6 %	31,3 %

Conclusões

De seguida são enumerados os aspetos mais relevantes adquiridos no processo de compostagem doméstica:

- ❖ Inicialmente havia o receio dos maus cheiros e da atração de animais indesejáveis e tal não aconteceu;
- ❖ Dificuldade a fazer e muitos fatores a controlar e revelou-se ser um processo fácil;
- ❖ Aprendizagem de controlo de mosquitos;
- ❖ Melhor gestão da quantidade de verdes e secos a armazenamento de secos.

Conclusões

De seguida são enumerados os aspetos mais relevantes adquiridos no processo de compostagem doméstica:

- ❖ Aprendizagem dos problemas que podem existir e como os controlar/eliminar;
- ❖ Capacidade de reconhecer quando o composto está pronto a ser utilizado;
- ❖ É fácil fazer e são muitas as vantagens deste processo.



Conclusões

❖ Após esta sessão, quem não faz compostagem e pode, vai começar a fazer?

ou

❖ Para quem já faz, qual a importância desta sessão?

Há mais questões que queiram esclarecer???

Obrigada pela atenção e fazer compostagem é fácil,
ajudamos o ambiente e comemos produtos de maior
qualidade.



Inquérito feito na aula a MEENA

1 – Faz compostagem doméstica? Se sim passe a pergunta seguinte, se não passe directamente para a pergunta n.º 10.

Sim Não

2 – Há quanto tempo?

3- Já tirou composto? Se sim quantas vezes?

4 – O composto estava com aspecto de terra e sem cheiros?

5 – Notou diferenças na horta e/ou jardim?

6 – Quais foram as maiores dificuldades encontradas ao fazer compostagem doméstica (arranjar resíduos, ter a quantidade secos:verdes correta, arejamento, rega,...)?

7 – Tem maus cheiros no compostor?

8 – Foram atraídos para o compostor animais indesejados?

9 – Que utilização da ao composto?

10 – Porque não faz compostagem?

Anexo III

Tabela 8 - Pesagens dos resíduos colocados no compostor.

Datas	Compostor rico em verdes		Compostor muito rico em verdes	
	Verdes (g)	Castanhos (g)	Verdes (g)	Castanhos (g)
3 fevereiro	1 000	400	1 610	415
8 fevereiro	--	240	--	910
10 fevereiro	700	--	1 300	--
16 fevereiro	840	1 650	2 180	1 980
22 fevereiro	430	1 090	2 570	540
28 fevereiro	300	--	1 110	--
Total	3 270	3 380	8 770	3 845
2 março	400	110	920	260
7 março	--	660	--	600
9 março	700	--	1 880	--
16 março	530	410	900	240
23 março	1 010	590	1 960	460
27 março	--	--	1 580	--
Total	2 640	1 770	7 240	1 560
5 abril	2 140	500	2 700	840
13 abril	870	460	2 220	260
20 abril	240	--	1 850	--
27 abril	820	810	1 940	610
Total	4 070	1 770	8 710	1 710
4 maio	1 320	300	3 370	320
6 maio	--	--	--	1 600
11 maio	800	420	1 380	180
16 maio	980	--	1 700	--
25 maio	280	--	2 960	200
Total	3 380	720	9 410	2 300
8 junho	970	--	1 580	460
Totais	14 330	7 640	35 710	9 875

Anexo IV

Protocolos laboratoriais

Humidade

Objetivo

Determinação do teor de água presente na amostra de resíduos.

Material/Equipamento

- Cadinhos de porcelana;
- Balança analítica;
- Estufa;
- Exsicador.

Modo operativo

- Pesagem o cadinho de porcelana;
- Pesagem do cadinho de porcelana mais amostra (20 g);
- Levar à estufa a 105 °C, durante 2 h;
- Deixar arrefecer, no exsicador, durante 30 min;
- Continuar o mesmo procedimento até obter peso constante;
- Pesar o cadinho de porcelana mais amostra.

pH

Objetivo

Determinar o pH dando a indicação da sua acidez ou alcalinidade.

Material/Equipamento

- Medidor de pH (Hanna HI 8417);
- Balança analítica;
- Gobelés;
- Água destilada.

Modo operativo

- Ligar o medidor de pH;
- Calibrar o medidor de pH com as soluções padrão de 4, 7 e 10;

- Pesar 5 g de amostra e colocar cerca de 50 ml de água destilada;
- Medir o pH da amostra à temperatura ambiente;
- Mergulhar o equipamento na solução e lavar o medidor com água destilada sempre que se mudar de amostra;
- Registrar os valores.

MOT

Objetivo

Determinar a matéria orgânica total numa amostra de resíduos.

Material/Equipamento

- Cadinhos porcelana;
- Balança;
- Mufla;
- Exsicador.

Modo operativo

Depois de seguir o procedimento relativo à humidade são seguidos os seguintes passos:

- Colocar na mufla a 550 °C durante 2 h e 30 min;
- Deixar arrefecer no exsicador durante 30 min;
- Pesar novamente a amostra com o cadinho de porcelana;
- Continuar o mesmo procedimento até obter peso constante.

Azoto

Objetivo

Determinar a percentagem total de azoto presente na amostra através de uma titulação.

Material/Equipamento

- Erlenmeyers;
- Placas de aquecimento;
- Magneto;
- Balões de destilação de fundo redondo;
- Manta de aquecimento;
- Material utilizado numa destilação;
- Bureta;



Figura 13 - Equipamento de destilação utilizado e sua configuração.

- Suporte de buretas;
- Pipetas volumétricas.

Reagentes

- Ácido sulfúrico concentrado;
- Catalisador de Kjeldahl (93,75 % K_2SO_4 e 6,25 % $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$);
- Ácido sulfúrico concentrado;
- Hidróxido de sódio (NaOH) 500 g/l;
- Ácido clorídrico (HCl) 0,1 mol/l;
- Ácido clorídrico (HCl) 0,01 mol/l;
- Tetraborato de sódio ($Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O$);
- Solução indicadora de ácido bórico (H_3BO_3) (cor roxa).

Preparação dos reagentes

- NaOH (Dissolver 250 g de NaOH em 900 ml de água, levar à placa giratória com um magneto até dissolver. Colocar num balão volumétrico de 1000 ml e perfazer com água destilada);
- Solução indicadora de ácido bórico (Dissolver 20 g de ácido bórico em água quente, deixar arrefecer e adicionar 10 ml de vermelho de metilo e 2 ml de azul de metileno e perfazer com água destilada num balão volumétrico de 1000 ml);
- Padronização do HCl (Pesar 0,3 g de tetraborato de sódio, adicionar 25 ml de água destilada e 2 gotas de vermelho de metilo, titular com HCl (0,01 mol/l) até ficar rosa).

Modo operativo

Digestão

- Adicionar a cada amostra (2 g) e ao branco 8 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) + 8 g (2 pastilhas) de catalisador;
- Colocar a digerir nas placas de aquecimento, durante cerca de 1 h e 30 min.

Destilação

- Colocar nos balões de destilação 50 ml de NaOH e tapar rapidamente;
- Colocar num erlenmeyer 50 ml da solução indicadora de ácido bórico;
- Colocar na manta de aquecimento e deixar destilar até, aproximadamente, 250 ml.

Titulação

Titular o destilado com HCl 0,1 mol/l até que o indicador mude de verde para rosa/lilás.

Fósforo

Objetivo

Determinação de fósforo numa amostra de resíduos por absorção atômica, usando os métodos de curva de calibração e da adição de padrão.

Material/equipamento

- Espectrofotómetro UV-Visível (Varian Cary 50), para um comprimento de onda de 880 nm;
- Bomba de filtração;
- Placas de aquecimento;
- Pipetas volumétricas;
- Balões volumétricos;
- Erlenmeyers;
- Kitasato;
- Funil de Buchner;
- Filtros;
- Gobelés.

Reagentes

- Ácido sulfúrico concentrado e 5 N;
- Tartarato de potássio e antimónio ($K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 1/2 H_2O$);
- Molibdato de amónio ($(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$);
- Ácido ascórbico;
- Dihidrogenofosfato de potássio (50 mg/l).

Preparação dos reagentes

- Tartarato de potássio e antimónio (Pesar 1,3715 g, dissolver em 400 ml de água destilada numa placa giratória até dissolver. Colocar num balão volumétrico de 500 ml e perfazer com água destilada);
- Molibdato de amónio (Pesar 20 g, dissolver em 400 ml de água destilada numa placa giratória até dissolver. Colocar num balão volumétrico de 500 ml e perfazer com água destilada);
- Ácido ascórbico (Pesar 1,76 g, dissolver em 90 ml de água destilada numa placa giratória até dissolver. Colocar num balão volumétrico de 100 ml e perfazer com água destilada);

- Solução mãe de dihidrogenofosfato de potássio (Dissolver 0,05499 g de dihidrogenofosfato de potássio em 200 ml de água e perfazer até 250 ml num balão volumétrico);
- Solução padrão de dihidrogenofosfato de potássio (Pipetar 10 ml da solução mãe e perfazer com água destilada até 100 ml num balão volumétrico);
- Reagente combinado (50 ml de ácido sulfúrico (5 M) + 5 ml de tartarato de potássio + 15 ml de molibdato de amônio + 30 ml de ácido ascórbico (adicionar por esta ordem e só está pronto a utilizar durante 4 horas.

Procedimento

Digestão

- Colocar em erlenmeyers de 100 ml 1 g de amostra (fazer duplicado) + 1 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado + 5 ml de ácido nítrico (HNO_3) + 50 ml de água destilada;
- Preparar o branco, num erlenmeyers de 100 ml colocar 1 ml de ácido sulfúrico + 5 ml de ácido nítrico + 50 ml de água destilada;
- Colocar todas as soluções numa placa de aquecimento até o volume reduzir.

Filtração

- Com a bomba de filtração, filtrar as amostras (no kitasato), colocar um filtro no funil de buchner e filtrar para erlenmeyers.

Preparação dos padrões

- Medir com uma pipeta volumétrica 2 ml da solução padrão (5 mg/l) para um balão volumétrico de 50 ml e perfazer com água destilada (para ajudar a perfazer, usar pipeta de pasteur);
- Medir com uma pipeta volumétrica 4 ml da solução padrão (5 mg/l) para um balão volumétrico de 50 ml e perfazer com água destilada (para ajudar a perfazer, usar pipeta de pasteur);
- Medir com uma pipeta volumétrica 6 ml da solução padrão (5 mg/l) para um balão volumétrico de 50 ml e perfazer com água destilada (para ajudar a perfazer, usar pipeta de pasteur);
- Medir com uma pipeta volumétrica 8 ml da solução padrão (5 mg/l) para um balão volumétrico de 50 ml e perfazer com água destilada (para ajudar a perfazer, usar pipeta de pasteur);

- Medir com uma pipeta volumétrica 10 ml da solução padrão (5 mg/l) para um balão volumétrico de 50 ml e perfazer com água destilada (para ajudar a perfazer, usar pipeta de pasteur);
- Adicionar ao branco e amostras, 2 a 3 gotas de fenolftaleína, caso mude para vermelho adicionar algumas gotas de H₂SO₄ (1 M) até ficar incolor ou voltar à cor inicial;
- Se houver turvação, filtrar novamente;
- Adicionar 8 ml de reagente combinado às amostras, branco e soluções padrão e esperar 10 minutos;
- Ler no espectrofotómetro (antes de passar 30 minutos) a 880 nm.

Temperatura

Objetivo

Determinar a temperatura no interior dos compostores.

Material/Equipamento

- Termómetro de mercúrio.

Modo operativo

- Colocar o termómetro a cerca de meio da pilha e no seu centro dentro do compostor;
- Aguardar cerca de 5 min e ver a temperatura a que se encontra os resíduos.

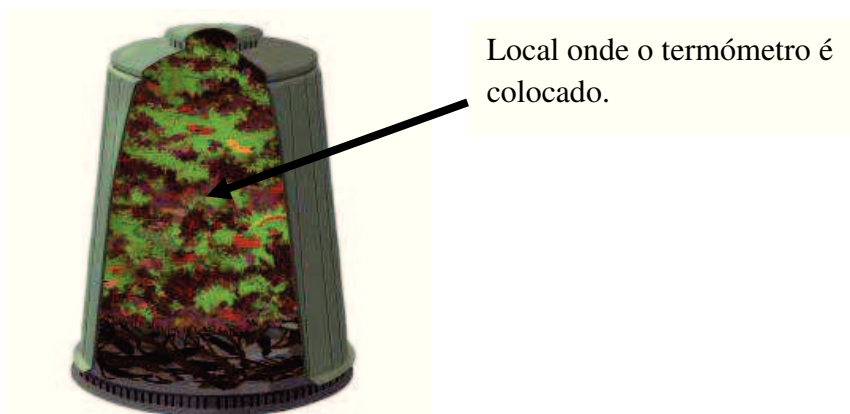


Figura 14 - Exemplo do local onde a temperatura é medida.

Determinar os cheiros provenientes da mistura de resíduos no interior dos compostores.

Modo operativo

- Abrir a tampa do compostor e aproximar;

- Cheirar e quantificar os odores provenientes dos compostores.



Local onde eram medidos os cheiros.

Figura 15 - Local representativo da medição do cheiro.

Anexo V

Resultados de humidade, MOT e inertes

Tabela 9 - Tabela resumo das pesagens e cálculos intermédios da humidade, MOT (base seca) e inertes (base seca), de março a abril.

Mês	Parâmetros							
			Ensaio humidade			Ensaio MOT		Inertes
	Amostra	m _{cad}	m _{am+cad}	m _{am seca+cad}	% humidade	m _{mufla+cad}	% MOT (base seca)	% Inertes (base seca)
Março	1	150,0450	170,0840	162,1523	39,58	151,7027	86,31	13,69
	2	79,3604	99,3882	90,0864	46,44	80,8609	86,01	13,99
	3	165,5660	185,5750	170,8725	73,48	166,5420	81,60	18,40
	4	79,7958	99,8874	84,9422	74,39	80,8665	79,20	20,80
Abril	1	45,8447	65,9967	54,1377	58,85	47,6826	77,84	22,16
	2	38,3252	58,3500	46,2751	60,30	42,1729	51,60	48,40
	3	36,4290	56,4336	43,9440	62,43	39,4053	60,40	39,60
	4	36,0243	56,0653	43,7060	61,67	38,0716	73,35	26,65
Maio	1	55,8666	75,8826	69,3555	32,61	63,2701	45,11	54,89
	2	53,6210	73,6280	67,5032	30,61	63,1619	31,27	68,73
	3	36,0236	56,1113	45,2266	54,19	38,6907	71,02	28,98
	4	37,2653	57,3373	46,4878	54,05	40,0863	69,41	30,59

Tabela 10- Tabela resumo das pesagens e cálculos intermédios da humidade, MOT (base seca) e inertes (base seca), em junho, julho e setembro (continuação).

Mês	Parâmetros							
	Amostra	Ensaio humidade				Ensaio MOT		Inertes
		m _{cad}	m _{am+cad}	m _{am seca+cad}	% humidade	m _{mufila+cad}	% MOT (base seca)	% Inertes (base seca)
Junho	1	150,0560	170,0740	163,7113	31,78	152,3668	83,07	16,93
	2	165,5770	185,6040	179,2061	31,95	168,3504	79,65	20,35
	3	79,7970	99,8477	85,8285	69,92	81,6586	69,14	30,86
	4	79,0033	99,0063	85,5194	67,42	81,0182	69,08	30,92
Julho	1	79,3652	99,3951	87,0682	61,54	81,2290	75,80	24,20
	2	79,8061	99,8851	87,6703	60,83	81,7540	75,23	24,77
	3	79,0085	99,0874	86,1530	64,42	81,8485	60,25	39,75
	4	81,3772	101,4110	87,0682	71,59	83,8966	55,73	44,27
Setembro	1	79,8137	99,8587	86,9925	64,19	83,3367	50,92	49,08
	2	79,0109	99,0449	86,0524	64,85	82,2849	53,50	46,50
	3	81,3760	101,4050	86,4558	74,64	83,2734	62,65	37,35
	4	79,3716	99,4082	84,4710	74,55	80,9740	68,58	31,42

Anexo VI

$$\% N = \frac{V_{\text{HCl corrigido}} \times f \times M (N)}{m_{\text{amostra}}} \times 100$$

f – Concentração de HCl = 0,09603 mol/l

M (N) = 14,01 g/mol

Resultados do azoto em abril

Tabela 11 - Resultados do mês de abril.

Amostra	V _{HCl gasto} (ml)	V _{HCl corrigido} (l)	m _{amostra} (g)	% N
Branco	0,1	--	--	--
1	4,1	0,040	2,0270	0,2655
1	3,8	0,037	2,0470	0,2432
2	4,2	0,041	2,0770	0,2656
2	3,9	0,038	2,0393	0,2507

Resultados do azoto em maio

Tabela 12 - Resultados do mês de maio.

Amostra	V _{HCl gasto} (ml)	V _{HCl corrigido} (l)	m _{amostra} (g)	% N
Branco	0,4	--	--	--
1	5,4	0,005	2,0068	0,3350
1	9,4	0,009	2,728	0,5842
2	7,1	0,006	2,0763	0,4341
2	8,4	0,008	2,0105	0,5353

Resultados do azoto em junho

Tabela 13 - Resultados do mês de junho.

Amostra	V_{HCl} gasto (ml)	V_{HCl} corrigido (l)	m_{amostra} (g)	% N
Branco	0,3	--	--	--
1	1,3	0,0010	2,0025	0,0672
1	1,2	0,0009	2,0317	0,0596
2	2,1	0,0018	2,0449	0,1184
2	1	0,0007	2,0000	0,0453

Resultados do azoto em julho

Tabela 14 – Resultados do mês de julho.

Amostra	V_{HCl} gasto (ml)	V_{HCl} corrigido (l)	m_{amostra} (g)	% N
Branco	0,6	--	--	--
1	1,8	0,0012	2,0130	0,0802
1	2,0	0,0014	2,0947	0,0899
2	1,6	0,0010	2,01848	0,0668
2	1,7	0,0011	2,0164	0,0734

Resultados do azoto em setembro

Tabela 15 – Resultados do mês de setembro.

Amostra	V _{HCl} gasto (ml)	V _{HCl} corrigido (l)	m _{amostra} (g)	% N
Branco	0,6	--	--	--
1	1,5	0,0009	2,0108	0,0602
1	1,7	0,0011	2,0586	0,0719
2	2,0	0,0014	2,0790	0,0906
2	1,7	0,0011	2,0275	0,0730

Resultados do azoto no composto

Tabela 16 – Resultados do composto.

Amostra	V _{HCl} gasto (ml)	V _{HCl} corrigido (l)	m _{amostra} (g)	% N
Branco	0,6	--	--	--
1	1,3	0,0007	2,0935	0,0405
2	1,4	0,0008	2,0745	0,0519

Anexo VII

Concentração inicial do fósforo = 5,00 mg/l;

Volume final = 100,00 ml;

Volume final amostra = 20,00 ml;

M (P₂O₅) = 141,94 g/mol;

M (P) = 30,97 g/mol

Resultados do fósforo do mês de abril

Tabela 17 – Absorvância do branco no mês de abril.

Branco				
Abs. branco			Média	RSD
0,1128	0,1131	0,1134	0,1131	0,27%

Tabela 18 – Absorvâncias medidas dos padrões no mês de abril.

C (P)/(mg.L ⁻¹)	Abs. medidas			Média	RSD	Abs. Corr.
0,005	0,1144	0,1145	0,1146	0,1145	0,1%	0,0014
0,015	0,1189	0,1190	0,1193	0,1191	0,2%	0,0060
0,015	0,1319	0,1318	0,1326	0,1321	0,3%	0,0190
0,050	0,1545	0,1540	0,1544	0,1543	0,2%	0,0412
0,075	0,1877	0,1899	0,1888	0,1888	0,6%	0,0757
0,100	0,2084	0,2104	0,2106	0,2098	0,6%	0,0967
0,200	0,3291	0,3294	0,3319	0,3301	0,5%	0,2170
0,300	0,4513	0,4566	0,4547	0,4542	0,6%	0,3411
0,400	0,5719	0,5760	0,5761	0,5747	0,4%	0,4616
0,500	0,6844	0,6851	0,6856	0,6850	0,1%	0,5719

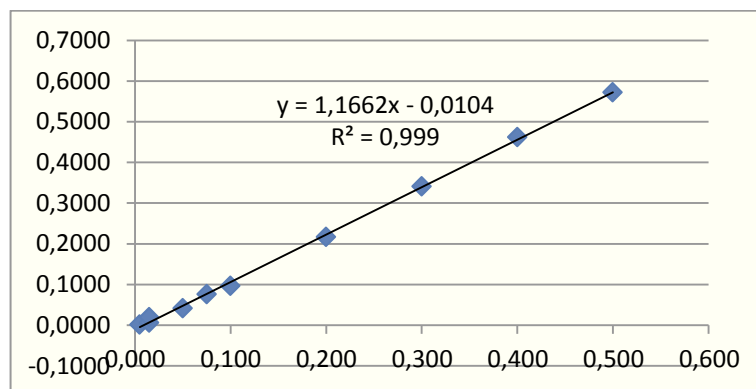


Figura 16 - Gráfico com interseção e ordenada da origem, relativo ao mês de abril.

Tabela 19 – Absorvâncias das amostras no mês de abril.

Absorvâncias			Média	RSD	Abs. Corr.	Matéria seca (g)	
1	0,1254	0,1249	0,1125	0,1209	6,04%	0,0403	1,0751
1	0,0920	0,0908	0,0921	0,0916	0,79%	0,0110	1,0535
2	0,0908	0,0919	0,0912	0,0913	0,61%	0,0107	1,0102
2	0,1069	0,1020	0,1006	0,1032	3,21%	0,0225	1,0545

Resultados do fósforo do mês de maio

Tabela 20 – Absorvância do branco, no mês de maio.

Branco				
Abs. branco			Média	RSD
0,1068	0,1093	0,1044	0,1068	2,29%

Tabela 21– Absorvâncias medidas dos padrões no mês de maio.

C (P)/(mg. l ⁻¹)	Abs. medidas			Média	RSD	Abs. Corr.
0,050	0,2126	0,2147	0,2167	0,2147	1,0%	0,1078
0,100	0,3197	0,3220	0,3274	0,3230	1,2%	0,2162
0,200	0,5416	0,5386	0,5404	0,5402	0,3%	0,4334
0,300	0,7217	0,7218	0,7183	0,7206	0,3%	0,6138
0,400	0,9626	0,9616	0,9565	0,9602	0,3%	0,8534
0,500	1,1672	1,1641	1,1659	1,1657	0,1%	1,0589

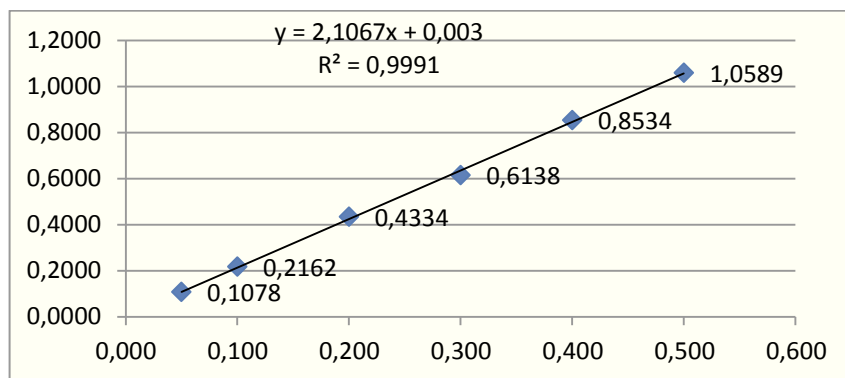


Figura 17 – Gráfico com interseção e ordenada da origem, relativo ao mês de maio.

Tabela 22 – Absorvâncias das amostras no mês de maio.

Absorvância			Média	RSD	Abs. Corr.	Matéria seca (g)	
1	0,1164	0,1207	0,1266	0,1212	4,22%	0,0983	1,0304
1	0,1251	0,1264	0,1266	0,1260	0,65%	0,1031	1,0734
2	0,1886	0,1898	0,1998	0,1927	3,19%	0,1698	1,0117
2	0,1734	0,1773	0,1754	0,1754	1,11%	0,1524	1,0543

Resultados do fósforo do mês de junho

Tabela 23 – Absorvância do branco no mês de junho.

Branco				
Abs. branco			Média	RSD
0,0980	0,1000	0,0995	0,0992	1,05%

Tabela 24 – Absorvâncias medidas dos padrões no mês de junho.

C (P)/(mg. L ⁻¹)	Abs. medidas			Média	RSD	Abs. Corr.
0,050	0,1588	0,1583	0,1712	0,1628	4,5%	0,0636
0,100	0,2902	0,2951	0,2947	0,2933	0,9%	0,1942
0,200	0,4476	0,4432	0,4478	0,4462	0,6%	0,3470
0,300	0,5912	0,5939	0,5888	0,5913	0,4%	0,4921
0,400	0,7140	0,7380	0,7560	0,7360	2,9%	0,6368
0,500	0,8589	0,8607	0,8658	0,8618	0,4%	0,7626

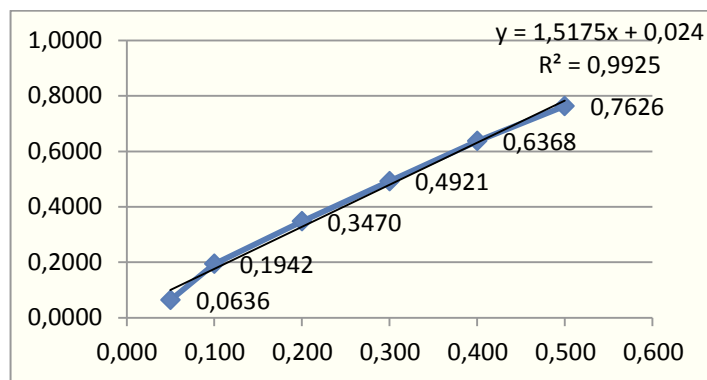


Figura 18 - Gráfico com interseção e ordenada da origem, relativo ao mês de junho.

Tabela 25 – Absorvâncias das amostras no mês de junho.

Absorvância				Média	RSD	Abs. Corr.	Matéria seca (g)
1	0,1836	0,1954	0,1959	0,1916	3,63%	0,1811	1,0199
1	0,2478	0,2583	0,2545	0,2535	2,10%	0,2430	1,0062
2	0,2479	0,2698	0,2540	0,2572	4,39%	0,2467	1,0377
2	0,2233	0,2230	0,2262	0,2242	0,79%	0,2137	1,0543

Resultados do fósforo do mês de julho

Tabela 26 – Absorvância do branco, no mês de julho.

Branco				
Abs. branco			Média	RSD
0,2022	0,2009	0,1957	0,1996	1,72%

Tabela 27 – Absorvâncias medidas dos padrões no mês de julho.

C (P)/(mg. l ⁻¹)	Abs. medidas			Média	RSD	Abs. Corr.
0,050	0,2752	0,2754	0,2799	0,2768	1,0%	0,0772
0,100	0,3948	0,3961	0,3982	0,3964	0,4%	0,1968
0,200	0,5365	0,5397	0,5388	0,5383	0,3%	0,3387
0,300	0,6778	0,6778	0,6784	0,6780	0,1%	0,4784
0,400	0,8084	0,8036	0,8043	0,8054	0,3%	0,6058
0,500	0,9277	0,9200	0,9209	0,9229	0,5%	0,7233

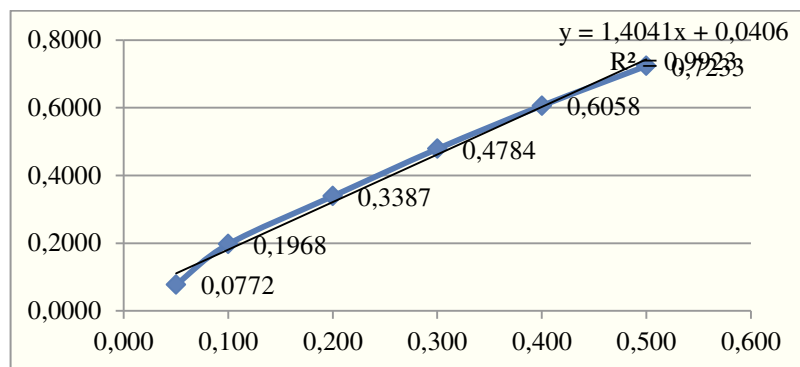


Figura 19 – Gráfico com interseção e ordenada da origem, relativo ao mês de julho.

Tabela 28 – Absorvâncias das amostras no mês de julho.

Absorvância			Média	RSD	Abs. Corr.	Matéria seca (g)	
1	0,1997	0,2096	0,2084	0,2059	2,62%	0,1887	1,0539
1	0,2066	0,2073	0,2021	0,2053	1,37%	0,1881	1,0292
2	0,2122	0,2207	0,2179	0,2169	2,00%	0,1997	1,0866
2	0,2273	0,2157	0,2147	0,2192	3,19%	0,2020	1,0685

Resultados do fósforo do mês de setembro

Tabela 29 – Absorvância do branco, no mês de setembro.

Branco				
Abs. branco			Média	RSD
0,1784	0,1796	0,184	0,1807	1,63%

Tabela 30 – Absorvâncias medidas dos padrões no mês de setembro.

C (P)/(mg. l ⁻¹)	Abs. medidas			Média	RSD	Abs. Corr.
0,100	0,1935	0,1953	0,1967	0,1952	0,8%	0,0145
0,200	0,3051	0,3087	0,3076	0,3071	0,6%	0,1265
0,400	0,4367	0,4385	0,4407	0,4386	0,5%	0,2580
0,600	0,5733	0,5752	0,5769	0,5751	0,3%	0,3945
0,800	0,6993	0,7089	0,7078	0,7053	0,7%	0,5247
1,000	0,8134	0,8143	0,8144	0,8140	0,1%	0,6334

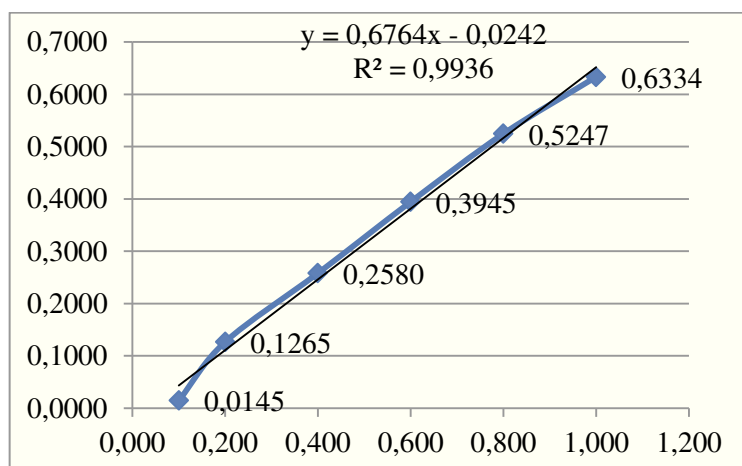


Figura 20 – Gráfico com interseção e ordenada da origem, relativo ao mês de setembro.

Tabela 31 – Absorvâncias das amostras no mês de setembro.

Absorvância				Média	RSD	Abs. Corr.	Matéria seca(g)
1	0,1868	0,1859	0,1945	0,1891	2,50%	0,1727	1,0732
1	0,1901	0,2016	0,2009	0,1975	3,26%	0,1812	1,0150
2	0,1806	0,1802	0,1809	0,1806	0,19%	0,1642	1,0006
2	0,1835	0,1879	0,1831	0,1848	1,44%	0,1685	1,0721

Resultados do fósforo no composto

Tabela 32 – Absorvância do branco, no composto.

Branco				
Abs. branco			Média	RSD
0,1784	0,1796	0,1840	0,1807	1,63%

Tabela 33 – Absorvâncias medidas dos padrões no composto.

C (P)/(mg. l ⁻¹)	Abs. medidas			Média	RSD	Abs. Corr.
0,100	0,1935	0,1953	0,1967	0,1952	0,8%	0,1788
0,200	0,3051	0,3087	0,3076	0,3071	0,6%	0,2908
0,400	0,4367	0,4385	0,4407	0,4386	0,5%	0,4223
0,600	0,5733	0,5752	0,5769	0,5751	0,3%	0,5588
0,800	0,6993	0,7089	0,7078	0,7053	0,7%	0,6890
1,000	0,8134	0,8143	0,8144	0,8140	0,1%	0,7977

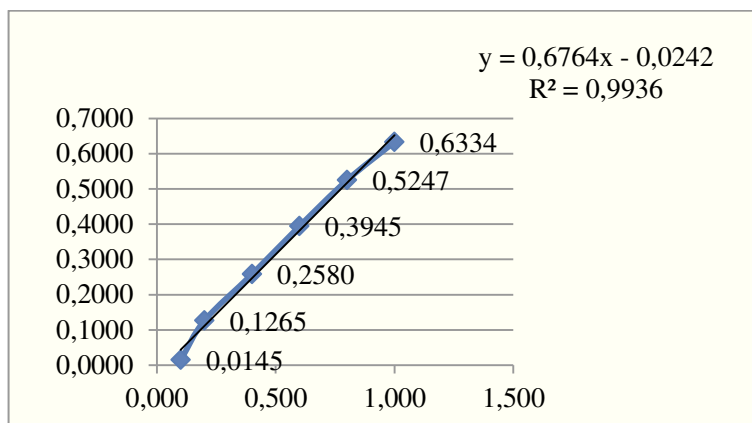


Figura 21– Gráfico com interseção e ordenada da origem, relativo ao composto.

Tabela 34 – Absorvâncias das amostras no composto.

Absorvância			Média	RSD	Abs. Corr.	Matéria seca (g)
0,1884	0,1902	0,1998	0,1928	3,18%	0,1765	1,0412
0,2714	0,2689	0,2705	0,2703	0,47%	0,2539	1,0557