

**Unidade de Tratamento Mecânico e Biológico de  
Resíduos Sólidos Urbanos**

**Caracterização dos resíduos e avaliação do potencial agronómico do  
composto orgânico produzido**

**Sílvia Maria Gonçalves do Vale**

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança  
na obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia Ambiental

**Orientador:** Professora Doutora Margarida Maria Pereira Arrobas Rodrigues

**Bragança**

**Dezembro, 2014**

## **AGRADECIMENTOS**

Um agradecimento especial à professora Margarida Arrobas, por todo o apoio dado na orientação da tese. Foi sempre uma fonte de inspiração e de estímulo que me permitiu chegar ao fim deste trabalho. Admiro-a pela pessoa fantástica que é, muito obrigada.

Ao Dr. Paulo Praça pela possibilidade de desenvolver este trabalho e à Eng<sup>a</sup>. Ana Carvalho por todo o apoio dado.

Um especial agradecimento à professora Ermelinda pela ajuda preciosa na realização das análises microbiológicas.

À Rita e à Ana e ao David por todo o suporte dado no laboratório, pela amizade, pela boa disposição e pelo carinho que sempre demonstraram nos momentos mais difíceis. À Paula e à Maria João do Laboratório de Química da ESTIG pelo apoio na realização de análises para determinação de metais pesados.

À Belinha e à Sara por toda a ajuda sempre que foi necessária. Obrigada.

Ao Eng<sup>o</sup>. Vasco, Eng<sup>a</sup>. Filipa e Eng<sup>a</sup> Ana por todo o apoio dado durante a caracterização, por nos terem acolhido da forma fantástica como o fizeram, e por toda a informação disponibilizada sempre que foi necessária. Ao Cunha e ao Miguel da UTMB pela vossa disponibilidade durante a caracterização.

Aos meus pais, que durante toda a minha vida estiveram sempre presentes. Foram sempre o meu suporte, os meus pilares, a minha bússola. É a vós que vos devo a minha existência e parte da pessoa que sou. Aos meus irmãos Carlos e Bibi por todo o carinho. Apesar de todas as dificuldades podemos contar sempre uns com os outros, garantindo sempre que a família deve estar sempre em primeiro lugar.

A ti João, por seres um filho extraordinário, o meu valente cavaleiro nesta e em todas as outras jornadas que temos partilhado. Tens sido sem dúvida a minha fonte de inspiração desde a primeira vez que te vi.

Aos meus padrinhos por todo o estímulo e apoio sempre que foi necessário.

À Cristina Moutinho pelo suporte e por teres sempre uma palavra amiga e por estares sempre lá, sem ti seria muito mais difícil Obrigada pelo trabalho partilhado na caracterização, sei que não foi fácil, no entanto tu estiveste lá e sempre com boa disposição. Felizmente sem perder uma lente.

À Susana Santos por fazeres parte da minha vida e por partilhares os meus sonhos.

À Christel por teres sido uma amiga e uma companheira fantástica, além de toda a ajuda que me deste em várias tarefas inerentes a este trabalho. À Lúcia pela ajuda, partilha e amizade.

Ao André por teres sido um grande amigo e ao Mário porque sem a tua ajuda, mttar seria muito mais difícil. Agradeço ainda a todos os colegas de mestrado que sem dúvida facilitaram esta minha aventura.

## **DESIGNAÇÃO DE ABREVIATURAS**

**6.º PAA** – Programa de Ação em matéria de Ambiente

**7.º PAA** – Programa Geral de Ação da União para 2020 em matéria de Ambiente

**ARR** – Autoridade Regional de Resíduos

**B** - Boro

**Ca** - Cálcio

**CAT SIRCA** - Centros de Atendimento Telefónico do SIRCA

**Cd** - Cádmió

**CE** – Comissão Europeia

**CQO** – Carência Química de Oxigénio

**Cr** - Crómio

**Cu** - Cobre

**CUE** – Conselho da União Europeia

**DGAV** - Direcção-Geral de Alimentação e Veterinária

**ECAL** - embalagens de cartão para alimentos líquidos

**EET's** - Encefalopatias Espongiformes Transmissíveis

**EIM** – Empresas Intermunicipais

**ESAB** – Escola Superior Agrária de Bragança

**EU** – União Europeia

**Hg** - Mercúrio

**IFAP** - Instituto de Financiamento de Agricultura e Pescas

**INE** – Instituto Nacional de Estatística

**K** - Potássio

**K<sub>2</sub>O** - Óxido de potássio

**LNIV** - Laboratório Nacional de Investigação Veterinária

**M.O.** – Matéria Orgânica

**MAOTDR** - Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional

**Mg** - Magnésio

**N** - Azoto

**Ni** - Níquel

**NO<sub>x</sub>** – Óxido Nítrico

**P** - Fósforo

**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** - Pentóxido de fósforo

**Pb** - Chumbo

**PE** – Parlamento Europeu

**PERSU** – Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos

**PIB** – Produto Interno Bruto

**POVT** - Programa Operacional Temático Valorização do Território

**PPRU** – Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos 2009-2016

**PRGR** – Plano Nacional de Gestão de Resíduos

**REA** – Relatório do Estado do Ambiente

**REEE** - Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos

**RSU** – Resíduos Sólidos Urbanos

**RUB's** – Resíduos Urbanos Banais

**SGRU** – Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos

**SIRCA** - sistema de recolha de cadáveres de animais mortos na exploração

**SO<sub>3</sub>** – Trióxido de enxofre

**SO<sub>x</sub>** – Óxido de Enxofre

**SPV** – Sociedade Ponto Verde

**UTMB** – Unidade de Tratamento Mecânico e Biológica

**UTS** - Unidades de Transformação de Subprodutos

**Zn** - Zinco

## RESUMO

As unidades de tratamento mecânico e biológico (UTMB) têm como principal objectivo a valorização de diversos materiais presentes nos resíduos sólidos urbanos indiferenciados (RSU) gerados diariamente pelas populações. Ao utilizar os materiais resultantes da triagem, e da compostagem como matéria secundária, potencia-se a valorização dos resíduos que anteriormente eram depositados em aterro, o que permite diminuir a pressão constante que se verifica na sobre exploração dos recursos naturais. Tratar os resíduos e dar-lhes um novo ciclo de vida, é um princípio de gestão que deve ser sempre tido em conta.

No trabalho que se apresenta, foram feitos diferentes estudos relacionados com as UTMB's. Inicialmente pretendeu-se conhecer o tipo de resíduos que dá entrada diariamente na UTMB de Urjais. Para isso foi realizada uma campanha de caracterização em duas épocas, a húmida (outono – inverno) e a seca (primavera-verão), de acordo com a portaria em vigor para o efeito. Os resultados permitiram quantificar os resíduos nas diferentes categorias e subcategorias, permitiram ainda compreender que nesta unidade de recepção de resíduos do nordeste transmontano, a percentagem das diferentes classes de resíduos não difere significativamente da percentagem respetiva registada a nível nacional.

Posteriormente pretendeu-se estudar as características do produto final resultante do processo de compostagem, com potencial de valorização agronómica, o composto. Foram recolhidas amostras na UTMB de Urjais e feitas análises dos seus parâmetros físico químicos e microbiológicos, dos quais resultaram valores considerados normais para este tipo de material.

Foi ainda objetivo compreender a influência que a aplicação do composto tem no solo. Para isso foi realizado um ensaio, utilizando a alface (*Lactuca sativa*) uma planta bioindicadora. No período em que decorreu o ensaio com resultados para este trabalho foi possível verificar um efeito positivo do composto na correção da acidez do solo. Verificaram-se também contributos positivos do composto ao nível dos nutrientes essenciais como o potássio e o boro e também nos tecidos das alfaces. Embora se tenha verificado algum acréscimo no teor em metais pesados no solo, estes ficaram muito abaixo do máximo recomendado.

**Palavras-chave:** Gestão de Resíduos, RSU, UTMB, metais pesados, alface

## **ABSTRACT**

The mechanical and biological treatment units (MBTU) main objective is the recovery of different materials contained in the unsorted urban solid wastes (USW) daily produced by the populations. Using the resulting materials of the mechanical sorting and composting, as a secondary matter, potentiates the valorization of waste that previously of the implementation of MBTU were totally disposed in landfills, this treatments can help to decrease the pressure on exploitation of natural resources. Treating the USW and give them a new life cycle, is a management principle that should be always reminded.

In this work, were been made different studies related to the MBTU's. In the first one was intended to know the diversity of wastes daily received in the MBTU of Urjais. In order to know them was held a characterization campaign in two seasons, the wet one (autumn-winter) and the dry one (spring-summer), according the administrative rule into effect for this purpose. The results allowed to quantifying the wastes in different categories and subcategories, they also helped to understand that, in this waste receiving unit of transmontano northeast, the percentage of the different waste classes does not differ significantly from the national rate.

Afterwards it was intended to study the characteristics of the final product which results from the composting process, with agronomic potential, the compost. Samples were collected at MBTU of Urjais and after that were made analysis of their physical, chemical and microbiological parameters, which results in normal values for this kind of material.

It was also aimed to understand the influence that the application of the compost as in the soil. To do so was performed an experiment, using lettuce (*Lactuca sativa*) a bio indicator plant. During the period of the experiment with results for the present work it was possible to verify a positive effect of the compost on the emendation of the soil acidity. It was also verified positive contributions of the compost on the levels of the essential nutrients such as potassium and boron, and also in the lettuce tissues. Despite of some increase in the content of heavy metals in the soil, these were far below the recommended maximum.

**Keywords:** Waste Management, USW, MBTU, Heavy Metals, Lettuce.

# ***INDICE GERAL***

AGRADECIMENTOS .....	ii
DESIGNAÇÃO DE ABREVIATURAS .....	iv
RESUMO .....	vii
ABSTRAT .....	viii
INDICE DE FIGURAS .....	3
INDICE DE TABELAS .....	4
Introdução.....	6
Capítulo I – Resíduos – Enquadramento Legal e Situação Nacional .....	8
1. Enquadramento Legal.....	8
2. Resíduos Sólidos Urbanos em Portugal .....	18
Capitulo II – UTMB da Resíduos do Nordeste .....	23
1. Gestão de Resíduos no Nordeste Transmontano .....	23
2. Unidade de Tratamento Mecânico e Biológico de Urjais.....	28
2.1 Descrição da UTMB Urjais .....	28
2.2 Produtos resultantes dos processos da UTMB dos Urjais .....	34
3. Quantidade de resíduos que entram na UTMB – qual a valorização .....	37
Capitulo III- Campanha anual de caracterização de resíduos.....	41
1. Campanha anual de caracterização de resíduos da UTMB Urjais.....	41
1.1 Metodologia utilizada para efetuar a campanha anual de recolha e caracterização de resíduos da UTMB Urjais .....	41
1.2 Resultados da campanha .....	45
1.2.1 Resultados da Campanha outono-inverno 2013 UTMB Urjais.....	45
1.2.2 Resultados da Campanha primavera-verão 2014 UTMB Urjais.....	47
1.2.3 Discussão dos resultados das duas campanhas.....	48
Capitulo IV – Ensaio Biológico: Avaliação do potencial agronómico do composto.....	53

1. Importância da utilização do composto na agricultura.....	53
2. Caracterização do composto recolhido na UTMB .....	54
2.1 Caracterização dos parâmetros físico-químicos do composto .....	55
2.1.1 Material e métodos .....	55
2.1.2 Resultados e discussão .....	56
2.2 Caracterização dos parâmetros microbiológicos do composto .....	58
2.2.1 Metodologias utilizadas .....	58
2.2.2 Resultados e Discussão.....	60
3. Ensaio biológico: efeito da aplicação do composto na cultura de alface .....	62
3.1 Objetivos do ensaio .....	62
3.2 Materiais e métodos .....	63
3.3 Resultados e discussão .....	68
1 Considerações finais .....	76
2 Bibliografia.....	78
Anexos.....	83
Anexo I.....	84
Anexo II.....	86

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Sistemas de gestão de resíduos urbanos em Portugal Continental .....	19
Figura 2- A hierarquia dos resíduos .....	20
Figura 3 - Sistema Intermunicipal de gestão de RSU do Nordeste Transmontano .....	23
Figura 4 - Evolução da recolha indiferenciada no Nordeste Transmontano .....	24
Figura 5 - Evolução da recolha seletiva no Nordeste Transmontano .....	25
Figura 6 - Produção de RU e PIB a preços de 2006 em Portugal Continental .....	26
Figura 7 - Produção e capitação de RU em Portugal Continental .....	27
Figura 8 - Vista panorâmica da UTMB de Urjais .....	29
Figura 9 - Equipamento mecânico da UTMB .....	30
Figura 10 - Bunker de receção de óticos do tratamento mecânico da UTMB de Urjais .....	30
Figura 11 - Afição da UTMB de Urjais .....	33
Figura 12 - Quantidade (ton) mensal de RSU que entram na UTMB. ....	37
Figura 13 - Quantidades valorizadas e que vão para aterro na UTMB. ....	39
Figura 14 - Resultados da campanha da época húmida outono-inverno (%) .....	46
Figura 15 - Resultados da campanha da época seca primavera-verão 2014 (%) .....	48
Figura 16 - Exemplos de resíduos encontrados. ....	51
Figura 17- Ciclo de crescimento microbiano .....	62
Figura 18 – Aspeto geral do ensaio biológico com alface.....	67
Figura 19 - Produção média de alface por tratamento e por solo. ....	68

## INDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de Refugo enviado para aterro Janeiro a Outubro de 2014.....	38
Tabela 2 - Quantidade de resíduos recuperados na UTMB em 2014.....	38
Tabela 3 - Circuitos que dão entrada na UTMB.....	42
Tabela 4 - Repetição das rotas para campanha de caracterização da época húmida.....	43
Tabela 5 - Repetição das rotas para campanha de caracterização da época seca.....	43
Tabela 6 - Quantidade (kg) de RSU por categoria na totalidade das 42 amostras.....	49
Tabela 7 - Parâmetros analíticos e métodos utilizados.....	55
Tabela 8 - Classificação dos parâmetros físico-químicos do composto (1).....	56
Tabela 9 - Parâmetros analíticos determinados.....	57
Tabela 10 - Amostras recolhidas.....	59
Tabela 11 - Limites definidos em normativas para corretivos orgânicos em relação às características microbiológicas. Proposta de norma técnica sobre qualidade e utilizações do composto (Anónimo, 2008).....	60
Tabela 12 - Contagem de microrganismos (PCA) bolores, leveduras, coliformes, <i>Escherichia coli</i> , e detecção de <i>Salmonella spp.</i> em resíduos orgânicos (UFC/g de matéria fresca).....	61
Tabela 13 - Parâmetros dos solos utilizados para o ensaio biológico.....	64
Tabela 14 - Parâmetros analíticos do composto utilizado no ensaio biológico.....	65
Tabela 15 - Caracterização dos tratamentos utilizados com base nos nutrientes N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O.....	66
Tabela 16 - Concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) na matéria seca da alfaca, para solo 1.....	69

Tabela 17 - Concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) na matéria seca da alface, para solo 2 .....	70
Tabela 18 - Concentração em boro e em metais pesados na matéria seca das alfaces para solo 1. ....	71
Tabela 19 - Concentração em boro e em metais pesados na matéria seca das alfaces para solo 2 .....	71
Tabela 20 - Variação da análise de rotina do solo resultantes da aplicação de fertilizantes, para solo 1.....	72
Tabela 21 - Variação da análise do CTC do solo resultante da aplicação de fertilizantes, para solo 1.....	73
Tabela 22 - Variação da análise de rotina do solo resultante da aplicação de fertilizantes, para solo 2.....	73
Tabela 23 - Variação da análise do CTC do solo resultantes da aplicação de fertilizantes, para solo 2.....	73

## Introdução

A gestão de resíduos assume um papel de extrema importância na atualidade. Vivemos numa sociedade de consumo, onde a população aumenta progressivamente, especialmente nas zonas urbanas, o que se traduz numa grande quantidade de resíduos produzidos com necessidade de tratamento.

Neste trabalho salienta-se a importância de uma gestão eficiente de resíduos indiferenciados, bem como as mais recentes alternativas de tratamento existentes no nordeste transmontano, neste caso em particular a UTMB de Urjais, da responsabilidade da empresa intermunicipal (EIM), Resíduos do Nordeste (RN). Através dos tratamentos existentes nestas unidades é possível valorizar diversas frações de resíduos que anteriormente eram encaminhadas inteiramente para aterro. Com a implementação das UTMB é possível valorizar os resíduos indiferenciados, permitindo que estes possam ter um novo ciclo de vida. Com este reaproveitamento podem-se obter novas matérias-secundárias, para a elaboração de novos produtos, evitando assim a sobre exploração dos recursos naturais. Enumeram-se: obtenção de um composto final que pode ter várias aplicações no solo, a recuperação multimaterial para reciclagem e a oportunidade de produzir energia através do biogás.

Este trabalho foi realizado com os seguintes objetivos:

- Apresentar uma descrição da Unidade de Tratamento Mecânico e Biológico de Urjais, pertencente à empresa Resíduos do Nordeste;
- Caracterizar os resíduos nesta unidade em duas épocas (outono-inverno e primavera-verão) de acordo com a portaria 851/2009 de 7 de Agosto;
- Caracterizar o composto orgânico obtido no processo de compostagem de acordo com a portaria nº 1322/2006 de 24 de novembro;
- Testar o potencial agronómico do composto num ensaio biológico com alface (*Lactuca sativa* L.)

Este trabalho é diversificado nos temas que vão ser discutidos, pois apesar de estarem interligados, acabam por ser independentes. Por esse motivo optou-se por organizar a tese em 4 capítulos. O primeiro capítulo enquadra o tema dos resíduos no âmbito

nacional, assim como a principal legislação subjacente. O segundo capítulo aborda a descrição da unidade de tratamento mecânico e biológico de Urjais, os produtos que são obtidos na unidade e também a quantidade de resíduos indiferenciados que são valorizados tendo em conta os que dão entrada na unidade. Este capítulo é importante para ser identificado o composto final que é obtido no processo de compostagem e que vai ser objeto de análise no capítulo quarto, para conhecer a composição físico-química e microbiológica. Os resultados dos parâmetros obtidos vão permitir avaliar se o composto pode ser aplicado no solo. Essa avaliação é também feita com os resultados de análises feitas às alfaces utilizadas num ensaio que foi desenvolvido e que vai ser discutido no quarto capítulo. Considerou-se que seria também importante conhecer a tipologia de resíduos indiferenciados que são depositados diariamente na unidade, para obter essa informação levou-se a cabo uma campanha anual de caracterização de resíduos em duas épocas, a época húmida (outono e inverno) e a época seca (primavera e verão). Os resultados obtidos estão desenvolvidos no terceiro capítulo, que contém toda a metodologia utilizada, de acordo com a portaria vigente, os resultados obtidos e discussão. Neste capítulo foi possível verificar que a variabilidade de resíduos que dão entrada na unidade tem um grande potencial de valorização. No quarto capítulo descreve-se o ensaio biológico desenvolvido, a descrição dos tratamentos aplicados e a discussão dos resultados obtidos.

# Capítulo I – Resíduos – Enquadramento Legal e Situação Nacional

## 1. Enquadramento Legal

*“A política de ambiente visa a efetivação dos direitos ambientais através da promoção do desenvolvimento sustentável, suportada na gestão adequada do ambiente, em particular dos ecossistemas e dos recursos naturais, contribuindo para o desenvolvimento de uma sociedade de baixo carbono e uma «economia verde», racional e eficiente na utilização dos recursos naturais, que assegure o bem estar e a melhoria progressiva da qualidade de vida dos cidadãos.” Lei n.º 19/2014 de 14 de abril.*

A promoção do desenvolvimento sustentável é um direito ambiental que se aplica através da gestão ambiental, e que resulta na manutenção dos recursos naturais, e consequentemente na qualidade de vida dos cidadãos. Promover medidas que visem o desenvolvimento sustentável deve ser alargado a todas as áreas que visem de alguma forma o ambiente e o ser humano. Os RSU são um bom exemplo, pois associados a uma gestão e tratamentos adequados, o potencial de poluição diminui, preservando vários recursos naturais como os solos, os aquíferos, as águas superficiais e o ar. É necessário que se potencie o desenvolvimento de novas metodologias e técnicas de gestão que permitam que os resíduos possam ser reintroduzidos com um novo ciclo de vida e que os sistemas de tratamento sejam uma mais valia em todos os processos. Esta é uma meta da EU e uma meta que Portugal tem que seguir, e o que se tem verificado nos últimos anos tem correspondido, de facto, a uma melhoria. Portugal passou de uma realidade onde apenas existiam aterros como forma de tratamento, onde todos os resíduos depositados não tinham qualquer tipo de valorização, para uma realidade já associada à implementação das UTMB onde os resíduos são triados, permitindo a recuperação de uma parte da fração multimaterial: é obtido um composto através da compostagem da fração orgânica e é também obtido biogás que pode ser transformado em energia. Contudo ainda não se consegue aproveitar 100% dos resíduos. Neste sentido é necessário uma melhoria contínua em todos os processos, de modo a que num curto espaço de tempo seja possível reaproveitar a totalidade dos resíduos sólidos urbanos produzidos. Para se atingir esse objectivo é necessário o desenvolvimento e a

## Capítulo I – Resíduos – Enquadramento Legal e Situação Nacional

implementação de medidas legais que permitam regular a gestão de resíduos em Portugal. Salienta-se aqui a importância que a recolha seletiva tem nesta perspectiva, pois se a quantidade de resíduos depositados em ecopontos aumentar, então menor será a quantidade de resíduos que é depositada nos contentores de RSU e conseqüentemente mais eficientes se podem tornar os tratamentos das UTMB.

Importa por isso referir todos os diplomas que vão ao encontro do enquadramento deste trabalho, nomeadamente os seis programas de ação em matéria de ambiente que tiveram início na década de 70 e que contribuíram de uma forma muito positiva para o desenvolvimento e a concepção da política ambiental da União Europeia (EU). O sexto Programa de Ação em matéria de Ambiente (6.º PAA) terminou em julho de 2012 e foi revogado a 13 de Novembro de 2013 pelo Parlamento Europeu (PE) e pelo Conselho da União Europeia (CEU) passando a ser adotado o sétimo Programa Geral de Ação da União para 2020 em matéria de Ambiente (7.º PAA). O 6.º PAA foi elaborado em 2001 pela Comissão Europeia (CE) e deu importância aos domínios que exigiam maior intervenção em matéria de ambiente, e que, podiam ser alterados com a aplicação de novas iniciativas, como sejam a gestão de resíduos e o *desenvolvimento sustentável*. Ou seja, o objectivo central tido em conta era o de melhorar a qualidade de vida do ser humano sem causar danos ao ambiente, às gerações futuras ou às populações tanto dos países ricos como dos países em desenvolvimento (CE 2001). Uma das intervenções mais importantes deste programa estava ligada às empresas, acima de tudo porque se pretendia que estas pudessem evoluir, com a ajuda de legislação criada para o efeito, ou mesmo garantir que desenvolvessem mecanismos próprios para que os impactos causados ao ambiente e ao ser humano fossem os mínimos. Atribuindo a maior importância às medidas ambientais garantia-se um aumento quer na eficiência quer na produtividade das empresas. Um dos objetivos do programa era reduzir a quantidade de resíduos destinados à eliminação final em cerca de 20% no período de 2000 até 2010 e em cerca de 50% até 2050 (CE 2001).

As alterações do 7.º PAA incidem na introdução de nove objetivos prioritários e as tarefas que UE tem de fazer para os alcançar até 2020. Os nove objetivos são descritos de seguida:

- i) *Proteger, conservar e reforçar o capital natural da União;*

## Capítulo I – Resíduos – Enquadramento Legal e Situação Nacional

- ii) *Tornar a União numa economia hipocarbónica, eficiente na utilização dos recursos, verde e competitiva;*
- iii) *Proteger os cidadãos da União contra pressões de carácter ambiental e riscos para a saúde e o bem-estar;*
- iv) *Maximizar os benefícios da legislação da União relativa ao ambiente através da melhoria da respetiva aplicação;*
- v) *Melhorar a base de conhecimentos sobre o ambiente e alargar a fundamentação para as políticas;*
- vi) *Assegurar investimentos para a política relativa ao ambiente e ao clima e considerar os custos ambientais de quaisquer atividades da sociedade;*
- vii) *Integrar melhor as preocupações ambientais noutras áreas de política e assegurar coerência ao criar uma nova política;*
- viii) *Tornar as cidades da União mais sustentáveis;*
- ix) *Ajudar a União a abordar o ambiente internacional e as alterações climáticas de forma mais eficiente.*

São identificadas, neste programa, três áreas consideradas prioritárias. A primeira está relacionada com o “*capital natural*”, a segunda com a “*economia hipocarbónica e eficiente na utilização dos recursos*” e a terceira referente à “*saúde e o bem-estar humanos*” (CE, 2013). Para a elaboração deste trabalho, interessa focar a segunda área atrás referida. Nessa área são identificados os resíduos como um recurso, sobre eles deve acentuar-se a prevenção, reutilização e reciclagem, com o objectivo de eliminar definitivamente os aterros.

Nos pontos que se seguem, será focada a legislação europeia e a transposição para a legislação nacional, a sua aplicabilidade e a importância inerente para atingir as metas propostas para a área de resíduos, relativamente a todos os pontos que têm vindo a ser focados.

## Capítulo I – Resíduos – Enquadramento Legal e Situação Nacional

Neste âmbito vai ser discutida a legislação europeia existente para o tema deste trabalho *os resíduos*. Serão mencionadas as diretivas e outra legislação europeia e nacional que seja relevante, quer a nível global, quer a um nível mais sectorial.

De referir, contudo, a *Lei de Bases do Ambiente* através do *Decreto-lei n.º 11/87 de 7 de Abril* que representa o primeiro documento orientador das políticas de ambiente em Portugal. E que importa referir já que é a base das diversas temáticas ambientais. Este decreto foi revogado estando em vigor a *Lei n.º 19/2014 de 14/04*.

A legislação europeia na temática de resíduos, engloba duas diretivas, a diretiva quadro no âmbito dos resíduos e a

### ***Diretiva 2008/98/CE de 19 de Novembro (diretiva quadro no âmbito dos resíduos)***

Esta diretiva vem revogar a *Diretiva 2006/12/CE* do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril de 2006, relativa aos resíduos. Esta diretiva tem como objectivo e âmbito de aplicação, tal como já estava mencionado na diretiva anterior, o estabelecimento de medidas de proteção do ambiente e da saúde humana, prevenindo ou reduzindo os impactos adversos decorrentes da geração e gestão de resíduos, diminuindo os impactos gerais da utilização dos recursos e melhorando a eficiência dessa utilização. Esta diretiva apresenta de um modo global todas as questões fundamentais no âmbito dos resíduos, não dispensando a consulta de outra legislação complementar para situações mais específicas.

Os aspectos que importa focar nesta diretiva dizem respeito aos conceitos chave relativos à gestão de resíduos; à hierarquia de resíduos enquanto princípio geral da legislação e da política de prevenção e gestão de resíduos. Inclui a lista de resíduos perigosos e toma em consideração a origem e composição dos resíduos e indica os valores-limite de concentração das substâncias perigosas.

Alguns dos princípios fundamentais desta diretiva referem-se:

- à responsabilidade alargada do produtor que desenvolva, fabrique, transforme, trate ou importe produtos; a proteção da saúde humana e do ambiente;
- ao princípio do poluidor pagador e a responsabilidade pela gestão de resíduos;

## Capítulo I – Resíduos – Enquadramento Legal e Situação Nacional

- à obrigatoriedade de licenciamento por parte das autoridades competentes, para todos os estabelecimentos ou empresas que tencionem proceder ao tratamento de resíduos.

Estes aspectos descritos são aqueles que se considera serem de extrema importância no que concerne aos resíduos de um modo geral e que se encontram ligados à unidade de tratamento mecânico biológico.

**A transposição da Diretiva 2008/98/CE de 19 de Novembro para a legislação nacional remete-nos para o Decreto-Lei 73/2011 de 17 de Junho (versão atualizada do Decreto-lei 178/2006 de 05 de Setembro).**

Este decreto-lei para além de outras considerações visa reforçar a prevenção da produção de resíduos assim como estimular a sua reutilização e reciclagem com vista a prolongar o seu uso antes de os devolver em condições adequadas ao meio natural. Neste decreto é também abrangido o licenciamento ambiental e industrial assim como as respectivas entidades competentes.

A fiscalização do cumprimento do presente diploma compete à Autoridade Regional de Resíduos (ARR), à Inspeção- Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território, aos municípios e às autoridades policiais.

**Ainda associado ao Decreto-Lei 178/2006 republicado pelo Decreto-lei 73/2011 importa referir os seguintes documentos:**

- **Portaria 851/2009** - Aprova normas técnicas relativas à caracterização de resíduos. Esta caracterização obriga a uma frequência de amostragem e pesagem para os diferentes tipos de resíduos.
- **Segundo Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II)** - Constitui o novo referencial para os agentes do sector dos resíduos em Portugal Continental para os próximos dez anos, assegurando o cumprimento dos objectivos comunitários: de desvio de resíduos urbanos biodegradáveis de aterro, e de reciclagem e valorização de resíduos de embalagens, apostando na sustentabilidade social, ambiental e económico-financeira.
- **O Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos (PPRSU) 2009-2016** – Programa inserido no PERSU II e adotado após aprovação do *despacho n.º*

## Capítulo I – Resíduos – Enquadramento Legal e Situação Nacional

**3227/2010** tendo como objectivo propor medidas, mecanismos, metas e ações para a operacionalização e monitorização da prevenção de RSU produzidos em Portugal, conforme definido no **PERSU II** e tendo como objectivos específicos principais a redução da quantidade de resíduos produzidos, e reduzir a perigosidade dos mesmos. Este programa aponta como meta global para os resíduos urbanos, para o mesmo horizonte temporal (2016), a redução de 10% da capitação média diária, relativamente aos valores de 2007.

- **Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2011-2020 (PNGR)** - A aprovação do **Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro** levou à elaboração do **PNGR** que foi aprovado por Resolução do Conselho de Ministros, sob proposta do membro do Governo responsável pela área do ambiente e após audição da Associação Nacional de Municípios Portugueses (**n.º 2 do Artigo 14º do Decreto-lei n.º 178/2006**). Em conformidade, o **PNGR** fixa objectivos estratégicos, de âmbito nacional, da política de gestão de resíduos e as regras orientadoras que assegurem a coerência dos planos específicos de gestão de resíduos, no sentido da concretização dos princípios enunciados no título I do **Decreto-Lei n.º 178/2006** bem como a constituição de uma rede integrada e adequada de instalações de valorização e eliminação de todo o tipo de resíduos, tendo em conta as melhores tecnologias disponíveis com custos economicamente sustentáveis (n.º 1, do Artigo 14º, do referido diploma).
- **Portaria nº 209/2004 de 3 de Março** – Aprova a Lista Europeia de Resíduos (LER). Esta Portaria está inserida no **Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de Setembro**, no qual foram estabelecidas as regras a que fica sujeita a gestão de resíduos no território nacional. Aprova a Lista Europeia de Resíduos (LER) em conformidade com a decisão nº 2000/532/CE da Comissão de 03 de Maio, alterada pelas *decisões nº 2001/118/CE* da Comissão de 16 de Janeiro, *2001/119/CE* da Comissão de 22 de Janeiro, e *2001/573/CE* do concelho, de 23 de Julho.
- **PERSU 2020** – O **PERSU II** foi recentemente revogado para **PERSU 2020** através da **Portaria n.º 187-A/2014 de 17 de Setembro**. Este novo plano vai ser o novo instrumento de referência das políticas de resíduos urbanos em Portugal Continental. O **PERSU 2020** contribui para operacionalizar esta ambição,

## **Capítulo I – Resíduos – Enquadramento Legal e Situação Nacional**

definindo uma nova política, orientações e prioridades para os resíduos urbanos, geridos no âmbito dos sistemas de gestão de resíduos urbanos (SGRU):

- Resíduos geridos como recursos endógenos, minimizando os seus impactes ambientais e aproveitando o seu valor socioeconómico.
- Eficiência na utilização e gestão dos recursos primários e secundários, dissociando o crescimento económico do consumo de materiais e da produção de resíduos.
- Eliminação progressiva da deposição de resíduos em aterro, com vista à erradicação da deposição direta de RSU em aterro até 2030.
- Aproveitamento do potencial do sector dos RSU para estimular economias locais e a economia nacional: uma atividade de valor acrescentado para as pessoas, para as autarquias e para as empresas, com capacidade de internacionalização, no quadro de uma economia verde.
- Envolvimento direto do cidadão na estratégia dos RSU, apostando -se na informação e em facilitar a redução da produção e a separação, tendo em vista a reciclagem.

### ***Diretiva n.º 86/278/CEE, do Conselho, de 12 de Junho, relativa à utilização agrícola das lamas de depuração***

Esta diretiva não vai ser explorada neste trabalho, importa apenas referi-la pelo facto de estar relacionada com a utilização agrícola de um produto resultante do tratamento de um resíduo, neste caso de lamas de depuração obtidas no tratamento de águas residuais.

### ***A transposição nacional da Diretiva n.º 86/278/CEE, do Conselho, de 12 de Junho foi efetuada para o Decreto-Lei 466/91, de 22 de Novembro***

- ***Decreto-Lei 466/91, de 22 de Novembro*** – Este é relativo à utilização agrícola das lamas de depuração. Este diploma no seu *artigo 6.º* determina a necessidade de serem fixadas regras sobre a análise das lamas e dos solos através de legislação complementar. Nesse sentido surge a ***Portaria 176/96 de 3 de Outubro*** relativa à aplicação de lamas aos solos. Nesta portaria determinou-se

## Capítulo I – Resíduos – Enquadramento Legal e Situação Nacional

que, por legislação complementar, seriam fixados os valores permitidos para a concentração de metais pesados nos solos receptores de lamas e nas lamas para utilização na agricultura como fertilizantes, bem como as quantidades máximas que poderão ser introduzidas anualmente nos solos agrícolas.

- Contudo em relação ao **composto orgânico que é produzido na UTMB**, até esta data, não existe em Portugal qualquer tipo de regulamentação no que se refere a normas de qualidade do mesmo. Assim, o único suporte legal é a norma referente à aplicação de lamas aos solos. Alguns sistemas de gestão de Resíduos urbanos Banais (RUB's) utilizam normas de outros países europeus ou recorrem à **proposta de norma técnica sobre qualidade e utilizações do composto** (Gonçalves e Baptista, 2005), onde constam valores limite para contaminantes e classes do composto, estabelecidas de acordo com esses limites.

*Diretiva n.º 1999/31/CE, do Conselho, de 26 de Abril* relacionada com a deposição em aterro e é referida neste trabalho uma vez que a UTMB tem um refugo que até ao momento é enviado para aterro.

- *No que se refere às características técnicas do aterro, a presente diretiva contém, no que respeita aos aterros aos quais é aplicável a **Diretiva 96/16/CE** a regulamentação técnica pertinente com vista a elaborar em termos concretos os requisitos gerais da **Diretiva 96/61/CE**. Os requisitos técnicos pertinentes da **Diretiva 96/61/CE** serão considerados satisfeitos se os requisitos da presente diretiva forem cumpridos (**Diretiva 1999/31/CE**). A presente diretiva é aplicável a todos os aterros que correspondem a uma instalação de eliminação para a deposição de resíduos acima da superfície natural, ou daqueles que se consideram subterrâneos.*

A classificação de aterros é feita em 3 classes, os aterros de resíduos perigosos, os de resíduos não perigosos e aterros para resíduos inertes.

Neste diploma são focadas as regras para pedidos de licença para exploração de aterros, os respectivos resíduos admissíveis e os custos associados. Além disso estão também focadas as condições relativas ao processo de encerramento dos mesmos e o respectivo acompanhamento pós encerramento.

## Capítulo I – Resíduos – Enquadramento Legal e Situação Nacional

A transposição da *Diretiva n.º 1999/31/CE*, do Conselho, de 26 de Abril, relativa à deposição de resíduos em aterros para a legislação nacional remete para o *Decreto-lei n.º 183/2009*, de 10 de agosto, que se encontra revogado pelo *Decreto-Lei 84/2011 de 20 de Junho*.

O objecto deste diploma incide na deposição de resíduos em aterro; na produção cartográfica e no licenciamento do exercício das atividades de pesquisa e captação de águas subterrâneas.

Tal como a diretiva, este decreto-lei menciona as características técnicas do aterro, assim como o licenciamento do mesmo, o tipo de resíduos que devem ser depositados, e respectivo acompanhamento após encerramento do aterro.

Estes diplomas não serão mais explorados neste trabalho, já que a UTMB encaminha para aterro todos os resíduos que não são passíveis de valorização, aterro esse gerido por outra empresa.

### **Outra legislação aplicável:**

- *Decreto-lei n.º 78/2004 de 3 de Abril* - Estabelece o regime da prevenção e controlo das emissões de poluentes para a atmosfera, fixando os princípios, objectivos e instrumentos apropriados à garantia de proteção do recurso natural ar, bem como as medidas, procedimentos e obrigações dos operadores das instalações abrangidas, com vista a evitar ou reduzir a níveis aceitáveis a poluição atmosférica originada nessas mesmas instalações.
- *Decreto-Lei n.º 190/2004 de 17 de Agosto* - Este decreto-lei estabelece as regras a que deve obedecer a introdução no mercado dos adubos e dos corretivos agrícolas. As normas necessárias para a execução do disposto no presente diploma são aprovadas pela *Portaria n.º 1322/2006 de 24 de Novembro*.
- *Decreto-lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro (Lei da água)* - Tem como objectivo primordial a gestão sustentável das águas e a sua proteção, pelo que é exigido que as atividades que tenham impacte significativo no estado das águas só podem exercer mediante um título de utilização. As descargas de águas residuais na água e no solo estão sujeitas a autorização prévia, através de uma

## Capítulo I – Resíduos – Enquadramento Legal e Situação Nacional

licença que deve ser emitida pela autoridade nacional da água – Licenciamento de rejeição de águas.

- **Decreto-lei n.º 226-A/2007 de 31 de Maio** - Estabelece o regime de utilização dos recursos hídricos. A secção II deste diploma especifica os sistemas de disposição de águas residuais, requisitos específicos, normas de rejeição, valores limite de emissão, normas de rejeição de águas residuais urbanas, normas de rejeição de águas industriais, controlo administrativo e licenças de rejeição. Este decreto é aqui referenciado, já que a UTMB em estudo tem um módulo de tratamento de águas lexivantes e residuais resultantes de todo o processo.
- **Decreto-Lei n.º 127/2013 de 30 de Agosto** - Este decreto-lei “estabelece o regime de emissões industriais aplicável à prevenção e ao controlo integrados da poluição, bem como as regras destinadas a evitar e ou reduzir as emissões para o ar, a água e o solo e a produção de resíduos, a fim de alcançar um elevado nível de proteção do ambiente no seu todo, e transpõe para a ordem jurídica interna a **Diretiva n.º 2010/75/UE**, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de Novembro de 2010, relativa às emissões industriais (prevenção e controlo integrados da poluição) ”. Este diploma é aqui focado devido à emissão atmosféricas devido à produção de biogás e posterior transformação em energia eléctrica efetuada na UTMB.
- **Decreto - lei n.º 225 de 31 de Maio de 2007** - Este decreto abrange um conjunto de medidas referentes às energias renováveis, que estão previstas na estratégia nacional para a energia, estabelecidas através da **Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005, de 24 de Outubro**. Estas medidas fazem parte de uma estratégia nacional na qual se pode enumerar a avaliação dos critérios de remuneração da eletricidade produzida tendo em conta as especificidades tecnológicas e critérios ambientais, a valorização da biomassa florestal e a agilização dos mecanismos de licenciamento, eliminando todos os obstáculos burocráticos. O licenciamento da UTMB é feito pela Direção Geral de Energia (DGEG) após atribuição do ponto de ligação à rede eléctrica. A valorização energética do biogás rege-se pelo presente diploma, pois trata-se da produção de energia em regime especial.

## **2. Resíduos Sólidos Urbanos em Portugal**

Quando se fala em resíduos sólidos urbanos, automaticamente se pensa na quantidade que é gerada diariamente em ambiente doméstico. No decorrer do século XX a quantidade de resíduos produzidos foi aumentando progressivamente. Este facto ficou a dever-se por um lado à melhoria das condições de vida das populações, o que conduziu a um maior consumismo, mas por outro, ficou também a dever-se ao êxodo rural, que levou para vilas e cidades uma grande parte da população que, por sua vez, deixou de produzir a sua alimentação e passou a comprá-la embalada, juntamente com outros bens. Desta forma foram sendo inseridos no mercado, uma grande diversidade de produtos para colmatar todas as necessidades de uma população. Chegou-se assim a um cenário em que existia uma grande quantidade de resíduos, mas não existia uma forma de os tratar, ou um destino para eles. Uma das primeiras estratégias de desvio de resíduos foram as lixeiras a céu aberto que, de um modo geral, funcionavam como um espaço de depósito sem controlo, mas confinado a uma determinada área (Instituto Nacional de Estatística (INE) 2010).

No início dos anos 90, começaram a surgir os primeiros sistemas plurimunicipais que operavam na gestão de resíduos urbanos, o que levou ao incremento ou implementação, na generalidade dos municípios, da recolha seletiva de resíduos e a construção de novas infraestruturas de tratamento e destino final (INE, 2010).

Após a aplicação em 1997 do PERSU impôs-se o encerramento de todas as lixeiras em Portugal (Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (MAOTDR), 1997), o que acabou por acontecer, construir novas infraestruturas de tratamento, valorização e deposição final de resíduos. Para levar estas metas a cabo criaram-se para o efeito, sistemas multimunicipais e intermunicipais para a gestão de resíduos sólidos urbanos.

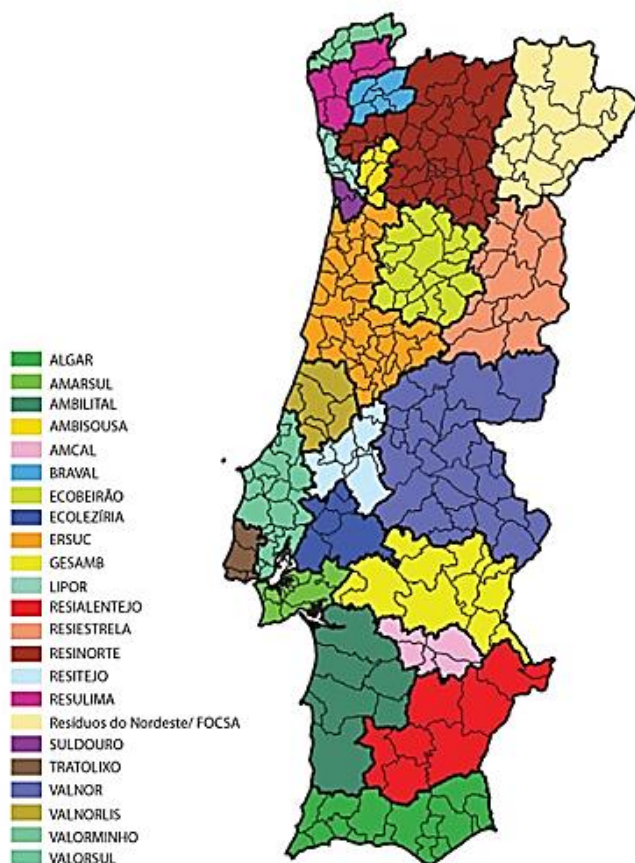
Com a constituição dos sistemas de gestão de resíduos urbanos, Portugal passou de uma situação em que existiam 257 entidades gestoras de resíduos para o estado atual, onde em todo o território continental existem apenas 23 sistemas de gestão de resíduos urbanos, doze multimunicipais e onze intermunicipais (APA, 2013). A gestão de RU nos sistemas intermunicipais ou municipais, pode ser efetuada diretamente pelos respetivos municípios ou atribuída, mediante contrato de concessão, a entidades

## Capítulo I – Resíduos – Enquadramento Legal e Situação Nacional

públicas ou privadas de natureza empresarial. Estes sistemas podem ser constituídos por um ou mais municípios. Os sistemas multimunicipais, por sua vez, são sistemas que abrangem a área de pelo menos dois municípios e exigem um investimento predominante do Estado central (ERSAR, 2014).

Os sistemas de gestão de resíduos urbanos multimunicipais são os seguintes: Valorminho, Resulima, Braval, Resinorte, Suldouro, Valorlis, ERSUC, Resiestrela, Valnor, ValoRSUI, AmaRSUI e Algar (APA, 2013).

Os sistemas de gestão de resíduos urbanos intermunicipais são os seguintes: Lipor, Valsousa, Resíduos Nordeste, Ecobeirão, Ecolezíria, Resitejo, Amtres (Tratolixo), Amde (Gesamb), Amagra (Ambilital), Amcal e Resialentejo (APA, 2013). Todos os sistemas estão representados na figura 1.



**Figura 1** - Sistemas de gestão de resíduos urbanos em Portugal Continental

**Fonte:** <http://naturlink.sapo.pt/>

Esta mudança permitiu que fossem construídas inúmeras infraestruturas de valorização e eliminação de resíduos, além de que também teve início o sistema de recolha seletiva

## Capítulo I – Resíduos – Enquadramento Legal e Situação Nacional

multimaterial. O PERSU II abriu ainda caminho para a constituição e licenciamento de entidades gestoras de fluxos especiais de resíduos.

A criação de uma política de resíduos sólidos urbanos teve extrema importância, pois foi ao encontro dos compromissos existentes para a redução das emissões de gases com efeito de estufa, assumidos no âmbito do Protocolo de Quioto (MAOTDR, 2006).

A gestão de resíduos sólidos urbanos produzidos, deve incluir a separação multimaterial para reciclagem, assim como o desvio dos resíduos biodegradáveis do aterro, para as diversas infraestruturas concebidas para receber esse material. Exemplos dessas infraestruturas são as UTMB, as unidades de digestão anaeróbia, de compostagem, e ainda a incineração com recuperação de energia. Todas estas soluções permitem versatilidade para todas as adaptações que venham a ocorrer no futuro.

De acordo com a Diretiva 2008/CE a gestão de resíduos deve dar sempre prioridade à sua prevenção, seguindo-se depois a reciclagem, a recuperação e a incineração e, por fim, apenas como último recurso, a deposição em aterros (figura 2). De acordo com o 6.º PAA o objectivo começou por ser a redução da quantidade de resíduos destinados à eliminação final em cerca de 20% em relação aos níveis de 2000 até 2010 e reduzir em cerca de 50% até ao ano de 2050. No 7.º PAA o objetivo é eliminar definitivamente os aterros como um dos destinos possíveis de RSU.



**Figura 2-** A hierarquia dos resíduos  
**Fonte:** Diretiva 2008/CE

A reciclagem tem sido um dos maiores desafios dos últimos anos no que concerne a uma gestão sustentável dos resíduos ou seja, o objectivo é garantir que após o consumo de um produto este possa vir a ser transformado em outro. Assim, hoje em dia é

## Capítulo I – Resíduos – Enquadramento Legal e Situação Nacional

possível dar nova vida a resíduos que ainda podem ser valorizados através de reciclagem, como sejam o papel/cartão, plásticos, metal, materiais biodegradáveis, electrodomésticos, entre outros. Recorde-se que quando o papel, resíduos domésticos e outros materiais biodegradáveis são depositados em aterro, grandes quantidades de metano são libertadas para a atmosfera. O metano é um gás com efeito de estufa aproximadamente setenta vezes mais poluente do que o dióxido de carbono (Oliveira *et al.*, 2009).

O metano é de facto um gás altamente poluente, contudo existem outros gases, como por exemplo o óxido nítrico que chega a ser 300 vezes mais poluentes do que o dióxido de carbono e é libertado para a atmosfera quando plásticos e têxteis são queimados em incineradoras (Oliveira *et al.*, 2009). Produtos químicos resultantes da degradação dos resíduos podem contaminar aquíferos e depósitos de água.

As incineradoras são outro exemplo de um destino a dar aos resíduos. Para além de serem eliminados através da queima, há a possibilidade de aproveitar a energia térmica, que posteriormente é transformada em energia eléctrica (Oliveira *et al.*, 2009). Contudo as incineradoras podem também libertar dioxinas perigosas, substâncias carcinogénicas, poluentes atmosféricos como o óxido nítrico (NOx) e óxido de enxofre (SOx) que podem causar chuvas ácidas, e outras partículas que podem causar doenças respiratórias. Por isso este método deve ser escolhido com algum cuidado, garantindo que os processos sejam eficientes e que as emissões sejam reduzidas, normalmente através de filtros ou outra tecnologia. (Oliveira *et al.*, 2009).

Em suma, quando se pretende discutir o tema dos RSU no âmbito da sustentabilidade, podem ser identificadas algumas dimensões que podem justificar a valorização dos RSU, minimizando o impacto causado pelo seu volume, e maximizando a sua utilidade. Essas dimensões são a utilização de resíduos como matéria-prima, evitando assim a exploração excessiva dos recursos naturais; a energia que é gasta nos processos de fabrico dos produtos, na indústria e no âmbito doméstico, aquela que é necessária também para o tratamento de resíduos originados pelo consumo; a qualidade ambiental e da saúde pública, que são duas dimensões importantes e que dizem respeito à qualidade de vida do ser humano; a reutilização de materiais que cada vez mais preenchem as agendas políticas europeias e nacionais e que são de facto uma

## **Capítulo I – Resíduos – Enquadramento Legal e Situação Nacional**

oportunidade de negócio, já que por exemplo com a reciclagem nascem cada vez mais empresas de transformação de resíduos em novos produtos; por último, a dimensão a eco-eficiência que diz respeito à vida útil e à funcionalidade dos produtos, prolongar a vida útil de um produto permite incrementar a sua ecoeficiência global (Oliveira *et al.*, 2009)

## Capítulo II – UTMB da Resíduos do Nordeste

### 1. Gestão de Resíduos no Nordeste Transmontano

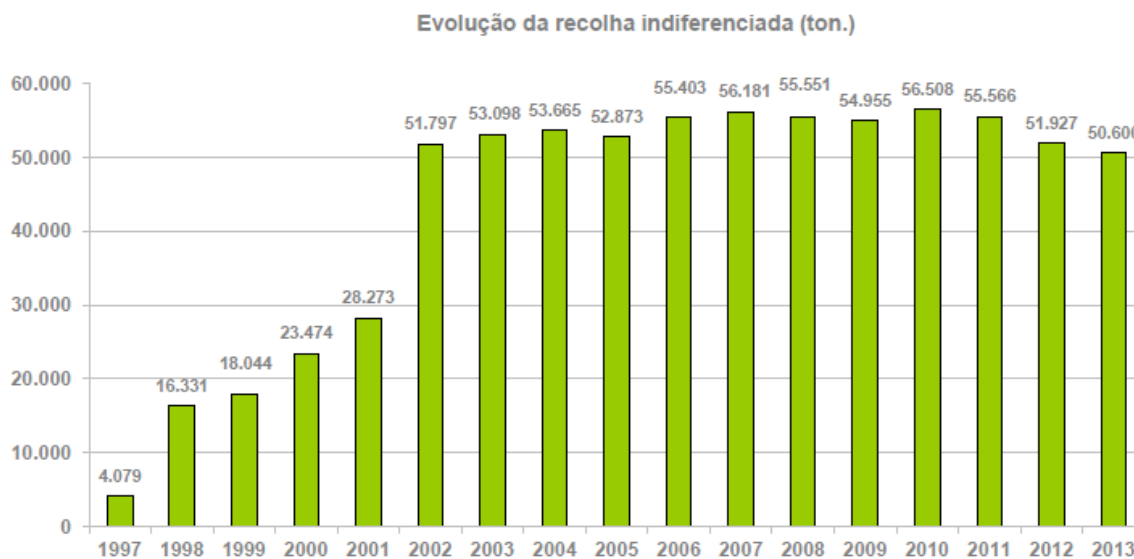
Os resíduos urbanos no nordeste transmontano estão integrados num sistema unificado de gestão de resíduos que é gerido pela EIM RN. Esta empresa foi criada pelas Associações de Municípios da Terra Quente Transmontana, da Terra Fria do Nordeste Transmontano e do Douro Superior. Os treze concelhos abrangidos pelo referido sistema estão indicados na figura 3.



**Figura 3** - Sistema Intermunicipal de gestão de RSU do Nordeste Transmontano  
**Fonte:** RN, 2013

A RN é uma EIM responsável, desde 2003, pela gestão das atividades de recolha e tratamento de resíduos urbanos e limpeza urbana. Faz a recolha de resíduos indiferenciados e recolha seletiva através de prestadores de serviços, distribuídos pelas empresas: FOCSA, S.A., CESP, S.A. e PAINHAS, S.A. (RN, 2014).

A atuação da RN no Nordeste Transmontano, quantifica-se pelas quantidades de resíduos produzidos dentro dos 13 municípios. Na figura 4 pode ser verificada a evolução da recolha indiferenciada desde o ano 1997 até ao ano 2013.



**Figura 4 -** Evolução da recolha indiferenciada no Nordeste Transmontano

Fonte: R.N., 2013

Da figura 4 pode observar-se um aumento brusco na produção de resíduos indiferenciados entre os anos de 2001 e 2002, passando de pouco mais de vinte e oito mil toneladas em 2001 para quase o dobro no ano de 2002. Estas variações estarão associadas ao aumento do número de entidades produtoras de resíduos entre 1997 e 2001. Em Setembro de 1997 começaram a depositar resíduos associação de municípios da terra quente transmontana (AMTQT) constituída pelos municípios de Alfandega da Fé, Carrazeda de Ansiães, Macedo de Cavaleiros, Mirandela e Vila Flor totalizando uma população de 57.800 habitantes de acordo com os censos de 2011 (<http://www.amtqt.pt/>). Em Setembro de 1999 começaram a depositar os seus resíduos a associação de municípios do douro superior (AMDS) constituída pelos municípios de Torre de Moncorvo, Freixo de Espada à Cinta e Vila Nova de Foz Côa, totalizando uma população de 36.748 habitantes de acordo com os censos de 2011 (<http://www.amdourosuperior.pt/>) Por último em Dezembro de 2001 começaram a depositar os seus resíduos a associação de municípios da terra fria do nordeste transmontano (AMTFNT) constituída pelos municípios de Bragança, Miranda do Douro, Mogadouro, Vimioso e Vinhais. Este conjunto de municípios, totalizam uma população de 66.214 habitantes, de acordo com os censos de 2011 (<http://www.terrafria.pt/>). Esta população corresponde a 41.19% do total da população existente nas 3 associações de municípios e, por esse motivo, se verifica um aumento importante na deposição de resíduos indiferenciados do ano de 2001 para o ano de 2002.

## Capítulo II – UTMB da Resíduos do Nordeste

Entre o ano de 2002 e 2004 a produção variou em quase as 52 000 toneladas e mais de 53 600. Há um acréscimo na quantidade produzida a partir de 2006, acima das 55 400 toneladas que se manteve até ao ano de 2011. A partir de 2012 verificou-se uma quebra na quantidade produzida de resíduos, sendo mesmo em 2013 inferior às quantidades do ano de 2012. Já no que diz respeito à recolha seletiva na figura 5 também podem ser retiradas conclusões quando ao aumento, apesar de não ser exponencial, na recolha seletiva, entre os anos de 2003 e 2010 que nos indica que apesar de lento, o processo de separação dos produtores é crescente. A partir do ano 2010 como se observa na figura 5 há de fato uma diminuição crescente na recolha seletiva, e que se pode justificar da mesma forma que os resíduos indiferenciados. Ou seja, havendo menos poder de compra, existem menos resíduos, logo essa diminuição também se reflete na deposição seletiva, sabendo que a deposição de resíduos indiferenciados (figura 4) também seguiu essa tendência.

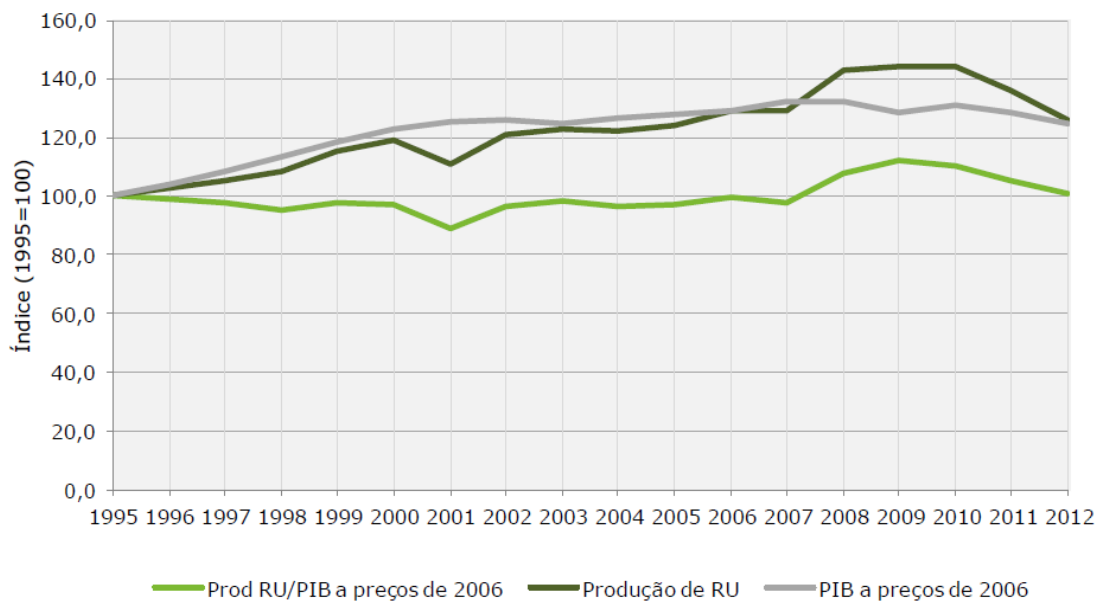


**Figura 5** - Evolução da recolha seletiva no Nordeste Transmontano

**Fonte:** R.N., 2013

De acordo com o relatório da Agência Portuguesa do Ambiente, entre 2010 e 2013 verifica-se que há de facto um decréscimo acentuado na produção de RSU face a anos anteriores, o que pode estar associado ao abrandamento económico que se começou a notar nesse período, devido ao decréscimo do produto interno bruto (PIB) como se pode visualizar na figura 6.

## Capítulo II – UTMB da Resíduos do Nordeste



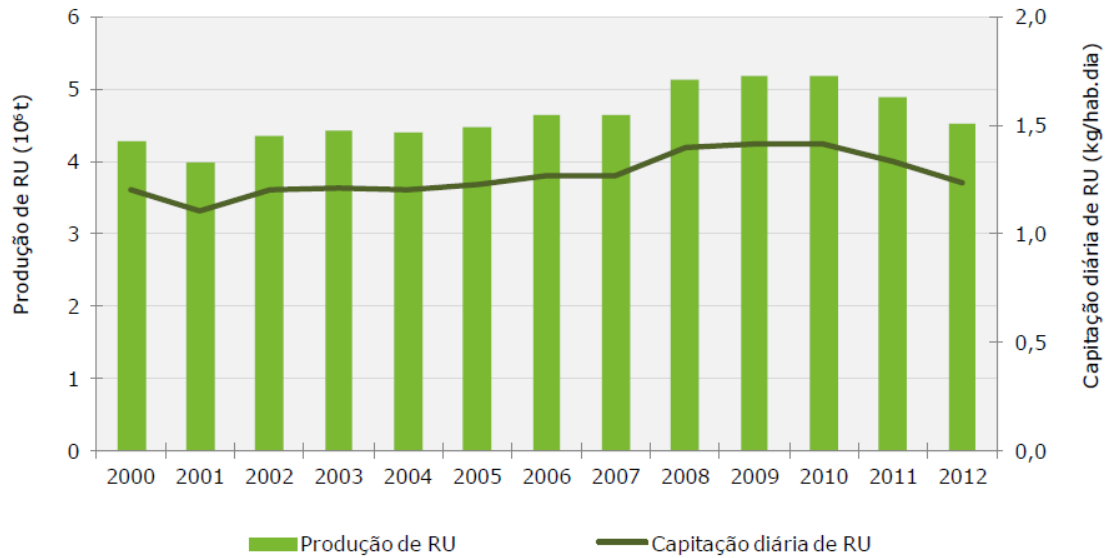
**Figura 6** - Produção de RU e PIB a preços de 2006 em Portugal Continental

Fonte: APA,I.P., 2013; INE,I.P., 2013

Este decréscimo do PIB está diretamente relacionado com a quebra no poder de compra da população e naturalmente acaba por se refletir na produção de resíduos.

Na figura 7 pode observar-se a produção e capitação de Resíduos Urbanos, no qual se verifica o decréscimo significativo nos anos de 2011 e 2012. A produção total de resíduos urbanos em Portugal Continental foi, no ano de 2012 de aproximadamente 4,528 milhões de toneladas, o que corresponde a uma capitação anual de 454 kg/hab.ano, ou seja, uma produção diária de RSU de 1,24 kg por habitante. Estes valores representam uma diminuição de cerca de 7,4%, em milhões de toneladas produzidas, e 6,8%, em capitação, em relação ao ano anterior, verificando-se assim uma inversão da tendência de crescimento da produção de RSU em Portugal continental, que se verificou até ao ano de 2010 (APA, 2013).

## Capítulo II – UTMB da Resíduos do Nordeste



**Figura 7 -** Produção e captação de RU em Portugal Continental  
**Fonte:** APA, 2013.

A análise feita às variações observadas ao longo dos anos (figuras 4, 5, 6 e 7) para os resíduos indiferenciados e recolha seletiva, demonstram que até 2010 a quantidade de resíduos produzidos aumentavam, apesar de que a partir desse período, e como já foi evidenciado antes, o período de crise verificado no país, também se refletiu na diminuição de consumo e claro na produção de resíduos. Contudo as metas impostas pela UE incidem na redução da quantidade de resíduos produzidos e, quando a produção de resíduos for inevitável, promovê-la como um recurso e, conseguir níveis mais elevados de reciclagem e a eliminação segura dos resíduos. Segundo dados da Eurostat, os 27 países membros da EU produziram durante o ano de 2010 um total de 2 570 milhões de toneladas de resíduos provenientes de atividades económicas e de resíduos domésticos. Valores ligeiramente superiores aos registados no ano de 2008 mas inferiores aos anos de 2004 e de 2006. A redução da quantidade total de resíduos, gerada nos anos de 2008 e 2010 podem explicar-se, pelo menos em parte, pelo abrandamento da atividade económica que resultou da crise financeira e económica. A captação verificada é em média de cerca de 5,1 toneladas de resíduos por pessoa (Eurostat, 2012).

A necessidade de criar uma estratégia que permitisse a valorização da fracção orgânica dos resíduos sólidos urbanos levou a empresa RN a apresentar, no ano de 2008 uma candidatura para a "*Unidade de Tratamento Mecânico e Biológico por Digestão Anaeróbia*" ao Eixo VIII – *Infraestruturas Nacionais para a Valorização de Resíduos Sólidos Urbanos* que se insere no *Programa Operacional Temático Valorização do*

*Território (POVT)*. A candidatura foi aprovada e tornou-se no primeiro projeto a nível nacional para a construção de uma unidade deste âmbito a ser aprovado. A aprovação deste projeto é de facto um importante contributo que pode impulsionar o investimento em projetos inovadores centrados no desenvolvimento e na aplicação de técnicas que valorizem a maior quantidade possível de resíduos que diariamente são produzidos em todo o mundo. A implementação deste tipo de unidades permitem reduzir consideravelmente a quantidade de matéria orgânica que vai para aterro, além de permitir valorização multimaterial e aproveitamento energético, através do biogás produzido (RN, 2013).

## **2. Unidade de Tratamento Mecânico e Biológico de Urjais**

As UTMB's permitem a gestão integrada dos RSU, maximizando a valorização material e de subprodutos (composto e energia) e reduzindo em cerca de 50% a quantidade de resíduos depositados em aterro (RN, 2013).

Estas unidades permitem garantir que os resíduos sólidos urbanos depositados sejam tratados de acordo com os tratamentos existentes. Existe no início do processo triagem de vários materiais, a fração multimaterial é enviada para reciclagem, a fração orgânica é aproveitada por um lado para a cogeração e por outro para a produção de um composto que pode ser aproveitado como fertilizante agrícola e/ou florestal, restando apenas o refugo, constituído por vários tipos de resíduos para os quais ainda não existe tratamento e que é até ao momento desviado para aterro.

A UTMB de Urjais recebe resíduos produzidos nos treze municípios do Sistema, pertencentes às designadas regiões da terra quente, terra fria e douro superior.

### **2.1 Descrição da UTMB Urjais**

Para melhor compreender o funcionamento da UTMB explicam-se de seguida as etapas e os processos integrantes. Toda a informação foi facultada pelos responsáveis da unidade. Na figura 8 pode ser vista uma panorâmica da UTMB. Para uma melhor percepção da unidade foi dividida a estrutura funcional da UTMB em 5 etapas, as quais são descritas de seguida:



**Figura 8** - Vista panorâmica da UTMB de Urjais  
**Fonte:** RN, 2014.

### **a) Recepção de Resíduos**

A recepção dos resíduos corresponde à primeira etapa da atividade. Nesta etapa, os caminhões de transporte de resíduos, após serem pesados, dão entrada num armazém onde procedem à deposição dos resíduos, que é feita diretamente numa das duas fossas de recepção. Estas permitem que possa haver acumulação de resíduos, havendo deposição mesmo nos horários em que a unidade não está a laborar.

Posteriormente, com o apoio de uma grua de recolha, os resíduos são encaminhados para o tratamento mecânico através de um tapete rolante. É importante referir que a quantidade de resíduos que a grua deixa cair no tapete é sempre constante de modo a não causar constrangimentos nos equipamentos a jusante.

### **b) Tratamento Mecânico**

Os resíduos entram numa nova etapa correspondente ao tratamento mecânico (figura 9): Nesta etapa, que se inicia numa cabine de separação manual, são removidos monstros, vidros, tecidos e animais mortos. Localiza-se ainda, nesta cabine, um ponto de aspiração de plástico filme que remove aquele que possa estar livre e que seja facilmente aspirado. Importa referir que nesta etapa a recuperação de vidro é muito importante, pois deve ser minimizada a sua quebra para evitar posterior contaminação do composto e para maximizar a sua valorização.

Os resíduos que são removidos na cabine são encaminhados conforme a sua possibilidade de recuperação, o vidro é encaminhado para reciclagem, os restantes são considerados refugo e são encaminhados diretamente para aterro, caso não tenham outra alternativa de tratamento.

## Capítulo II – UTMB da Resíduos do Nordeste

Seguidamente os resíduos passam num separador magnético que permite separar os elementos ferrosos duma mistura em movimento, os restantes entram no Trommel onde, para além de serem abertos alguns sacos que possam ainda estar fechados, funciona a separação mecânica ou crivagem no qual são separados os resíduos de acordo com as suas dimensões. Devido ao poder de centrifugação originada pela rotação do Trommel os resíduos de menores dimensões passam pelos seus orifícios e saem para os tratamentos a jusante (Levy & Cabeças, 2006).

A fracção orgânica passa para os tapetes situados abaixo do crivo, e os restantes resíduos seguem para os restantes tratamentos mecânicos e triagem manual. Relativamente à fracção orgânica esta é encaminhada para outro crivo de malha elástica, que separa a fracção orgânica de dimensão maior de 40 mm e direciona para a etapa da compostagem, e o de dimensão inferior a 40 mm é direcionado para o digestor.

Os restantes resíduos seguem para o separador balístico usado para separação dos diversos tipos de materiais plásticos, separando as embalagens de acordo com a sua forma e densidade, proporcionando simultaneamente, a eliminação dos finos. Segue-se o separador de Foucault que atua através da geração de campos magnéticos repulsivos que permitem separar o alumínio e os metais não ferrosos dos restantes resíduos. Em



**Figura 9** - Equipamento mecânico da UTMB de Urjais



**Figura 10** - Bunker de recepção de óticos do tratamento mecânico da UTMB de Urjais

seguida atuam os separadores de feixe óptico, aqui localizados para otimizar a captação de resíduos, cartão e plásticos com valor económico (Tchobanoglous, 1993). Os resíduos separados através dos processos atrás mencionados são encaminhados para um bunker de recolha de recicláveis (figura 10) que após estar cheio os liberta para um tapete rolante, que encaminha os materiais para uma cabine de controlo onde é feita uma verificação e separação manual de algum resíduo reciclável que se encontre na fracção incorreta.

Os materiais recicláveis são depois encaminhados para uma prensa onde vão ser compactados e enfardados com o objetivo de venda.

### c) Biometanização

Uma nova etapa da UTMB é a biometanização, que vai receber a fracção orgânica inferior a 40 mm. Este processo corresponde à digestão anaeróbia e ocorre neste caso concreto em condições termófilas de temperatura (50-58°C) (<http://www.ows.be/dranco.htm>). A digestão anaeróbia de resíduos biodegradáveis é um processo biológico que dá origem à produção de biogás e de um produto final estabilizado, o digerido, que depois de maturado, pode ser aplicado na agricultura.

A digestão anaeróbia é um processo efetivo na destruição da maior parte dos microrganismos patogénicos presentes nos resíduos de natureza orgânica. A combinação dos efeitos da temperatura de operação (normalmente 35°C a 55°C) e da anaerobiose é suficiente para a destruição da maior parte dos microrganismos patogénicos (Evans, 2001).

A UTMB utiliza um processo de digestão anaeróbia designado de DRANCO (*dry anaerobic composting*) que consiste numa tecnologia para tratamento de resíduos sólidos orgânicos, desenvolvida pela companhia belga *Organic Waste Systems*. Em 1984 este processo foi pela primeira vez demonstrado numa estação piloto em Ghent na Bélgica com uma capacidade de tratamento de 700 ton resíduos/ano.

O principal objectivo do processo DRANCO é a conversão de resíduos sólidos orgânicos em energia e num produto final estabilizado (De Baere, 1992). Este processo é adequado para a digestão anaeróbia de resíduos que contenham elevada percentagem de matéria seca como é o caso dos RSU. A digestão anaeróbia por este processo ocorre numa única fase e por via seca.

Depois da separação prévia da fracção orgânica no tratamento mecânico, as partículas com granulometria inferior a 40mm, são introduzidos pelo topo de um biodigestor tubular onde são digeridos durante duas a três semanas (De Baere, 1992). A carga orgânica aplicada pode variar entre 10 e 20 kgCQO.m<sup>-3</sup>reactor.dia<sup>-1</sup> e o tempo de retenção de sólidos varia geralmente entre 15 e 30 dias. A mistura e agitação ocorrem por recirculação de parte dos resíduos digeridos, a partir da base do digestor. Esses

resíduos digeridos são misturados com resíduos frescos, normalmente numa proporção de uma parte de resíduos frescos para seis partes de resíduos digeridos e introduzidos pelo topo do reator diariamente com uma capacidade de cerca de 700 m<sup>3</sup>. Esta mistura de resíduos tem geralmente uma concentração de sólidos que varia entre 20% e 50%. A mistura de resíduos digeridos é removida pela base do reator (Lissens *et al.*, 2001). Dependendo da composição de cada resíduo, pode haver necessidade da adição de nutrientes de modo a favorecer o crescimento microbiano e consequentemente o seu desempenho na degradação da matéria orgânica. No entanto, alguns nutrientes, se presentes em quantidades muito elevadas, poderão ter um efeito inibidor da atividade microbiana. No caso da UTMB apenas foi necessário adicionar o inoculo no start-up, ou seja, na fase inicial da laboração.

O pH é um dos parâmetros mais importantes a controlar no processo de digestão anaeróbia uma vez que é indicativo do equilíbrio do sistema e da estabilidade do digestor. A estabilidade do processo de digestão anaeróbia é também controlada pela produção de biogás.

O digerido é, juntamente com o biogás, o principal produto resultante do processo de digestão anaeróbia de resíduos orgânicos biodegradáveis. A qualidade do digerido, em termos da presença de metais pesados e da presença de microrganismos patogénicos é controlado, após ser sujeito a tratamento aeróbio durante cerca de duas semanas para estabilização e higienização. O lixiviado resultante pode ser usado para ajustar a concentração de sólidos da alimentação. Quando é necessário introduzir água no biodigestor, temos duas opções: água limpa do furo, ou os lixiviados resultantes da atividade. O aquecimento das lamas é efetuado diretamente pelos microrganismos, e sempre que necessário a temperatura é elevada pelo gerador de vapor (Evans, 2001)

### **d) Compostagem**

A compostagem é um processo que ocorre com a fracção orgânica de diâmetro superior a 40 mm e que são obtidos na etapa do tratamento mecânico, como já foi referido. Esta fracção é encaminhada para uma área onde ocorre a mistura com material estruturante (estilhas de madeira). O digerido que se obtém no biodigestor é também adicionado a esta mistura. Após ser efetuada a homogeneização dos 3 componentes atrás indicados, a mistura é transportada para os túneis de compostagem. Decorridos 16 dias (Verão) e 20

dias (Inverno) as pilhas são transportadas para o edifício de maturação onde passam cerca de 40 dias. Neste edifício as pilhas em maturação são reviradas por uma volteadora de modo a garantir o arejamento desejado. Findos os 40 dias necessários para ocorrer a compostagem, as pilhas são encaminhadas para um equipamento de transporte provido de um tapete rolante que leva os resíduos para outra nova etapa, a afinação.

No processo de compostagem ocorrem fenômenos cruciais para a posterior utilização do composto resultante. O objetivo deste processo é eliminar ou minimizar os riscos para o ambiente e saúde pública, através da remoção dos potenciais microrganismos patogênicos, sementes, esporos e metais pesados tóxicos. O que se pretende obter é um composto final estabilizado, de qualidade e que deve ser biologicamente inerte. O composto obtido deve ter valor ou potencial para justificar o seu reuso, o que normalmente inclui carbono, azoto, fósforo, potássio e outros que têm uma função nos sistemas ecológicos (Evans, 2001).

#### e) Afinação

Nesta nova etapa, os resíduos provenientes das pilhas da etapa atrás indicada, são crivados várias vezes, de forma a obter-se a granulometria pretendida. Na mesa densimétrica, através da diferença de densidades entre o composto e os inertes, são eliminados materiais inertes inferiores à malha do crivo. Nesta fase, há libertação de poeiras devido à insuflação de ar inerente ao equipamento da mesa densimétrica, por isso existe um ciclone, para recuperar essas poeiras (Levy *et al*, 2006).

Essas partículas que não vão ser aproveitadas para o produto final são essencialmente constituídas por vidros partidos, pedras e pequenas frações de material orgânico.



Figura 11 - Afinação da UTMB de Urjais

Este refugo vai ser depositado em aterro. A restante fracção constitui o composto final, que fica assim pronto para comercialização (figura 11).

## **2.2 Produtos resultantes dos processos da UTMB dos Urjais**

A atividade associada à UTMB em estudo constitui um caso bastante particular quando comparada com outras atividades industriais, pelo facto de esta se localizar na recta final do ciclo de vida de produtos, já na forma de resíduos. Contudo, efetivamente são obtidos 4 produtos finais dos quais 3 deles são valorizáveis, o que por si só demonstra as vantagens destas unidades, em detrimento dos aterros. Estes produtos resultantes são o composto final, materiais recicláveis, energia e os rejeitados, estes últimos são encaminhados para aterro (R.N., 2013).

De acordo com informação publicada pela CE na revista da Direção-Geral do Ambiente em Fevereiro de 2014 a EU pretende ir ao encontro de uma economia circular no que diz respeito aos resíduos, pretende que os produtos sejam reutilizados e reciclados, em vez de serem depositados em aterro, quando alcançam o fim da sua vida útil. É importante ter presente que as matérias-primas e os recursos naturais estão sujeitos a uma ameaça constante, e importante tomar medidas definitivas para resolver o problema. É uma excelente alternativa reutilizar os materiais obtidos nas UTMB ou qualquer outra unidade de triagem. Urge uma mudança especialmente nas empresas que desenvolvem produtos de consumo, estes devem começar a gerir as metodologias de fabrico entrando em linha de conta com as matérias secundárias obtidos por processos de reciclagem e reutilização na fase de concepção dos seus produtos.

### **i. Composto**

Uma vez que a unidade recebe resíduos urbanos indiferenciados, e desta forma a fracção orgânica encontra-se em mistura com diversos tipos de resíduos, a qualidade/eficiência das operações de triagem que conduzem à separação dos resíduos orgânicos é um factor relevante para a eficiência do processo de compostagem e a qualidade do composto. Para obtenção de um composto de qualidade é também importante o controlo de uma série de factores durante o processo de compostagem, tais como: Relação C/N, temperatura, humidade, taxa de oxigenação, entre outros. Um controlo deficiente do processo pode conduzir a obtenção de um produto não higienizado e com características desfavoráveis à sua utilização como corretivo orgânico (Levy *et al.*, 2006).

A afinação do composto maturado permite efetuar a remoção de materiais contaminantes de dimensões mais reduzidas (inertes, vidros, plástico etc..) que não foi possível separar anteriormente. É essencial que o processo de afinação do composto tenha uma eficiência elevada, de modo a que o produto esteja livre de contaminação.

A UTMB deve proceder à realização de análises laboratoriais que permitam a verificação dos quantitativos de metais pesados no composto orgânico que é particularmente importante para verificar a sua qualidade, uma vez que a presença excessiva de metais pesados é o principal factor limitante à utilização de compostos provenientes de RSU no solo. Também deve ser analisada a quantidade de inertes e de compostos orgânicos tóxicos de degradação lenta.

Na preparação do composto para venda, a escolha de materiais para ensacamento e paletização do produto deve ser feita tendo em conta que estes originarão mais tarde um resíduo que vai carecer de tratamento.

### **ii. Materiais Recicláveis**

O tratamento mecânico dos resíduos indiferenciados permite recuperação de diferentes materiais (metal, papel, cartão, pilhas e plástico).

O alumínio e os metais ferrosos são bem aceites ao nível das indústrias recicladoras destes materiais e poderão dar origem a novos produtos.

O papel e cartão separados por este processo encontram-se muitas vezes altamente contaminados, devido ao facto de serem oriundos de um processo de recolha indiferenciada, neste caso a sua posterior utilização como matéria-prima para outras indústrias fica muitas vezes comprometida ou limitada para opções menos exigentes em termos de qualidade da matéria-prima (indústria de papel Kraft).

A CE reconhece o importante contributo do plástico, mas salienta os desafios em matéria de gestão de resíduos que este implica. Uma situação cada vez mais frequente é aquela que acontece no ambiente marinho onde cerca de 80 % do plástico encontrado nesse ecossistema não é proveniente de navios, mas sim de terra, esta realidade pode criar um forte impacto na saúde pública e no ambiente. Os esforços que a UE está a levar a cabo ações que levem a europa a afastar-se do sistema linear atual, em que os produtos são fabricados, usados e deitados fora, e adotarmos um modelo de negócio

circular em que se dá uma nova finalidade aos produtos. Foram registados aumentos significativos no volume de plástico recolhido para reciclagem na UE. Contudo a um nível mais global a taxa ainda se mantém em apenas 24 % (DGA UE, 2014).

A Europa não pode por isso desperdiçar os cerca de 76 % que não estão a ser aproveitados e que à partida estarão a ser depositados em aterros. Esta realidade tem que ser alterada, até porque a UE pretenda eliminar virtualmente a deposição em aterros até 2020. Por fim, referir ainda que uma análise feita pela Plastic Recyclers Europe (associação europeia de recicladores de plástico) veio demonstrar que uma meta de 62 % é exequível até 2020 e, economicamente, viável. Tal meta desviaria mais de 24 milhões de toneladas do aterro, colocaria 11 milhões de toneladas de plásticos reciclados no mercado, pouparia mais de 4,5 mil milhões ao substituir plástico virgem e criaria cerca de 360 000 empregos (DGA UE, 2014).

Relativamente às Pilhas, o seu estado de degradação pode por em causa a recuperação dos materiais constituintes (manganês, zinco, aço e carbono).

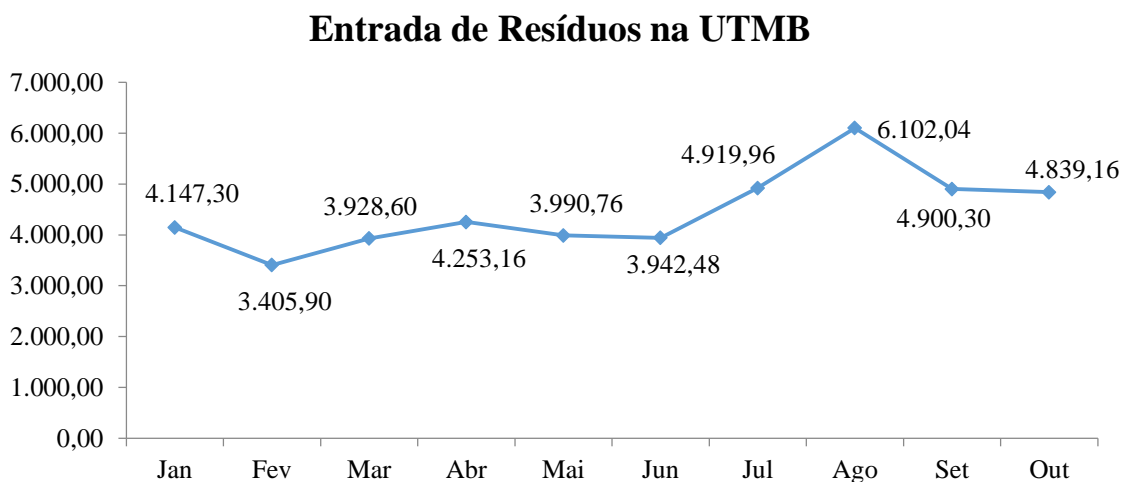
### **iii. Produção de Biogás – Transformação de Eletricidade**

A produção de biogás situa-se geralmente entre 100 e 200 m<sup>3</sup>/ton de resíduos. O biogás produzido durante o processo de digestão anaeróbia pode ser purificado e armazenado para posterior venda ou transformado em energia eléctrica e em energia térmica num sistema de co-geração de energia. No caso em particular a energia eléctrica produzida entra diretamente na rede eléctrica (R.N., 2013).

O biogás pode ser utilizado de inúmeras formas. Pode ser usado como um gás natural substituto (distribuído na rede de abastecimento de gás natural) ou pode ser convertido num combustível para abastecimento de veículos e motores. Mais comumente é utilizado para caldeiras de combustível para produzir calor (água quente e vapor), ou para geradores de combustível para produzir de forma combinada calor e energia que pode gerar eletricidade e calor. O custo associado ao equipamento para produção de biogás pode ser significativo, contudo é considerado uma energia renovável, que é uma medida que serve para encorajar investimento neste tipo de tecnologia de recuperação de energia (Department for Environment Food & Rural affairs, 2013).

### 3. Quantidade de resíduos que entram na UTMB – qual a valorização

No ponto anterior foram indicados os produtos que são valorizados na UTMB resultantes dos RSU. Para conhecer as percentagens que são efetivamente aproveitadas da totalidade de resíduos que dão entrada mensalmente na unidade, é importante analisar os valores respectivos. Na figura 12 estão indicadas as quantidades mensais de RSU que deram entrada na UTMB desde Janeiro de 2014 até Outubro de 2014. Não foram consideradas as quantidades relativas ao ano de 2013 por corresponderem ao período de arranque da infraestrutura. Todos os valores foram facultados pela entidade gestora da UTMB.



**Figura 12** - Quantidade (ton) mensal de RSU que entram na UTMB.

O somatório obtido para a quantidade total de RSU que dão entrada na UTMB é de 44.429,66 toneladas, referente aos 10 primeiros meses do ano.

Destas 44.429,66 toneladas de RSU, cerca de 20.295,82 toneladas são encaminhadas para aterro que corresponde a cerca de 46% do valor total de entrada. Na tabela 1 estão mencionadas as quantidades em toneladas de refugo que é encaminhado para aterro, proveniente de cada uma das etapas da UTMB. Por exemplo em Janeiro de 2014 no tratamento mecânico foram enviadas para aterro 1.362,96 toneladas correspondentes a resíduos sem valorização.

## Capítulo II – UTMB da Resíduos do Nordeste

**Tabela 1** - Quantidade de Refugo enviado para aterro Janeiro a Outubro de 2014.

Local/ Mês	Fim de linha	Óticos	Volumosos	Afinação	Refugo (ton)
Janeiro	1.362,96	304,26	113,50	280,28	<b>2.061,00</b>
Fevereiro.	810,86	224,52	85,76	145,50	<b>1.266,64</b>
Março	1.013,88	241,78	105,52	671,54	<b>2.032,72</b>
Abril	1.154,32	264,82	126,14	352,86	<b>1.898,14</b>
Mai	1.144,32	264,18	112,04	268,08	<b>1.788,62</b>
Junho	533,98	169,62	100,38	0	<b>803,98</b>
Julho	1.741,50	288,48	148,98	398,36	<b>2.577,32</b>
Agosto	1.730,08	369,74	158,06	466,88	<b>2.724,76</b>
Setembro	1.359,40	413,54	155,84	435,12	<b>2.363,90</b>
Outubro	1.480,30	329,90	175,46	793,08	<b>2.778,74</b>
<b>TOTAL</b>	<b>12331,60</b>	<b>2870,84</b>	<b>1281,68</b>	<b>3811,70</b>	<b>20295,82</b>

Por sua vez, na tabela 2 pode observar-se a quantidade mensal de resíduos valorizados para as diferentes frações e para o composto final obtido.

**Tabela 2** - Quantidade de resíduos recuperados na UTMB em 2014

<b>Recicláveis Recuperados (ton) e Composto final (ton) ano 2014</b>											
Descrição	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	TOTAL
Filme	81,06	62,16	72,24	62,16	70,56	57,54	63,42	78,54	58,80	72,24	<b>678,72</b>
PET	33,20	18,80	20,60	21,40	25,20	26,80	34,00	35,00	31,80	37,60	<b>284,40</b>
PEAD	15,40	12,54	14,30	13,86	17,16	14,52	16,06	12,54	12,54	23,10	<b>152,02</b>
MIX	22,73	22,95	43,75	47,25	48,30	47,60	54,60	66,50	66,15	66,85	<b>486,68</b>
ECAL	14,00	14,12	13,50	14,50	20,50	13,00	13,00	1,00	0	29,50	<b>133,12</b>
Cartão	27,26	37,13	71,91	63,92	65,80	49,82	40,42	43,71	27,73	27,73	<b>455,43</b>
Vidro	40,02	37,73	38,88	42,06	38,84	40,24	43,88	67,14	45,55	44,90	<b>439,24</b>
Alumínio	2,52	3,48	3,76	3,88	4,84	3,88	4,68	0,52	0,16	10,88	<b>38,60</b>
Metal	46,35	37,35	44,73	50,09	50,58	47,52	53,60	70,43	48,06	47,79	<b>496,49</b>
Sucata	6,00	8,00	14,92	18,04	15,64	13,32	16,46	20,80	17,82	19,44	<b>150,44</b>
Plásticos duros		2,00	2,94	3,36	4,48	4,98	5,62	6,16	7,36	7,92	<b>44,82</b>
Composto final	58,00	36,00	246,00	138,00	144,00	0	184,00	156,00	146,00	274,00	<b>1 382,00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>346,54</b>	<b>292,26</b>	<b>587,53</b>	<b>478,52</b>	<b>505,9</b>	<b>319,22</b>	<b>529,74</b>	<b>558,34</b>	<b>461,97</b>	<b>661,95</b>	<b>3.359,95</b>

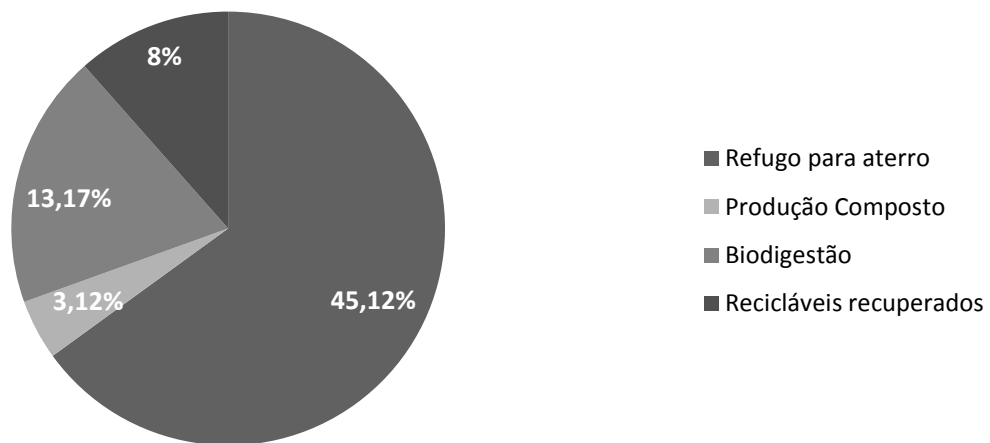
## Capítulo II – UTMB da Resíduos do Nordeste

Ou seja, o valor total para os recicláveis recuperados entre janeiro a outubro de 2014 é de 3.359,952 toneladas que corresponde a cerca de 8% de valorização tendo em conta a quantidade de RSU que deram entrada nos 10 meses referidos.

Relativamente ao composto final, a quantidade obtida por mês através do processo de compostagem é de 1.382,00 toneladas. Este valor corresponde a uma valorização de 3.12% tendo em conta a quantidade de RSU que deram entrada nos 10 meses referidos.

Por último, para a produção de biogás deram entrada ao fim dos 10 meses referenciados, cerca de 5.851,30 toneladas de RSU, o que corresponde a uma valorização de 13.17%.

Na figura 13 pode-se observar que a valorização de RSU levada a cabo na UTMB é de 24.29% e que o total de RSU que vai para aterro é de 45.12%. O valor total não se situa nos 100% porque os resíduos em que se trabalha diariamente não corresponde à deposição que é feita nesses dias correspondentes. Não havendo assim uma correspondência exata entre o dia em que é feita a deposição de RSU pelos camiões e o dia em que essa quantidade de RSU é tratada. Sendo assim não temos uma correspondência de 100% na figura 13 mas sim de 69.41%.



**Figura 13** - Quantidades valorizadas e que vão para aterro na UTMB.

Em forma de síntese, pode-se considerar que, tendo em conta estes resultados, faz sentido promover a instalação de infraestruturas idênticas às UTMB que permitem valorização das várias frações de resíduos atrás identificados. Como se verificou a percentagem de RSU que não é valorizada deixou de ser 100%, como acontecia quando apenas existia o aterro como alternativa de deposição, e passou a ser apenas cerca de metade. É com base nestes valores que se deve refletir para que no futuro se possa

## **Capítulo II – UTMB da Resíduos do Nordeste**

eliminar definitivamente o aterro como destino final, conforme objetivo da UE. Urge desenvolver novas metodologias que permitam que esses resíduos possam também eles ser valorizados.

## **Capítulo III- Campanha anual de caracterização de resíduos**

### **1. Campanha anual de caracterização de resíduos da UTMB Urjais**

O PERSU II aprovado pela *Portaria n.º 187/2007 de 12 de Fevereiro*, revogado através da *Portaria n.º 187-A/2014 de 17 de Setembro*, estabeleceu as linhas mestras necessárias à definição da metodologia para a quantificação e caracterização de resíduos sólidos urbanos.

A metodologia a aplicar, para a realização de campanhas de caracterização de RSU, tem como base legal o *Decreto-lei 178/2006 de 5 de Setembro* com a *Portaria 851/2009 de 7 de agosto*. A caracterização de RSU destina-se a estimar os valores médios de massa volumica e de composição física dos resíduos recolhidos anualmente na área abrangida pelo Tecnosistema da R.N..

#### **1.1 Metodologia utilizada para efetuar a campanha anual de recolha e caracterização de resíduos da UTMB Urjais**

A metodologia utilizada para realizar a campanha foi composta por duas campanhas de amostragem, um no Outono – Inverno e outro na Primavera – Verão.

##### **a) Seleção das Rotas para caracterização de resíduos**

De acordo com o indicado na *Portaria n.º 851/2009 de 7 de agosto* foram identificados, os resíduos a caracterizar, no caso em estudo trata-se de resíduos sólidos urbanos indiferenciados, produzidos nos concelhos inseridos na área de atuação da empresa Resíduos do Nordeste. No anexo I estão identificadas as categorias e subcategorias de resíduos para ajudar na classificação durante a campanha, informação retirada do *quadro n.º 1 da Portaria n.º 851/2009 de 7 de agosto*.

Os resíduos que dão entrada e são tratados na UTMB estão identificados por rotas, ou seja, cada empresa subcontratada faz a recolha de resíduos em concelhos específicos. A recolha é feita mediante rotas.

Todas as rotas dão entrada na UTMB sendo que a primeira ação que é levada a cabo é a pesagem dos camiões, de modo a conhecer-se o peso de resíduos que cada camião transporta, para cada rota. Essa pesagem é feita na recepção. Os camiões são pesados na

### Capítulo III - Campanha anual de caracterização de resíduos

balança que aí se localiza, à entrada com resíduos e à saída, já vazio. A diferença de valores resulta no peso efetivo de resíduos.

Para efetuar a caracterização de resíduos é necessário considerar todas as rotas e, caso seja necessário, fazer repetições. Na caracterização de resíduos que foi efetuada na UTMB, as amostras foram colhidas em circuitos existentes, identificados na tabela 3.

**Tabela 3 - Circuitos que dão entrada na UTMB**

	<b>Rotas</b>	<b>Locais de Recolha</b>
<b>Rotas Focsa</b>	1	Mirandela
	2	Macedo de Cavaleiros
	3	Carrazeda de Ansiães e Vila Flor
	4	Vila Flor, Carrazeda de Ansiães e Alfândega da Fé
	5	Mirandela e Vila Flor
	6	Macedo de Cavaleiros e Mirandela
	7	Vila Flor, Macedo de Cavaleiros e Alfândega da Fé
<b>Rotas Cespa</b>	Bragança	Bragança
	Vimioso	Vimioso
	Vinhais	Vinhais
	Miranda do Douro	Miranda do Douro

No entanto, de acordo com a portaria que rege a caracterização de resíduos provenientes da recolha indiferenciada são necessárias 21 amostras (quadro n.º 2 da *Portaria n.º 851/2009 de 7 de agosto*) por cada campanha. Por este motivo houve necessidade de proceder à repetição de algumas rotas, nomeadamente, as que produzem maior quantidade de resíduos. Neste seguimento verificaram-se as quantidades médias que cada rota deposita na UTMB tendo em conta a frequência de entrada de camiões. O resultado dessa análise resultou nas repetições da tabela 4 e 5. De notar que a rota 7 apenas é percorrida nos meses de Verão. Assim esta rota apenas vai ser considerada na campanha Primavera-Verão.

### Capítulo III - Campanha anual de caracterização de resíduos

**Tabela 4** - Repetição das rotas para campanha de caracterização da época húmida

<b>Rotas</b>	<b>Locais de recolha</b>	<b>N.º médio de entradas por semana</b>	<b>Peso médio líquido (Kg)</b>	<b>N.º repetição amostra</b>
1	Mirandela	5	56.400	2
2	Macedo Cavaleiros	5	40.000	1
3	Carrazeda Ansiães/ Vila Flor	4	36.000	1
4	Vila Flor/ Carrazeda/ Alfândega	4	32.000	1
5	Mirandela/ Vila Flor	5	45.000	2
6	Macedo Cavaleiros/ Mirandela	5	40.000	2
7*	Vila Flor/ Macedo/ Alfândega*	0	0	0
<b>DS</b>	Douro Superior	4	60.000	3
<b>Bragança</b>	Bragança	7	91.000	3
<b>Miranda do Douro</b>	Miranda do Douro	6	60.000	3
<b>Vimioso</b>	Vimioso	5	35.000	1
<b>Vinhais</b>	Vinhais	4	44.000	2
			<b>Total Rotas</b>	<b>21</b>

\*Rota apenas realizada no Verão

**Tabela 5** - Repetição das rotas para campanha de caracterização da época seca

<b>Rotas</b>	<b>Locais de recolha</b>	<b>N.º médio de entradas por semana</b>	<b>Peso médio líquido (Kg)</b>	<b>N.º repetição amostra</b>
1	Mirandela	5	410760	3
2	Macedo Cavaleiros	5	244340	2
3	Carrazeda Ansiães/ Vila Flor	4	288040	3
4	Vila Flor/ Carrazeda/ Alfândega	4	174680	1
5	Mirandela/ Vila Flor	5	192000	1
6	Macedo Cavaleiros/ Mirandela	5	236320	1
7	Vila Flor/ Macedo/ Alfândega	Rota de Verão	241020	1
<b>DS</b>	Douro Superior	4	361660	3
<b>Bragança</b>	Bragança	7	408780	3
<b>Miranda do Douro</b>	Miranda do Douro	6	104780	1
<b>Vimioso</b>	Vimioso	5	162900	1
<b>Vinhais</b>	Vinhais	4	198360	1
			<b>Total Rotas</b>	<b>21</b>

### Capítulo III - Campanha anual de caracterização de resíduos

As amostras são constituídas a partir da massa de resíduos acumulados nas áreas de recepção das instalações da UTMB, nomeadamente das fossas de receção. A extração foi efetuada de forma aleatória, e em pequenas unidades de amostragem, até perfazer a quantidade necessária.

Esta amostragem foi levada a cabo num recinto coberto, neste caso, no armazém de recepção dos resíduos. Este local é arejado, tem espaço para o trabalho em causa, e garante todas as restantes condições exigidas na *Portaria n.º 851/2009 de 7 de agosto*. Para além do local foram tidas também em consideração todas as regras de higiene e segurança no trabalho, todos os intervenientes usaram equipamentos de proteção individual. A triagem das amostras nas categorias e subcategorias indicadas atrás foram realizadas num intervalo de tempo inferior a vinte e quatro horas, após a sua constituição, conforme o indicado na portaria.

#### **b) Método de Recolha e Pesagem dos Resíduos**

Começa-se por pesar os recipientes numerados que contêm a amostra e anotam-se os valores no boletim de análise (Anexo II). Segue-se a separação dos componentes, procedendo-se à colocação do crivo sobre o oleado a cerca de 80 cm de altura. Despeja-se aos poucos o conteúdo dos recipientes sobre o crivo. Separam-se os resíduos da amostra segundo os vários componentes, indicados anteriormente, colocando-os nos recipientes marcados com a sua designação. De vez em quando é necessário sacudir-se o crivo, de modo a facilitar a passagem dos finos (resíduos com dimensões inferiores a 20 mm) através da malha. Quando terminada a separação, a fração dos finos é colocada no respectivo recipiente. Procede-se então à pesagem dos vários recipientes e anotam-se os valores no boletim de análise (Anexo II).

#### **c) Tamanho das Amostras**

De acordo com o quadro n.º 2 da *Portaria n.º 851/2009 de 7 de agosto* o número de amostras por campanha corresponde ao fluxo da recolha indiferenciada, ou seja, 21 amostras por campanha. A quantidade de material por amostra corresponde ao quadro n.º 3 da referida portaria. Neste caso em particular dado que se trata de resíduos indiferenciados, o peso de cada amostra é de 350 Kg. Antes de mais, é importante referir que foram evitadas recolhas em períodos atípicos ou excecionais, nomeadamente

### **Capítulo III - Campanha anual de caracterização de resíduos**

épocas festivas ou de férias, de modo a evitar repercussões nas características dos resíduos urbanos produzidos.

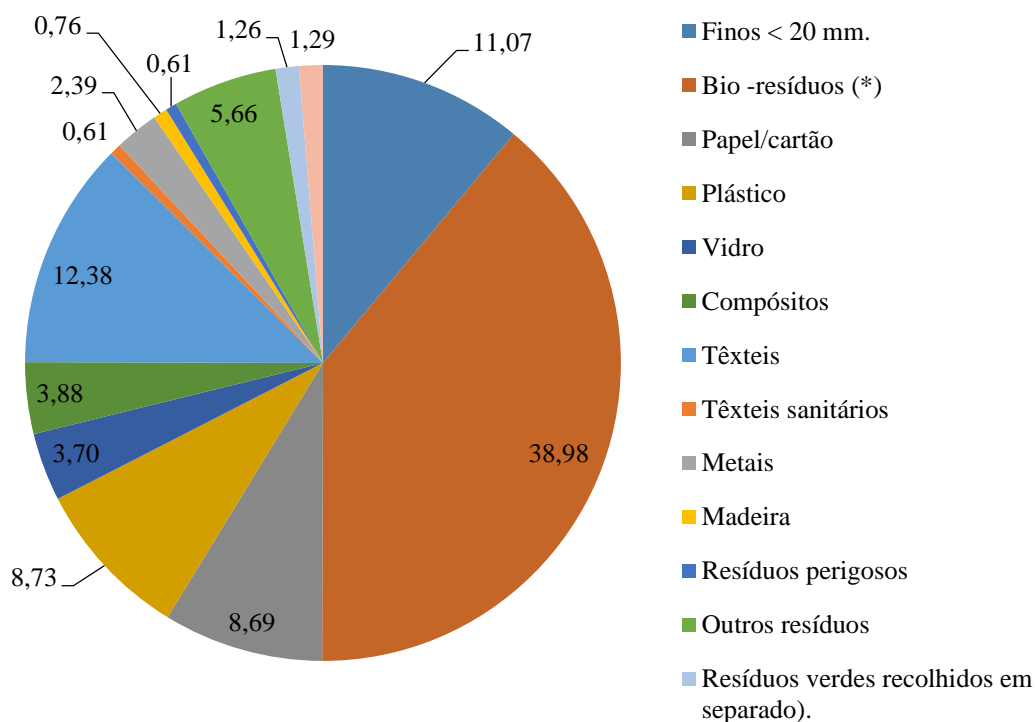
#### **1.2 Resultados da campanha**

È de realçar, que os resultados obtidos nas duas épocas da campanha totalizam 42 amostras de 350 Kg cada (21 em cada época de caracterização). Diariamente entram na UTMB cerca de 100 ton de RSU (R.N., 2014) e o conhecimento da variabilidade dos resíduos que entram, permite que a RN, neste caso em particular, possa proceder de forma mais direcionada para os tratamentos que eventualmente estejam em falta, ou para o desenvolvimento de outros, assim como para o tipo de campanha de sensibilização ambiental mais adequada a por em prática.

##### **1.2.1 Resultados da Campanha outono-inverno 2013 UTMB Urjais**

Os resultados da campanha de caracterização de RSU, para a época húmida outono-inverno de 2013 efetuada na UTMB de Urjais, estão indicados na figura 14. Observa-se que a maior fração dos resíduos caracterizados corresponde aos bio-resíduos, com um valor de 38,98%. Se a essa percentagem se somar o valor associado à fração dos finos, madeira e resíduos verdes, obtém-se um total de 52.07% o que corresponde a cerca de metade do valor total da amostra caracterizada e que é enviado para compostagem e para o digester anaeróbio. Das frações que podem ser recicladas, verifica-se que no total, o papel/cartão, plástico, vidro e metais correspondem a 23.51% do valor médio obtido das 21 amostras. Não foram consideradas as percentagens dos compósitos nesta avaliação, já que algumas das sub-categorias não são ainda valorizáveis. A percentagem de resíduos que ainda não têm valorização relativamente à campanha da época húmida é de 20.55% correspondente aos têxteis, têxteis sanitários, resíduos perigosos, outros resíduos e resíduos volumosos. Os compósitos não foram contabilizados no que diz respeito ao seu destino final, porque nas suas subcategorias (ANEXO I) podem ser recuperados os resíduos de embalagens de cartão para alimentos líquidos (ECAL) e os pequenos aparelhos electrodomésticos. Os resultados totais da categoria são de 3.88% e para a época húmida.

### Capítulo III - Campanha anual de caracterização de resíduos



(\*) Consideram-se bio-resíduos os resíduos de jardins biodegradáveis, os resíduos alimentares e de cozinhas das habitações, dos restaurantes, das unidades de *catering* e de retalho e os resíduos similares das unidades de transformação de alimentos.

**Figura 14** - Resultados da campanha da época húmida outono-inverno (%)

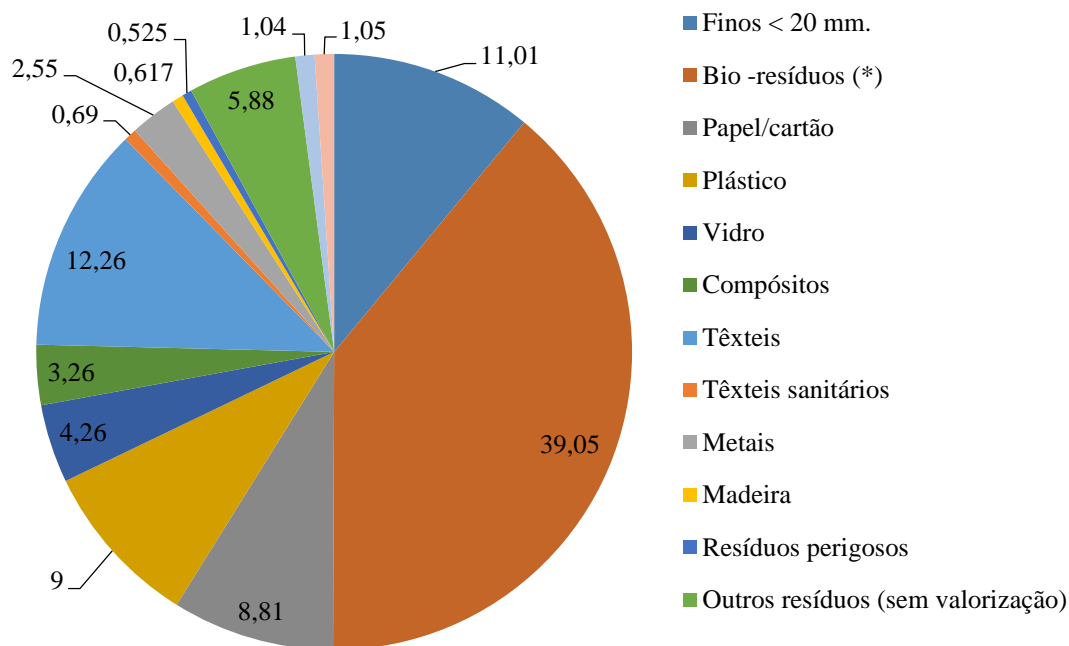
No decorrer da caracterização das amostras desta época, foram identificados vários resíduos que não deveriam ser depositados no mesmo local dos RSU, como os resíduos de construção e demolição (RCD), nomeadamente cimento e resíduos de tijolos. Tipicamente associado às estações do ano que esta época inclui, foi frequente o surgimento de cinzas de lareiras. Na grande maioria das rotas era frequente o aparecimento de animais mortos, nomeadamente galinhas, ovinos e caprinos, assim como ossadas de bovinos. Foram também encontradas latas de óleo de veículos, e desperdícios embebidos em óleo de oficinas, resíduos que têm uma forma específica de tratamento e que não devem ser depositados no mesmo local dos RSU. Foi ainda frequente nesta caracterização, o surgimento de sacos num total de cerca de 10 Kg (pesados no local) de resíduos hospitalares. Nesta situação foi dado o devido alerta para as autoridades competentes de modo a serem identificadas as instituições que não estavam a efetuar uma gestão adequada deste tipo de resíduos pelos riscos potenciais associados e perigosidade intrínseca, para a saúde e para o meio ambiente. Por último, foram encontradas na totalidade das 21 amostras, desta época, um total de 6 Kg de

pedras (pesadas no local), inertes que podem causar graves danos no equipamento mecânico.

#### **1.2.2 Resultados da Campanha primavera-verão 2014 UTMB Urjais**

Os resultados da campanha de caracterização de RSU, para a época seca, ou seja, primavera- verão de 2014 efetuada na UTMB de Urjais, estão indicados na figura 15. Observa-se que a maior fração dos resíduos caracterizados, tal como se verificou na campanha da época húmida, corresponde aos bio-resíduos, com um valor de 39.05% valor ligeiramente mais elevado do que na época anterior. Se a essa percentagem se somar o valor associado à fração dos finos, madeira e resíduos verdes, obtém-se um total de 51.07% o que corresponde a mais de metade do valor total da amostra caracterizada e que é enviado para compostagem e para o digestor anaeróbio. Das frações que podem ser recicladas, verificou-se que no total, o papel/cartão, plástico, vidro e metais correspondem a 24.62% do valor médio obtido das 21 amostras. Não foram consideradas as percentagens dos compósitos nesta avaliação, já que algumas das sub-categorias não são ainda valorizáveis. A percentagem de resíduos que ainda não têm valorização é de 22.615% correspondente aos têxteis, têxteis sanitários, resíduos perigosos, outros resíduos e resíduos volumosos. Os compósitos não foram contabilizados no que diz respeito ao seu destino final, porque nas suas subcategorias (ANEXO I) podem ser recuperados os resíduos de embalagens de cartão para alimentos líquidos (ECAL) e os pequenos aparelhos electrodomésticos. Os resultados totais da categoria são de 3.26%.

### Capítulo III - Campanha anual de caracterização de resíduos



(\*) Consideram-se bio-resíduos os resíduos de jardins biodegradáveis, os resíduos alimentares e de cozinhas das habitações, dos restaurantes, das unidades de *catering* e de retalho e os resíduos similares das unidades de transformação de alimentos.

**Figura 15** - Resultados da campanha da época seca primavera-verão 2014 (%)

Na caracterização das amostras desta época também foram encontrados resíduos depositados indevidamente com os RSU, à semelhança do que aconteceu também na época húmida. A maioria desses resíduos correspondeu a animais mortos (galinhas, coelhos, ovinos, caprinos e ossadas variadas), resíduos de oficinas (desperdícios, baterias, óleos). Não foram, contudo, encontrados resíduos hospitalares. Apenas se registaram resíduos provenientes de consultórios de dentistas (luvas, algodões, entre outros) e de lares (fraldas, resguardos, luvas, seringas/canetas diabéticos, entre outros). A caracterização de verão foi feita com maior dificuldade devido às temperaturas que se faziam sentir tanto fora como dentro das instalações da UTMB. As amostras entravam de forma mais rápida em decomposição o que dificultou a elaboração deste trabalho. Contudo na totalidade da campanha foi possível contar com todo o apoio dos responsáveis da UTMB em todas as questões logísticas necessárias.

#### 1.2.3 Discussão dos resultados das duas campanhas

Na tabela 6 verifica-se que a quantidade de resíduos pesados em cada uma das categorias foi bastante semelhante. Estes resultados indicam, à partida, que

### Capítulo III - Campanha anual de caracterização de resíduos

independentemente das épocas a quantidade e tipo de resíduos consumidos são semelhantes.

**Tabela 6** - Quantidade (kg) de RSU por categoria na totalidade das 42 amostras.

<b>Categorias</b>	<b>Pesagens época húmida (Kg) 21 amostras</b>	<b>Pesagens época seca (Kg) 21 amostras</b>
Finos <20 mm.	813,65	809,24
Bio -resíduos (*)	2864,89	2870,18
Papel/cartão	638,6	647,54
Plástico	641,85	661,50
Vidro	272,00	313,11
Compósitos	285,29	239,61
Têxteis	910,01	901,11
Têxteis sanitários	44,917	50,72
Metais	175,30	187,43
Madeira	55,88	45,35
Resíduos perigosos	44,55	38,59
Outros resíduos	416,10	432,18
Resíduos verdes recolhidos em separado	92,40	76,44
Resíduos volumosos.	95,10	77,18
<b>Total</b>	<b>7350,537</b>	<b>7350,18</b>

(\*) Consideram-se bio-resíduos os resíduos de jardins biodegradáveis, os resíduos alimentares e de cozinhas das habitações, dos restaurantes, das unidades de *catering* e de retalho e os resíduos similares das unidades de transformação de alimentos.

Conforme foi verificado nos pontos acima, os valores associados aos resíduos perigosos baixaram ligeiramente na caracterização da época de verão, passando dos 44 para os 38.59 Kg. Verificou-se um aumento da produção de vidro, passando de 272 para 313.11 Kg na época de verão, o que à partida será natural, visto que no verão se consomem mais líquidos. Os restantes aumentos, apesar de não serem significativos, verificaram-se nos bio-resíduos, papel/cartão, plástico, têxteis sanitários, metais, outros resíduos (devido de forma clara à quantidade de fraldas de adultos). Houve contudo uma diminuição nos compósitos, têxteis, madeira, outros resíduos verdes recolhidos em separado e resíduos volumosos.

De notar, que de todos os resíduos que foram identificados “*in loco*” aquando da caracterização existem alguns que são de facto encontrados em grande quantidade, sobretudo as fraldas e os têxteis, resíduos para os quais os tratamentos associados à sua eliminação ou reciclagem são ainda deficitários. Contudo com o objetivo de encontrar as melhores opções de gestão das fraldas, a Agência Portuguesa do Ambiente

### Capítulo III - Campanha anual de caracterização de resíduos

diligenciou, em 2009, em parceria com uma entidade externa, o desenvolvimento de um estudo de sustentabilidade técnica, ambiental e económico-financeira, de forma avaliar o potencial deste resíduo. Com a concretização deste estudo foram identificados vários cenários de modelos de gestão. Contudo foi considerado não haver mais-valia na constituição de um fluxo específico para as fraldas e, conseqüentemente, um enquadramento legal específico.

São também encontrados vários resíduos para os quais já existe valorização, como as pilhas (a gestão das pilhas e acumuladores é regulamentada pelo *Decreto-Lei n.º 6/2009, de 6 de Janeiro* que estabelece o regime de colocação no mercado de pilhas e acumuladores e o regime de recolha, tratamento, reciclagem e eliminação dos respetivos resíduos), lâmpadas e resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE) (a gestão de REEE encontra-se regulamentada pelo *Decreto-Lei n.º 230/2004, de 10 de Dezembro* com posteriores alterações através do *Decreto-Lei n.º 174/2005, de 25 de Outubro*, e do *Decreto-Lei n.º 132/2010, de 17 de Dezembro*).

Foram ainda identificados resíduos de construção e demolição (RCD), que não devem ser depositados juntamente com os resíduos indiferenciados, mas que foram contabilizados em todas as amostras. Uma das conseqüências da deposição de resíduos de construção e demolição pode ser a contaminação dos restantes resíduos, mas também podem provocar danos nos equipamentos da UTMB. A difícil quantificação, a deposição não controlada e o recurso a sistemas apoiados em tratamentos de fim de linha, constituem constrangimentos inerentes às características dos resíduos e do sector em causa. Todas estas práticas, que podem de facto conduzir a situações ambientalmente indesejáveis e incompatíveis com os objectivos nacionais e comunitários em matéria de desempenho ambiental, consubstanciaram a preparação de legislação específica para o fluxo dos RCD. Essencialmente através da publicação do *Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março*, alterado pelo *Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho*, que estabelece o regime das operações de gestão de RCD, compreendendo a sua prevenção e reutilização e as suas operações de recolha, transporte, armazenagem, tratamento, valorização e eliminação, foi lançada a primeira de uma série de medidas legislativas e normativas no sentido de se colmatarem lacunas de conhecimento, e de se promover a aplicação da hierarquia de resíduos.

### Capítulo III - Campanha anual de caracterização de resíduos

Foram também já referidos os resíduos hospitalares (figura 16), pelo facto de terem sido encontrados nas amostras de RSU caracterizadas. Em Portugal, para os resíduos hospitalares dos Grupos I e II (resíduos equiparados a urbanos e resíduos hospitalares não perigosos respetivamente) é admitida a gestão conjunta com os resíduos urbanos, sendo exigidos tratamentos específicos para os resíduos dos Grupos III e IV (resíduos hospitalares de risco biológico e resíduos hospitalares específicos respetivamente). Neste contexto, os resíduos do Grupo III podem ser tratados por incineração ou, em alternativa, descontaminados, seguindo-se a deposição em aterro para resíduos não perigosos. Relativamente aos resíduos do Grupo IV, é considerado obrigatório o recurso à incineração (APA, 2014). No caso em particular, foram encontrados resíduos hospitalares de todos os grupos. O PERH 2011-2016 *Plano Estratégico dos Resíduos Hospitalares 2011-2016*, aprovado pela *Portaria n.º 43/2011 de 20 de Janeiro*, proveniente do *Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho* inclui todos os procedimentos a ter em conta para a sua gestão.



**Figura 16** - Exemplos de resíduos encontrados.

Também no que diz respeito aos animais mortos (figura 16) que foram encontrados na caracterização, a lei é clara quanto à sua gestão. O sistema de recolha de cadáveres de animais mortos na exploração (SIRCA) foi criado no sentido de se proceder à recolha dos animais, em tempo útil, e permitir efetuar a despistagem obrigatória de eventuais encefalopatias espongiformes transmissíveis (EET's), em conformidade com o disposto no *Regulamento (CE) n.º 1069/2009* que estabelece regras sanitárias relativas aos

### Capítulo III - Campanha anual de caracterização de resíduos

subprodutos animais não destinados ao consumo humano, nomeadamente as que decorrem da interdição, em geral, do enterramento dos animais mortos na exploração.

Este sistema é coordenado pela Direcção-Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV) e pelo Instituto de Financiamento de Agricultura e Pescas (IFAP), intervindo ainda o Laboratório Nacional de Investigação Veterinária (LNIV) e as Unidades de Transformação de Subprodutos (UTS). Para assegurar o funcionamento do sistema, foram criados Centros de Atendimento Telefónico do SIRCA (CAT SIRCA) que centralizam as comunicações dos detentores relativos às mortes dos animais nas suas explorações. A recolha de cadáveres é desencadeada pela comunicação telefónica, do detentor do animal morto, para o CAT SIRCA.

Quanto aos restantes resíduos que já têm valorização no mercado, é da responsabilidade dos produtores a deposição correta nos já existentes ecopontos, de modo a evitar que sejam misturados com os resíduos indiferenciados, aumentando assim, os custos no tratamento. Neste sentido importa referir a Sociedade Ponto Verde (SPV) criada em 1996 por um conjunto de empresas que colocam os produtos embalados no mercado (embaladores). A SPV é um parceiro privilegiado para a reciclagem das embalagens, que assegura as condições necessárias para um ciclo de sustentabilidade praticamente infinito, e contribui para o aumento da vida útil dos materiais e para a preservação do ambiente. A missão da SPV é organizar e gerir a retoma e valorização dos resíduos de embalagens através do Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagens (SIGRE) - o Sistema Ponto Verde. Este trabalho é desenvolvido em nome dos embaladores/importadores, dos fabricantes de embalagens e materiais de embalagem, e também dos distribuidores.

## **Capítulo IV – Ensaio Biológico: Avaliação do potencial agronómico do composto**

### **1. Importância da utilização do composto na agricultura**

A compostagem de RSU é um processo biológico que permite, após a extração de contaminantes, que apenas reste a fracção orgânica, passível de ser incorporada nos solos integrando de novo os ciclos ecológicos, vitais para o planeta. O composto obtido pela compostagem pode ser definido como um produto estabilizado, já que resulta de um processo biológico, em que a fracção orgânica é decomposta e reorganizada em condições cuidadosamente controladas. (Batista & Batista 2007).

Os solos de Portugal continental são, em geral, muito pobres em matéria orgânica, por razões essencialmente climáticas. Por esse motivo, a utilização de compostos orgânicos na agricultura tem um grande interesse para aplicação como fertilizante, nomeadamente como corretivo orgânico (Santos, 2001). Desta forma é possível dar corpo aos objectivos do livro verde sobre Gestão de Bio resíduos na União Europeia (COM, 2008 811 Final).

De um modo geral, pode indicar-se que a aplicação de um composto devidamente maturado tem um potencial de aplicação especialmente como fertilizante e corretivo orgânico. A aplicação como corretivo orgânico pode melhorar significativamente as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, incrementando o arejamento, a capacidade de retenção de água e de infiltração, contribuindo para a redução da densidade aparente do solo e para evitar incrustações de superfície e redução da lixiviação dos solos (Biddlestone & Day, 1987). Além disso o sistema radicular da planta pode ser estimulado pelo facto de serem melhoradas as características físicas e o incremento nutritivo, possibilitando que a planta possa explorar um maior volume do solo (De Bertoldi *et al.*, 1983).

Apesar das diversas situações em que se pode aplicar o composto no solo, quer seja na atividade agrícola ou florestal, no fundo pode resumir-se a sua aplicação como fertilizante, quer seja para atuar como adubo ou como corretivo orgânico. Também pode ser usado como substrato de cultivo. A aplicação deste composto no solo pode trazer várias vantagens, como a diminuição na utilização de turfa como substrato, diminuição na aplicação de fertilizantes de síntese; potencial para melhorar as características do

solo e a sua fertilidade e potencial na redução da erosão (Evans, 2001). A atribuição de um rótulo ecológico para a designação de corretivos de solos ou de meio de suporte para as culturas deve obedecer a critérios definidos pela EU (*Decisão de 3 de Novembro de 2006 e decisão de 5 de Dezembro de 2006*, respetivamente).

O composto da UTMB de Urjais resulta da degradação de RSU que após o seu tratamento pode constituir um produto para comercialização. Além disso, o seu potencial de valorização contribui para a diminuição da quantidade de resíduos enviada para aterro, e conseqüentemente favorece a redução na emissão de gases não controlados para a atmosfera (Evans, 2001).

Apesar do presente trabalho pretender focalizar a utilização do composto na agricultura, outras áreas existem onde o composto pode também ser aplicado. Nomeadamente em projetos de paisagismo, viveiros, estufas, produção de relva e turfa, nos separadores de autoestradas, e em aplicações das bermas de estradas, jardins públicos, na recuperação da cobertura de solos onde são selados aterros e minas, na silvicultura e em último caso para venda, caso apresente as características adequadas (Epstein, 1997).

## **2. Caracterização do composto recolhido na UTMB**

Para que a aplicação de um composto orgânico ao solo seja o mais eficiente possível é necessário conhecer previamente as suas características. Este conhecimento evitará a aplicação ao solo de composto orgânico com qualidade desadequada, que possa vir a comprometer a qualidade do solo. A sua caracterização obedece a normas e metodologias previstas num documento de trabalho emanado pela comunidade europeia para o tratamento biológico de resíduos (EC, 2001, 2nd draft) e transposto para um documento nacional, sem autor visível, designado de “Especificações Técnicas sobre a Qualidade e Utilização do Composto” (Anónimo, 2008). A sua comercialização como corretivo agrícola deve obedecer às regras estabelecidas na Portaria 1322/2006 de 24 de Novembro. Os corretivos agrícolas devem declarar no rótulo características químicas de acordo com as especificações técnicas (Anónimo, 2008), valores para *Salmonella spp.*, valores para *Escherichia coli*, existência de plantas infestantes e presença de inertes. Neste trabalho não foi pesquisada formalmente a presença de infestantes e não foi quantificada a percentagem de inertes. Em relação a estes componentes pode dizer-se que estavam ausentes, dada a afinação que o composto final sofre onde este tipo de materiais é retirado.

## 2.1 Caracterização dos parâmetros físico-químicos do composto

### 2.1.1 Material e métodos

O composto da UTMB está a ser produzido de forma contínua e as amostras foram recolhidas entre Novembro de 2013 e Outubro de 2014, com uma periodicidade aproximadamente mensal. No total foram recolhidas e analisadas 14 amostras. Para a tonelagem de resíduos que entra na UTMB bastariam 6 análises anuais. Na tabela 7 apresentam-se os parâmetros analisados e a referência às normas que suportaram as metodologias analíticas. Relativamente ao conjunto de determinações habituais, ficaram por avaliar as concentrações de trióxido de enxofre (SO<sub>3</sub>) e mercúrio (Hg) porque, até à data da conclusão deste trabalho, não existia equipamento apropriado na escola superior agrária de Bragança (ESAB).

**Tabela 7** - Parâmetros analíticos e métodos utilizados

<b>Parâmetro</b>	<b>Método</b>
pH (1/5 v/v)	EN 13037 (1/5, v/v)
Condutividade elétrica (mS.cm <sup>-1</sup> )	EN 13038 (1/5, v/v)
Matéria Orgânica (%)	EN 13039
Humidade (%)	EN 13040
Azoto (N) (%)	EN 13342
Carbono (C) (%)	EN 13342
Razão C/N	Cálculo
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (%)	EN 13650
Cálcio (CaO) (%)	EN 13650
Magnésio (MgO) (%)	EN 13650
Potássio (K <sub>2</sub> O) (%)	EN 13650
Cádmio (Cd) (mg kg <sup>-1</sup> )	EN 13650
Chumbo (Pb) (mg kg <sup>-1</sup> )	EN 13650
Crómio (Cr) (mg kg <sup>-1</sup> )	EN 13650
Cobre (Cu) (mg kg <sup>-1</sup> )	EN 13650
Níquel (Ni) (mg kg <sup>-1</sup> )	EN 13650
Zinco (Zn) (mg kg <sup>-1</sup> )	EN 13650
Boro (B) (mg kg <sup>-1</sup> )	Calcinação e UV/VIS por azometina-H

A tabela 8 apresenta a interpretação possível dos resultados dos parâmetros de caracterização do composto, à luz da legislação atual. As maiores restrições colocam-se

ao nível das concentrações em metais pesados e condutividade, uma vez que, em relação aos outros parâmetros não há recomendações formais.

**Tabela 8** - Classificação dos parâmetros físico-químicos do composto (1)

Parâmetros	Proposta de Norma Técnica sobre Qualidade e Utilizações do composto			
	Classe I	Classe II	Classe IIA	Classe III
Humidade (%)			<40	
pH (H <sub>2</sub> O)			5,5 - 8,5	
CE (µS cm <sup>-1</sup> )		<1,5 µS cm <sup>-1</sup> para rótulo ecológico (2)		
Matéria Orgânica (%)		≥ 30 (2)		
Relação C/N		≤15,1 (2)		
N total (%)				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total (%)				
K <sub>2</sub> O total (%)				
CaO total (%)				
MgO (%)				
Hg total (mg Kg <sup>-1</sup> )	0,7	1,5	3	5
Cd (mg Kg <sup>-1</sup> )	0,7	1,5	3	5
Cr (mg Kg <sup>-1</sup> )	100	150	300	600
Cu (mg Kg <sup>-1</sup> )	100	200	400	600
Ni (mg Kg <sup>-1</sup> )	50	100	200	200
Pb (mg Kg <sup>-1</sup> )	100	150	300	500
Zn (mg Kg <sup>-1</sup> )	200	500	1000	1500

(1) Anónimo, 2008

(2) Quintero *et al.*, 2014

### 2.1.2 Resultados e discussão

Na tabela 9 apresentam-se os resultados analíticos dos diversos parâmetros analisados na forma de média e desvio padrão. A discussão dos resultados faz-se então de acordo com as especificações para os metais pesados apresentadas na tabela 8, de acordo com Quintero *et al.*, (2014) e de acordo com os valores característicos em RSU apresentados no Código das Boas Práticas Agrícolas (*DRAPN, 1997*), sem prejuízo de outra bibliografia de suporte.

O composto que está a ser produzido pela UTMB de Urjais apresenta resultados analíticos normais para este tipo de materiais orgânicos que são provenientes da recolha indiferenciada de resíduos. Aparentemente, na altura da recolha das amostras o processo de compostagem ainda não estará totalmente finalizado uma vez que apresenta ainda um teor de humidade relativamente elevado e uma razão C/N um pouco acima do recomendado. Os valores normais de C/N apresentados para este tipo de material pela *DRAPN (1997)* são de 17,1. De notar que uma razão C/N elevada pode causar uma depressão da produção vegetal. Apesar de este fenómeno não estar associado à

fitotoxicidade, é um problema de competição pelo azoto entre as plantas e a microflora do composto e do solo. Contudo pode recorrer-se à correção deste problema, através da adição de materiais com baixa razão C/N ou com suplementos azotados na forma de adubo mineral (Neto & Mesquita, 1992).

**Tabela 9 - Parâmetros analíticos determinados**

<b>Parâmetro</b>	<b>Média ± desvio padrão</b>	<b>Classificação/Interpretação</b>
pH (1/5 v/v)	8,00 ± 0,3	Adequado
Condutividade elétrica (mS.cm <sup>-1</sup> )	5,86 ± 0,63	Elevada
Matéria Orgânica (%)	46,94 ± 7,27	Adequada
Humidade (%)	44,00 ± 16,00	Elevada
Azoto (N) (%)	1,41 ± 0,20	
Carbono (C) (%)	26,08 ± 3,89	
Razão C/N	18,56 ± 2,52	Elevada
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (%)	0,86 ± 0,27	
Cálcio (CaO) (%)	10,71 ± 4,59	
Magnésio (MgO) (%)	1,40 ± 0,44	
Potássio (K <sub>2</sub> O) (%)	1,99 ± 0,48	
Cádmio (Cd) (mg kg <sup>-1</sup> )	3,00 ± 0,70	II <sup>(1)</sup>
Chumbo (Pb) (mg kg <sup>-1</sup> )	148,00 ± 22,00	II
Crómio (Cr) (mg kg <sup>-1</sup> )	159,00 ± 75,00	IIA <sup>(2)</sup>
Cobre (Cu) (mg kg <sup>-1</sup> )	245,00 ± 59,00	IIA
Níquel (Ni) (mg kg <sup>-1</sup> )	58,00 ± 15,00	II
Zinco (Zn) (mg kg <sup>-1</sup> )	490,00 ± 96,00	II
Boro (B) (mg kg <sup>-1</sup> )	55,00 ± 15,00	

(1) – Classe II – Segunda classe de classificação da qualidade do composto orgânico (Anónimo, 2008)

(2) Classe IIA – Classe de carácter provisório até futura revisão do documento (Anónimo, 2008)

Os valores de N, K<sub>2</sub>O, CaO e MgO são praticamente coincidentes com os apresentados pela DRAPN (1997) Apenas o fósforo se encontra abaixo dos valores do documento referido (1,4% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). No que respeita aos metais pesados é o crómio que apresenta valores superiores aos comuns e os metais chumbo e zinco encontram-se abaixo dos apresentados pela DRAPN (1997). Os restantes encontram-se dentro da mesma ordem de grandeza. Uma das questões mais pertinentes, para este trabalho, associada aos

metais pesados, é o potencial fitotóxico que eles representam para as plantas ou seja, quando absorvidos em excesso, podem fazer com que ocorram problemas na produção quer a nível qualitativo como a nível quantitativo (surgimento de doenças) (Santos, 2001).

Este documento realça, no entanto, a natureza extraordinariamente heterogénea destes compostos em termos de características físico-químicas apresentado os valores como uma mera indicação.

Acrescente-se que a UTMB de Urjais encontra-se no primeiro ano da sua laboração e a afinar as metodologias, pelo que é previsível uma melhoria da qualidade do composto orgânico produzido a breve prazo.

Uma vez que a classificação do composto se efetua, sobretudo, de acordo com o seu teor em metais pesados, o atual composto terá uma classificação maioritariamente centrada na classe II. Considerando as concentrações em crómio e cobre, o composto deveria ter uma classificação IIA. De acordo com as especificações técnicas deste composto (Anónimo 2000), as quantidades máximas aplicáveis anualmente ao solo (reportadas à matéria fresca) não deverão ultrapassar as 25 (classe II) e as 10 toneladas (classe IIA) por hectare.

## **2.2 Caracterização dos parâmetros microbiológicos do composto**

A comercialização do composto requer, para além dos resultados de análises físico-químicas, análises à presença das bactérias *Salmonella spp* e *Escherichia coli* (*Portaria 1322/2006 de 24 de Novembro*) para efeitos do presente estudo foram realizadas análises microbiológicas, em duplicado. Para enumeração de microrganismos mesófilos, bolores e leveduras, coliformes totais e *Escherichia coli*, e *Salmonella spp*.

As análises seguiram os termos do método oficial AOAC 989.13 (Pesquisa de *Salmonella spp*) e método SimPlate (Pesquisa de *Escherichia coli*).

### **2.2.1 Metodologias utilizadas**

Foram realizadas 7 colheitas de amostras para análise microbiológica em condições de assepsia e transportadas para o laboratório em ambiente refrigerado.

A colheita foi feita considerando vários pontos de amostragem, de modo a obter uma amostra representativa da quantidade total de composto disponível na afinação. É importante salientar que a análise foi realizada imediatamente após a recolha.

Na tabela 10 estão identificadas as datas e o número de amostras recolhidas.

**Tabela 10** - Amostras recolhidas

Data da colheita	N.º de amostras
14-05-2014	3
27-06-2014	4

A amostra de composto para análise obteve-se pela pesagem com os devidos cuidados de assepsia, de 25 g de composto, que após ter sido homogeneizado com 225 mL de água peptonada agitou-se e obteve-se a diluição  $10^{-1}$ . A partir desta, foram feitas diluições em série em 9 mL da mesma solução, até a obtenção da diluição  $10^{-10}$ .

### **Métodos utilizados para a contagem de microrganismos**

Os métodos utilizados para a contagem dos microorganismos são descritos em seguida tendo em conta cada um dos microorganismos.

- **Microrganismos mesófilos**

Para a contagem de microrganismos mesófilos utilizou-se o meio de cultura *Plate Count Agar* (PCA, da Himedia). A sementeira efectuou-se por incorporação de 1 mL de cada diluição decimal. Após incubação durante 48 horas a 35 °C, procedeu-se posteriormente à contagem de colónias presentes em cada placa.

- **Bolores e leveduras**

A contagem de bolores e leveduras foi efetuada em meio Potato Dextrose Agar (PDA, da Himedia), com adição de 100 mg/L de cloranfenicol (Oxoid), de modo a impedir o crescimento de bactérias. A sementeira efectuou-se por incorporação de 1 mL de cada diluição decimal. Após incubação durante 3 a 5 dias a 25 °C, procedeu-se à contagem das colónias.

- **Coliformes totais e *Escherichia coli***

Para a detecção e quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli*, utilizou-se o método SimPlate®. Este método é baseado na tecnologia do substrato definido, que correlaciona a presença de coliformes totais e de *Escherichia coli*, com a presença das enzimas β-galactosidase e β-glucuronidase, respectivamente.

- *Salmonella spp.*

Para pesquisa de *Salmonella spp.* nas amostras do composto utilizou-se o teste 1-2 Test (método oficial AOAC 989.13) da Biocontrol®. Trata-se de um teste pronto a usar e que tem por base a técnica de imunodifusão.

Os resultados positivos ou negativos no teste são interpretados visualmente sem o uso de equipamentos, respectivamente pela presença ou ausência de uma banda branca em forma de U ou de menisco. O resultado positivo apenas indica de forma presuntiva que a amostra contém *Salmonella*. Os resultados foram expressos como presente ou ausente em 25 gramas.

### 2.2.2 Resultados e Discussão

A análise microbiológica é um factor preponderante para avaliar o grau de higienização do composto em estudo. Segundo Zucchini e De Bertoldi (1987), os valores limite para que um composto possa ser considerado higienizado devem ser inferiores a  $5 \times 10^2 \text{ g}^{-1}$  de composto para os coliformes fecais,  $5 \times 10^3 \text{ g}^{-1}$  de composto para os estreptococos fecais, e ausência de *Salmonella*. Segundo a proposta de Norma Técnica sobre Qualidade e Utilizações do Composto (Anónimo, 2008), a comercialização de compostos devidamente higienizados será garantida pela ausência nos mesmos de *Salmonella spp* em 25 g de produto final, bem como pela fixação de um limite máximo admissível no número mais provável (NMP) do microrganismo *Escherichia coli*, indicador de contaminação fecal. Para poder ser feita uma análise aos resultados das amostras de composto, utilizou-se a respetiva proposta (tabela 11), visto que até à data ainda não existe uma legislação específica para qualificar o mesmo.

**Tabela 11** - Limites definidos em normativas para corretivos orgânicos em relação às características microbiológicas. Proposta de norma técnica sobre qualidade e utilizações do composto (Anónimo, 2008).

Parâmetros	Proposta de Norma Técnica sobre Qualidade e Utilizações do composto			
	Classe I	Classe II	Classe IIA	Classe III
Humidade (%)			< 40	
pH (H <sub>2</sub> O)			5,5 - 8,5	

CE (mS cm <sup>-1</sup> )	< 1,5 mS cm <sup>-1</sup> para rótulo ecológico (2)			
Matéria Orgânica (%)	≥ 30 (2)			
Relação C/N	≤15,1 (2)			
N total (%)				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total (%)				
K <sub>2</sub> O total (%)				
CaO total (%)				
MgO (%)				
Hg total (mg Kg <sup>-1</sup> )	0,7	1,5	3	5
Cd (mg Kg <sup>-1</sup> )	0,7	1,5	3	5
Cr (mg Kg <sup>-1</sup> )	100	150	300	600
Cu (mg Kg <sup>-1</sup> )	100	200	400	600
Ni (mg Kg <sup>-1</sup> )	50	100	200	200
Pb (mg Kg <sup>-1</sup> )	100	150	300	500
Zn (mg Kg <sup>-1</sup> )	200	500	1000	1500
<i>Escherichia coli</i> (NMP g <sup>-1</sup> )	1000	1000	1000	1000
<i>Salmonella</i> spp. g <sup>-1</sup> composto	Ausente em 25 g			

Os resultados obtidos após terem sido efetuadas as análises nos laboratórios de microbiologia da ESAB, estão disponíveis na tabela 12.

**Tabela 12** - Contagem de microrganismos (PCA) bolores, leveduras, coliformes, *Escherichia coli*, e detecção de *Salmonella* spp. em resíduos orgânicos (UFC/g de matéria fresca).

Nº amostra	Mesófilos	Bolores	Leveduras	Coliformes totais	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i> spp.*
1	1,4x10 <sup>9</sup>	7,9x10 <sup>7</sup>	9,2x10 <sup>7</sup>	1,1x10 <sup>6</sup>	1,0x10 <sup>4</sup>	Ausente
2	1,6x10 <sup>9</sup>	7,5x10 <sup>5</sup>	2,3x10 <sup>8</sup>	6,2x10 <sup>5</sup>	2,0x10 <sup>2</sup>	Ausente
3	1,7x10 <sup>8</sup>	4,0x10 <sup>5</sup>	8,5x10 <sup>7</sup>	4,4x10 <sup>5</sup>	<1,0x10 <sup>1</sup>	Ausente
4	7,3x10 <sup>8</sup>	2,8x10 <sup>4</sup>	4,4x10 <sup>6</sup>	4,1x10 <sup>4</sup>	<1,0x10 <sup>1</sup>	Ausente
5	1,8x10 <sup>6</sup>	8,0x10 <sup>3</sup>	3,4x10 <sup>7</sup>	5,1x10 <sup>4</sup>	<1,0x10 <sup>1</sup>	Ausente
6	4,3x10 <sup>6</sup>	1,0x10 <sup>3</sup>	nd	<1,0x10 <sup>1</sup>	<1,0x10 <sup>1</sup>	Ausente
7	3,1x10 <sup>6</sup>	2,0x10 <sup>4</sup>	nd	6,2x10 <sup>4</sup>	<1,0x10 <sup>1</sup>	Ausente

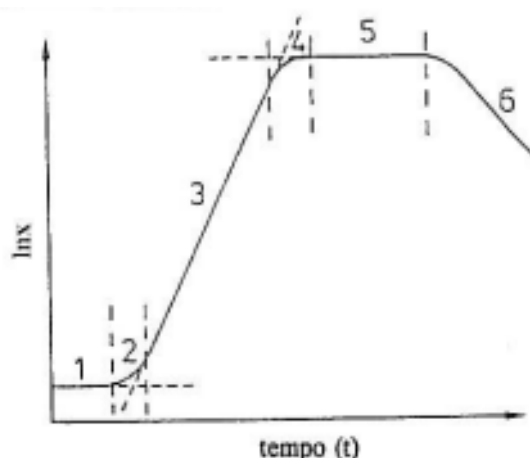
\*Ausente em 25 g de composto

A partir dos resultados da tabela 12 considera-se que a ausência de *Salmonella* spp. evidencia que o composto recolhido, está higienizado. Apesar de a primeira amostra de composto conter um valor acima do limite no que diz respeito à *E. coli* as restantes estão abaixo desse valor limite, por isso não se pode considerar que haja uma contaminação fecal.

Segundo Avery *et al.*, 2012 o reviramento das pilhas de RSU no processo de compostagem tem extrema importância na higienização das bactérias entéricas, as áreas mais frias das pilhas, que são aquelas que estão nas extremidades, devem ser incorporadas no interior das mesmas, de modo a que possam atingir a temperatura

necessária para a inativação das bactérias entéricas. Relativamente à *Salmonella spp.* esta é inativada após a pilha ficar 3 dias a uma temperatura de 55°. Em relação à *E. coli* o autor identifica que em alguns estudos, esta foi eliminada numa pilha de RSU num período de tempo de 25 dias a menos de 55 ° C. contudo temperaturas reportadas para eliminação de *E. coli* variaram entre 45 ° C e 55 ° C.

Os organismos mesófilos, apesar de não constarem na norma (tabela 11) com valores limite, correspondem aos primeiros organismos, após o aumento da temperatura no processo de compostagem, que começam a fazer a decomposição juntamente com outras bactérias, tendo a importante função da separação das proteínas e dos hidratos de carbono presentes na mistura (Evans, 2001). Para melhor visualizar onde ocorre a sua presença, a figura 17 representa o ciclo de crescimento microbiano, e os organismos mesófilos estão presentes no final da fase de latência, onde a recta começa a ter comportamentos de crescimento, entrando na fase de crescimento exponencial.



**Figura 17-** Ciclo de crescimento microbiano  
**Fonte:** Ferreira & Sousa, 1998

O valor da taxa específica de crescimento destes e outros organismos, mantém-se invariável no tempo, atingindo o seu ponto máximo no início da fase estacionária representada na figura 17 pelo ponto 4 (Ferreira & Sousa, 1998).

### **3. Ensaio biológico: efeito da aplicação do composto na cultura de alface**

#### **3.1 Objetivos do ensaio**

Em ensaios biológico que procurem avaliar a contribuição de compostos orgânicos de RSU em metais pesados para o solo e, conseqüentemente, para os vegetais é comum

usar como planta indicadora a alface já que é considerada como uma das principais espécies que acumulam metais nas suas folhas (Dinardi *et al.*, 2003). Por este motivo a alface foi a planta escolhida para avaliar o efeito da aplicação do composto produzido na UTMB de Urjais na quantidade de elementos nutrientes e de metais pesados acumulados na matéria seca desta cultura. Foram então construídas possíveis soluções de aplicação descritas no ponto seguinte e foi avaliado o seu efeito nas características do solo e na quantidade e qualidade biomassa de alface produzida.

### **3.2 Materiais e métodos**

Foram utilizados dois tipos de solos para este trabalho, cujas características físicas químicas se encontram descritas na tabela 13. O solo 1 é proveniente de uma horta situada na área das estufas da ESAB e o solo 2 é proveniente de um solo com castanheiros jovens, na freguesia de Nogueira, em Bragança. Os métodos analíticos para a sua caracterização são os métodos usados na Unidade de Química Analítica da ESAB – Laboratório de Análises de Solos e Plantas. Os solos foram secos ao ar, passados por um crivo de 2mm e foram pesadas porções de 3 kg para vasos de polietileno.

**Tabela 13** – Alguns parâmetros dos solos utilizados para o ensaio biológico

Parâmetro	Solo 1 (horta)	Solo 2 (souto em formação)
Matéria orgânica (%)	1,58	1,17
pH (H <sub>2</sub> O)	6,02	5,22
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	85,00	39,00
K <sub>2</sub> O (mg kg <sup>-1</sup> )	68,00	34,00
Ca <sup>2+</sup> (Cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	15,62	8,61
Mg <sup>2+</sup> (Cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	4,31	3,72
K <sup>+</sup> (Cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,29	0,14
CTC (Cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	20,68	12,9
Boro (mg kg <sup>-1</sup> )	1,04	1,10
Ferro (mg kg <sup>-1</sup> )	177,70	87,90
Zinco (mg kg <sup>-1</sup> )	4,49	1,79
Cobre (mg kg <sup>-1</sup> )	24,01	0,81
Manganês (mg kg <sup>-1</sup> )	249,24	17,61

### **Delineamento da experiência**

Para esta experiência foi usado o composto (matéria fresca) cujas características se encontram na tabela 14.

O ensaio foi iniciado no dia 31 de Maio de 2014 e foi desenvolvido tendo como base a definição de tratamentos que a seguir se descrevem:

- Uma modalidade controlo, sem aplicação de qualquer fertilizante ao solo (**C**).
- Aplicação de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O nas quantidades recomendadas para uma produção de 60 toneladas/ha de alface (LQARS, 2006), aplicados na forma de adubos minerais (nitrato de amónio 20,5%N, superfosfato de cálcio 18%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e cloreto de potássio 60%K<sub>2</sub>O. (**Min**).

**Tabela 14** - Parâmetros analíticos do composto utilizado no ensaio biológico

Parâmetro	Valor	Classificação/Interpretação
pH (1/5 v/v)	8,06	Adequado
Condutividade elétrica (mS.cm <sup>-1</sup> )	5,42	Elevada
Matéria Orgânica (%)	55,00	Adequada
Humidade (%)	32,70	Elevada
Azoto (N) (%)	1,42	
Carbono (C) (%)	30,56	
Razão C/N	22,15	Elevada
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (%)	1,11	
Cálcio (CaO) (%)	4,34	
Magnésio (MgO) (%)	0,70	
Potássio (K <sub>2</sub> O) (%)	1,34	
Cádmio (Cd) (mg kg <sup>-1</sup> )	3,05	IIA
Chumbo (Pb) (mg kg <sup>-1</sup> )	172,71	IIA
Crômio (Cr) (mg kg <sup>-1</sup> )	183,38	IIA
Cobre (Cu) (mg kg <sup>-1</sup> )	325,00	IIA
Níquel (Ni) (mg kg <sup>-1</sup> )	65,68	II
Zinco (Zn) (mg kg <sup>-1</sup> )	555,00	IIA
Boro (B) (mg kg <sup>-1</sup> )	63,70	

Considerando que os compostos da classe II e da classe IIA podem ser aplicados nas quantidades máximas de 25 e 10 toneladas/ha respetivamente e considerando que as características do composto utilizado se situam sobretudo na classe IIA testaram-se as seguintes soluções:

- Aplicação de 20 toneladas/ha (**O20**) de composto orgânico (uma dose recomendável aos agricultores);
- Aplicação de 40 toneladas/ha (**O40**) de composto orgânico (uma dose excessiva para avaliar o efeito tóxico na alface e a contaminação do solo);
- Aplicação de metade dos nutrientes fornecidos na dose **O20** e outra metade dos nutrientes fornecidos na forma mineral ( $\frac{1}{2}$  **O20** +  $\frac{1}{2}$  **min**). Na prática, aplicam-se 10 toneladas/ha acrescidas da mesma quantidade de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O na forma

mineral (a recomendação de composto tipo IIA, ajudada com adubação mineral, totalizando os nutrientes fornecidos pela dose 20)

- Aplicação de metade dos nutrientes fornecidos na dose **O40** e outra metade dos nutrientes fornecidos na forma mineral ( $\frac{1}{2}$  **O40** +  $\frac{1}{2}$  **min**). Na prática, aplicam-se 20 toneladas/ha acrescidas da mesma quantidade de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O na forma mineral.
- Aplicação de 20 toneladas **O20** + a totalidade de nutrientes recomendadas na forma mineral (**Min**). Este tratamento representa a dose recomendada acrescida da recomendação de fertilização.

No total há sete tratamentos com seis repetições em cada um deles, nos dois tipos de solos, num total de 84 vasos. As quantidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicadas em cada tratamento encontram-se na tabela 15. Após a aplicação dos adubos foi transplantada em cada vaso uma alface (*Lactuca sativa*, L.) da variedade Maravilha de Verão, semeada previamente em viveiro. Os vasos foram regados até cerca de 2/3 da sua capacidade de campo, ou seja, a 2/3 da sua capacidade máxima de retenção de água.

**Tabela 15** - Caracterização dos tratamentos utilizados com base nos nutrientes N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O

Nutriente g/vaso	C	Min	O <sub>20</sub>	O <sub>40</sub>	$\frac{1}{2}$ O <sub>20</sub> + $\frac{1}{2}$ min	$\frac{1}{2}$ O <sub>40</sub> + $\frac{1}{2}$ min	O <sub>20</sub> + Min
N	0	0,41	0,58	1,16	0,29 + 0,29	0,58 + 0,58	0,41 + 0,58
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	1,80	0,45	0,90	0,23 + 0,23	0,45 + 0,45	1,80 + 0,45
K <sub>2</sub> O	0	0,90	0,54	1,08	0,27 + 0,27	0,54 + 0,54	0,90 + 0,54

- **Tratamento C** – Controlo, ou seja, utilizando apenas solo;
- **Tratamento Min** – N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicados de acordo com uma recomendação de fertilização, com os adubos Nitrato de Amónio 20,%N, Superfosfato de cálcio 18%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e Cloreto de Potássio 60%K<sub>2</sub>O;
- **Tratamento O20** – equivalente à aplicação de 20 ton/ha matéria fresca do composto;
- **Tratamento O40** - equivalente à aplicação de 40 ton/ha matéria fresca do composto

- **Tratamento  $\frac{1}{2}$  O20 +  $\frac{1}{2}$  min** – Quantidade de nutrientes na dose 20 aplicadas metade na forma orgânica e metade na forma mineral com adubos.
- **Tratamento  $\frac{1}{2}$  O40 +  $\frac{1}{2}$  min** - Quantidade de nutrientes na dose 20 aplicadas metade na forma orgânica e metade na forma mineral com adubos
- **Tratamento O20 + Min** – dose 20 de material orgânico aplicado e dose de nutrientes na forma mineral.

O ensaio ainda se encontra a decorrer. Contudo, neste trabalho usam-se os dados do primeiro ciclo de alface colhida a 15 de Junho de 2014. A figura 18 apresenta o ensaio biológico com as primeiras alfaces, na data em que foram cortadas.

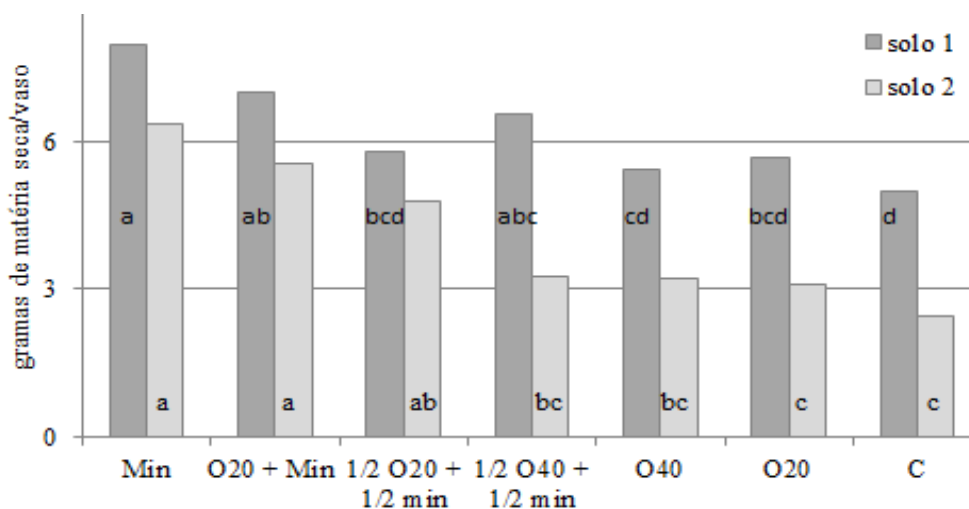


**Figura 18** – Aspeto geral do ensaio biológico com alface.

### 3.3 Resultados e discussão

#### Efeito das modalidades de fertilização na produção de alface

Embora não tenha sido efetuado formalmente o despiste da presença de infestantes, nas fases iniciais de desenvolvimento da alface, não foi registado a presença deste tipo de vegetação nos vasos, o que pressupõe uma higienização adequada do composto em termos de sementes (figura 18). A figura 19 representa a produção média de matéria seca da alface para cada tratamento e para cada solo (barras escuras – solo 1; barras claras – solo 2). Genericamente pode dizer-se que a maior produção está associada, em ambos os solos, à aplicação de nutrientes na forma mineral. Aparentemente, no período de seis semanas correspondente a este ciclo da alface, a mineralização do composto orgânico não terá ocorrido a uma taxa suficientemente elevada que permitisse um acréscimo significativo em nutrientes para a cultura.



**Figura 19** - Produção média de alface por tratamento e por solo. Em cada solo, colunas com letras diferentes indicam diferenças significativas (teste de Tukey-Kramer,  $\alpha=0,05$ ).

A confirmar esta tendência está o teor em azoto nos tecidos das alfices dos dois solos (tabela 16 e 17). Os teores são significativamente mais elevados nas modalidades com adubos minerais. Os teores registados para este nutriente encontram-se dentro dos valores normais para esta espécie, com exceção da concentração em azoto na modalidade O20 do solo 1 (Milles & Jones, 1993) que se encontra na gama deficiente.

**Tabela 16** - Concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) na matéria seca da alface, para solo 1.

Solo 1					
Tratamentos	N (azoto)	P (fósforo)	K (potássio)	Ca (cálcio)	Mg (magnésio)
%					
C	2,34 c	0,27 bc	7,81 a	0,85 de	0,36 bc
O20	1,96 d	0,24 c	8,17 bc	0,78 e	0,30 c
O40	2,32 c	0,28 bc	8,87 bc	0,86 cde	0,34 c
Min	2,78 b	0,54 a	8,49 bc	0,99 bc	0,44 a
1/2 O20+1/2min	3,51 a	0,33 b	10,31 a	1,14 a	0,47 a
1/2 O40+1/2min	2,99 b	0,26 c	8,74 bc	0,95 bcd	0,41 ab
O20+Min	3,44 a	0,48 a	9,26 ab	1,06 ab	0,47 a

Em cada solo, colunas com letras diferentes indicam diferenças significativas  
(teste de Tukey-Kramer,  $\alpha=0,05$ ).

No que respeita ao P, verificou-se a mesma tendência, ou seja, os teores nos tecidos foram significativamente superiores nas modalidades com aplicação da dose de P da recomendação de fertilização, com todos os nutrientes fornecidos na forma mineral. No solo 1 apenas as modalidades com a aplicação dos nutrientes da recomendação de fertilização na forma mineral (Min e O20+Min) registaram concentrações adequadas em P nos tecidos. Todas as outras encontram-se abaixo do nível de suficiência (teores inferiores a 0,4%), (tabela 16) (Mills & Jones, 1993). Embora o solo 2 tenha naturalmente menor quantidade de P, neste solo as alfaces acumularam maior quantidade deste nutriente, possivelmente devido a uma maior disponibilidade no solo, associado a menor quantidade de Ca (tabela 17). Este elemento está normalmente associado a fenómenos de imobilização de P (Havlin *et al.*, 2005).

No que respeita ao K parece haver agora algum efeito positivo associado ao composto aplicado, sobretudo no solo 2 (tabela 17). Neste solo os teores foram significativamente mais baixos na modalidade controlo e na modalidade em que todo o K foi aplicado na forma mineral. Os valores elevados deste elemento nos tecidos estão de acordo com os valores normais para esta espécie hortícola nas suas diferentes variedades (Mills & Jones, 1993).

**Tabela 17** - Concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) na matéria seca da alface, para solo 2

Solo 2					
Tratamentos	N (azoto)	P (fósforo)	K (potássio)	Ca (cálcio)	Mg (magnésio)
%					
C	2,02 c	0,22 e	3,82 b	0,89 b	0,62 ab
O20	2,56 b	0,41 cd	8,75 a	1,02 ab	0,50 c
O40	2,89 b	0,49 bc	10,54 a	1,17 a	0,54 bc
Min	3,63 a	0,57 ab	4,95 b	1,00 ab	0,69 a
1/2 O20+1/2min	3,35 a	0,36 d	9,01 a	0,96 ab	0,62 ab
1/2 O40+1/2min	3,67 a	0,44 cd	8,99 a	1,13 a	0,57 bc
O20+Min	3,53 a	0,61 a	10,52 a	1,10 ab	0,53 bc

Em cada solo, colunas com letras diferentes indicam diferenças significativas  
(teste de Tukey-Kramer,  $\alpha=0,05$ ).

Apesar da concentração relativamente elevada de Ca no composto, não parece possível, neste ciclo de alface, estabelecer com clareza uma causa-efeito na concentração deste nutriente na alface. O mesmo se poderá dizer relativamente ao Mg. Os teores de Ca nos tecidos encontram-se abaixo do nível de suficiência em ambos os solos e os de Mg só se encontram dentro dos valores normais no solo 2. Estes resultados podem estar relacionados com a maior capacidade do solo 1 para a retenção de iões, aos quais as plantas poderão ter maior dificuldade de acesso (maior capacidade de troca catiónica). A reduzida taxa de mineralização ainda não terá permitido, no primeiro ciclo de alfices, a libertação de Ca do composto.

O composto orgânico parece ter um efeito positivo significativo no teor em B nos tecidos das alfices. Em ambos os solos o teor em B nos tecidos foi significativamente mais baixo no tratamento em que os nutrientes foram aplicados na forma mineral e onde o B se encontra ausente (tabela 18 e 19). Ainda assim, todos os valores registados se encontram dentro da gama das concentrações adequadas. Este é um elemento essencial para as plantas, que se encontra associado a todos os fenómenos reprodutivos da planta (Marschner, 2012).

**Tabela 18** - Concentração em boro e em metais pesados na matéria seca das alfaces para solo 1.

Solo 1

Tratamentos	B (boro)	Pb (chumbo)	Cu (cobre)	Zn (zinco)	Ni (níquel)	Cd (cádmio)	Cr (crómio)
mg kg <sup>-1</sup>							
C	46,40 ab	13,43 d	5,68 ab	68,56 ab	11,28 a	1,68 c	4,11 a
O20	42,47 bc	16,04 cd	7,51 a	63,00 ab	6,23 b	1,77 bc	4,51 a
O40	44,72 ab	16,43 cd	7,56 a	71,15 ab	6,63 b	1,60 c	2,73 a
Min	39,16 c	14,09 d	4,81 b	86,74 a	6,76 ab	3,00 a	1,82 a
1/2 O20+1/2min	48,23 a	21,33 ab	6,08 ab	74,93 ab	7,63 ab	1,93 bc	1,88 a
1/2 O40+1/2min	44,43 ab	23,50 a	8,08 a	69,27 ab	9,17 ab	2,20 b	4,03 a
O20+Min	41,50 bc	18,53 bc	6,98 ab	60,20 b	5,00 b	1,90 bc	0,01 a

Em cada solo, colunas com letras diferentes indicam diferenças significativas (teste de Tukey-Kramer,  $\alpha=0,05$ ).

**Tabela 19** - Concentração em boro e em metais pesados na matéria seca das alfaces para solo 2

Solo 2

Tratamentos	B (boro)	Pb (chumbo)	Cu (cobre)	Zn (zinco)	Ni (níquel)	Cd (cádmio)	Cr (crómio)
mg kg <sup>-1</sup>							
C	39,50 ab	23,04 b	10,50 a	71,27 a	6,23 a	1,70 a	0,01 a
O20	47,30 a	26,38 ab	10,59 a	57,59 a	6,80 a	1,93 a	7,59 abc
O40	47,69 a	25,29 ab	11,10 a	61,29 a	4,63 a	1,80 a	11,8 a
Min	31,36 b	23,43 ab	11,78 a	72,22 a	5,26 a	2,07 a	2,87 bc
1/2 O20+1/2min	44,51 a	27,62 a	13,16 a	73,32 a	6,53 a	2,10 a	10,42 ab
1/2 O40+1/2min	43,81 a	27,31 ab	13,28 a	74,60 a	7,00 a	1,77 a	12,41 a
O20+Min	46,20 a	27,31 ab	12,09 a	65,77 a	5,17 a	1,97 a	8,86 ab

Em cada solo, colunas com letras diferentes indicam diferenças significativas (teste de Tukey-Kramer,  $\alpha=0,05$ ).

No que respeita aos metais pesados e para o Pb parece haver algum contributo do composto orgânico para o teor em Pb na alface, uma vez que no solo 1 os tratamentos C e Min os valores são significativamente mais baixos (tabela 18). No entanto, os valores mais elevados registados nos dois solos encontram-se bastante abaixo do máximo permitido para este tipo de vegetais (Regulamento EU N° 240/2011). De igual forma, considerando que a alface apresentou um teor médio de matéria seca a rondar os 4% todos os outros metais se encontram em níveis abaixo dos máximos admissíveis (Davis & Becket, 1978; *Regulamento EU N° 240/2011*).

## Impacto da aplicação do composto no solo

Seis semanas após a aplicação dos fertilizantes ao solo, o seu efeito foi o seguinte:

- pH – a aplicação do composto orgânico teve um efeito muito significativo no pH dos dois solos (tabela 20 e 22). Relativamente ao controlo, a aplicação do composto na quantidade equivalente a 40 toneladas/ha a aplicação do composto aumentou o pH em mais de uma unidade em ambos os solos. As diferentes combinações (equivalentes à aplicação de 10, 20 e 40 toneladas) originaram alterações significativas do pH. Recorde-se que o pH do composto ultrapassa o valor 8 (tabela 9) e que os solos 1 e 2 possuem respetivamente os valores de 6,02 e 5,22 (tabela 20 e 22).
- A acidificação do solo na modalidade Min poderá estar relacionada com o efeito do adubo nitrato de amónio que tem um efeito acidificante, associado à nitrificação do ião  $\text{NH}_4^+$  e à mineralização da matéria orgânica dos solos (Varenes, 2003, Santos, 2012).

**Tabela 20** - Variação da análise de rotina do solo resultantes da aplicação de fertilizantes, para solo 1.

Solo 1				
Tratamentos	pH	M.O.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		(matéria orgânica)	(pentóxido de fósforo)	(óxido de potássio)
		%	mg kg <sup>-1</sup>	
C	6,14 d	1,79 c	90 e	142 f
O20	7,12 a	1,92 c	220 c	193 d
O40	7,27 a	2,43 a	387 a	405 a
Min	5,91 e	1,87 c	299 b	178 e
1/2 O20+1/2min	6,45 c	2,26 b	155 d	166 e
1/2 O40+1/2min	6,87 b	2,54 a	293 b	239 b
O20+Min	6,61 c	2,13 b	425 a	210 c

Em cada solo, colunas com letras diferentes indicam diferenças significativas (teste de Tukey-Kramer,  $\alpha=0,05$ ).

**Tabela 21** - Variação da análise do CTC do solo resultante da aplicação de fertilizantes, para solo 1.

Solo 1

Ca (cálcio)	Mg (magnésio)	K (potássio)	Na (sódio)	CTC (capacidade de troca catiónica)
cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>				
13,62 cd	4,77 b	0,25 c	0,58 e	19,45 d
14,31 cd	4,85 b	0,31 bc	1,79 cd	21,58 cd
19,00 bc	5,73 b	0,44 a	3,43 a	29,04 bc
12,92 d	4,60 b	0,34 abc	0,53 e	18,72 d
18,07 cd	5,76 b	0,41 ab	1,36 de	25,78 cd
28,30 a	9,73 a	0,28 c	2,73 ab	41,55 a
23,67 ab	8,24 a	0,41 ab	2,28 bc	34,82 ab

Em cada solo, colunas com letras diferentes indicam diferenças significativas (teste de Tukey-Kramer,  $\alpha=0,05$ ).

**Tabela 22** - Variação da análise de rotina do solo resultante da aplicação de fertilizantes, para solo 2.

Solo 2

Tratamentos	pH	M.O.(matéria orgânica)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (pentóxido de fósforo)	K <sub>2</sub> O (óxido de potássio)
		%	mg kg <sup>-1</sup>	
C	5,12 e	1,12 d	85 f	62 g
O20	5,62 c	1,22 d	234 d	165 d
O40	6,22 a	1,86 a	370 b	216 c
Min	4,66 f	1,19 d	293 c	152 e
1/2 O20+1/2min	5,24 d	1,39 c	118 e	141 f
1/2 O40+1/2min	5,86 b	1,62 b	246 d	300 b
O20+Min	5,12 e	1,52 bc	524 a	323 a

Em cada solo, colunas com letras diferentes indicam diferenças significativas (teste de Tukey-Kramer,  $\alpha=0,05$ ).

**Tabela 23** - Variação da análise do CTC do solo resultantes da aplicação de fertilizantes, para solo 2.

Solo 2

Ca (cálcio)	Mg (magnésio)	K (potássio)	Na (sódio)	CTC (capacidade de troca catiónica)
cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>				
12,50 ab	4,95 ab	0,25 a	1,70 ab	19,72 ab
10,98 b	3,48 b	0,31 a	1,95 ab	17,08 b
13,04 ab	3,38 b	0,33 a	2,80 a	20,01 ab
12,43 ab	4,54 ab	0,30 a	0,68 b	18,37 ab
15,90 ab	6,80 a	0,28 a	2,59 a	26,06 ab
18,52 a	6,57 a	0,39 a	2,99 a	28,93 a
16,46 ab	6,81 a	0,44 a	2,96 a	27,13 ab

Em cada solo, colunas com letras diferentes indicam diferenças significativas (teste de Tukey-Kramer,  $\alpha=0,05$ ).

- Matéria orgânica (M.O.) – A aplicação do composto na dose 40 também teve um efeito significativo no aumento do teor de matéria orgânica dos dois solos. A dose 20 teve um efeito significativo associado à aplicação de nutrientes na forma mineral, provavelmente devido ao estímulo na produção de matéria seca radicular, detetada nas análises ao solo.
- Fósforo (P) – A modalidade que aplica mais P ao solo é a modalidade O20+ Min (tabela 20 e 22). Esta quantidade aplicada reflete-se nos valores significativamente mais elevados no solo (tabela 16 e 17). A modalidade C é a que apresenta os valores significativamente mais baixos. Estes resultados mostram que o composto parece estar a contribuir, também de forma significativa, para o P do solo.
- Potássio (K) – A mesma tendência parece aplicar-se ao K. A modalidade C apresenta os valores significativamente mais baixos, logo seguidos dos teores de K da modalidade em que os nutrientes são aplicados na forma exclusivamente mineral, observação válida para os dois solos (tabela 16 e 17)
- Complexo de troca e respetivos iões (CTC) – Apenas o solo 1 (tabela 21) apresenta diferenças significativas nos teores em cálcio de troca, Mg de troca e capacidade troca catiónica na quantidade equivalente a 20 toneladas/ha associada a adubação mineral ( $\frac{1}{2}$ O40 +  $\frac{1}{2}$ min e O20 + Min). Estas diferenças não são tão acentuadas no solo 2 (figura 23) pelo que não é possível estabelecer ainda, de forma clara, uma relação causa-efeito para estes parâmetros.
- Boro (B) – Para este micronutriente confirmam-se os resultados verificados na concentração de B nos tecidos, com mais ênfase no solo 2 (tabela 19), devido à sua menor disponibilidade deste elemento. As modalidades sem B (controlo e modalidade exclusivamente mineral) são as que apresentam valores significativamente mais baixos.
- Metais pesados – Efetivamente verifica-se um aumento de metais pesados nos dois solos associados à aplicação de composto ao solo. As diferenças são mais acentuadas no solo 1 do que no solo 2. No solo 1 (tabela 18) as quantidades de Cu, Zn, Cr e Pb são significativamente superiores do que em C nas modalidades O20 e O40. No solo 2 (tabela 19) os valores só são significativamente superiores para Zn.

Aparentemente, estes valores não colocam ainda em risco a qualidade do solo (CBPA, 1997) mas alerta para o cuidado que deve estar associado à aplicação deste tipo de composto, nomeadamente na monitorização frequente da sua concentração no solo para evitar a degradação deste importante recurso.

Este estudo requer continuação no tempo para avaliar o efeito da degradação do composto orgânico quer na qualidade dos produtos agrícolas quer na qualidade do solo.

## 1 Considerações finais

Os principais objectivos a cumprir na realização desta tese, estavam associados à UTMB de Urjais nomeadamente:

- i) À descrição do seu funcionamento, assim como dos produtos resultantes;
- ii) À campanha de caracterização de resíduos indiferenciados nas épocas seca e húmida;
- iii) À caracterização do composto orgânico obtido ao nível químico e microbiológico;
- iv) À aplicação desse composto num ensaio biológico com alface para determinar o seu potencial de utilização na agricultura.

Em relação à importância da UTMB pode-se concluir que,

- De acordo com o seu tipo de funcionamento, podem ser valorizados cerca de metade dos resíduos, diminuindo assim a quantidade deposita em aterro.
- Dos resultados da caracterização identificaram-se semelhanças nas duas épocas para todas as categorias e sub-categorias, não havendo portanto diferenças significativas nos resíduos produzidos na origem ao longo de todo o ano.

No que respeita à caracterização do composto,

- Este não constitui um potencial de contaminação no que diz respeito à análise microbiológica de acordo com os parâmetros exigidos na Proposta de Norma Técnica sobre Qualidade e Utilizações do composto.
- Quanto à análise química, o composto apresenta resultados analíticos normais para este tipo de materiais orgânicos. Dado que a empresa se encontra numa fase inicial de laboração, existe potencial para que os parâmetros de qualidade do composto melhorem ao longo do tempo, à medida que as afinações nos métodos de trabalho forem sendo introduzidas.

Relativamente ao potencial agronómico do composto, ou seja, à possibilidade de se utilizar este composto na agricultura, verificou-se que no período de seis semanas e para a cultura de alface:

- Os nutrientes libertados não contribuíram de forma significativa para o aumento de produção de alface. No entanto, verificou-se um aumento significativo de dois elementos nutrientes essenciais nos tecidos da alface: potássio e boro.
- Neste primeiro ciclo de alface não parece ter havido nenhum efeito negativo do composto na concentração de metais pesados nos tecidos. Os níveis detetados encontram-se abaixo do máximo admissível.
- A aplicação de composto orgânico ao solo contribuiu para um aumento do pH e do teor em matéria orgânica do solo. Também o fósforo e o potássio aumentaram no solo devido à aplicação do composto. Assim parece que os solos melhoraram algumas das suas características, importantes para o desenvolvimento das plantas.
- O aumento do teor em metais pesados no solo alerta para cuidados na aplicação continuada deste tipo de composto. A monitorização da qualidade do solo é fundamental. No entanto, a natureza do solo parece determinante para a definição do comportamento deste tipo de materiais no solo.

## 2 Bibliografia

- Anónimo.(2008). Compostagem - utilização de compostos em horticultura. Universidade dos Açores. CITA-A.
- Avery, L. M., Booth, P., Campbell, C., Tompkins, D., & Hough, R. L. (2012). Prevalence and survival of potential pathogens in source-segregated green waste compost. *Science of the Total Environment*, 431: 128-138.
- APA (2013). Agência Portuguesa do Ambiente, Relatório do Estado do Ambiente.
- Biddlestone, A. J., Gray, K.R .& Day, C.A. (1987). Composting and straw decomposition. In: Forster, C.F. & Wase, D.A.J.(eds). *Environmental Biotechnolgy*. Chichester, UK: Ellis Horwood. Ltd.
- CE, (2001). 6.º PAA - *Programa Geral de Ação da União em matéria de Ambiente*. Comissão Europeia.
- CE, (2013). 7.º PAA – *Programa Geral de Ação da União para 2020 em matéria de Ambiente*. Comissão Europeia.
- Batista, J.G.F. e Batista, E.R.B.(2007). *Compostagem - utilização de compostos em horticultura*. Universidade dos Açores. CITA-A.
- Davis, R.D; Beckett, P.H. T. (1978). *Upper critical levels of toxic elements in plants*. *New Phytol*, 80: 23-32
- De Baere L., (2000). Anaerobic digestion of solid waste: state-of-the-art. *Water Science and Technology* 41(3): 283-290.
- De Bertoldi, M., Vallini, G., Pera, A. (1983). The biology of composting: A review. *Waste Management Research*, 1: 157-176.
- Dinardi, A. L., Formagi, V. M., Coneglian, C. M. R., Brito, N. N., Sobrinho, G. D., Tonso, S. & Pelegrini, R. (2003). *Fitorremediação*, III Fórum de Estudos Contábeis, São Paulo.
- Epstein, E. (1995). *The science of Composting*. CRC PRESS

- Eurostat (2012). Estatística de Resíduos. Dados de Setembro de 2012. *Statistics explained* - Source: Statistics Explained. Comunidade Europeia.
- Evans, G. (2001). *Biowaste and biological waste treatment*. James & James. London:
- Ferreira, V. F. C., & Sousa, J. C. F. (1998). *Microbiologia*. Lisboa. Editora Lidel.
- Gerard T., Berdell F. and Christine C. (2012). *Microbiologia*. 10ª Edição. Editora Artmed.
- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., & Nelson, W.L., (2005). *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management*, 7th Ed. Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- INE (2010). *Gestão de Resíduos em Portugal* Instituto Nacional de Estatística, 2004-2009.
- Koneczny K., Dragusanu V., Bersani R., Pennington D.W. (2007). *Environmental Assessment of Municipal Waste Management Scenarios: Part II – Detailed Life Cycle Assessments*, European Commission, JRC-IES.
- Levy, J.Q. , Cabeças, A.J. (2006). *Resíduos Sólidos Urbanos – Princípios e Processos*. Associação das empresas portuguesas para o sector do Ambiente - AEPSA
- Lissens G., Vandevivere P., De Baere L., Biey E.M., Vertraete W., (2001). *Solid wastedigesters: process performance and practice for municipal solid waste digestion*. *Water Science Technology*, 44(8): 91-102.
- LQARS (2006). *Manual de Fertilização das Culturas*. INIAP, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva – LQARS. Lisboa
- MADRP (1997). *Código das Boas Práticas Agrícolas*. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.
- Marschner, P. 2012. *Marscher's Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London.
- Mills, H.A., & Jones Jr., J.B., 1996. *Plant Analysis Handbook II*. MicroMacro publishing, Athens, GA.

- Oliveira, J.F.S.; Mendes, B. e Lapa, N (2009). *Resíduos Gestão, Tratamento e sua problemática em Portugal*. Lisboa. Editora Lidel.
- Pereira Neto, J.T.; Mesquita, M.M.F. Compostagem de resíduos sólidos urbanos: aspectos teóricos, operacionais e epidemiológicos. Lisboa, 1992.
- PERSU (1997). Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. – MAOTDR.
- PERSU II (2006). Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional – MAOTDR.
- PERSU 2020. Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional - MAOTDR (2014).
- Santos, J.Q. (2001). *Fertilização & Ambiente*. Publicações Europa América.
- Tchobanoglous, G., (1993). *Integrated Solid Waste Management*. McGraw-Hill
- Zucconi, F., De Bretoldi, M. (1987). Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. *In: Compost: production, quality and use*. (Eds). De Bertoldi, M., Ferranti, M.P., L’Hermite, P., Zucconi, F., Elsevier Applied. Science Publishers Ltd.

## **Legislação**

Diretiva n.º 1999/31/CE, do Conselho, de 26 de Abril;

Diretiva 2006/12/CE de 5 de Abril;

Diretiva 2008/98/CE de 19 de Novembro;

Decreto-Lei 73/2011 de 17 de Junho;

Decreto-lei n.º 78/2004 de 3 de Abril;

Decreto-Lei n.º 190/2004 de 17 de Agosto;

Decreto-lei 178/2006 de 5 de Setembro;

Decreto-lei nº225/2007 de 31 de Maio;

Decreto-lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto;

Decreto-Lei 84/2011 de 20 de Junho;

Decreto-Lei n.º 127/2013 de 30 de Agosto;

EC, 2001. Working Document, Biological Treatment of Biowaste 2<sup>nd</sup> draft. European Commission, DG ENV. A.2, Brussels.

Portaria nº 209/2004 de 3 de Março;

Portaria nº 1322/2006 de 24 de Novembro;

Portaria 851/2009 de 07 de Agosto;

Plano Nacional de Gestão de resíduos (PNGR);

Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos (PPRU) (MAOT, 2010)

Regulamento (UE) n.º240/2011 da Comissão de 29 de abril de 2011.

Regulamento (UE) n.º420/2011 da Comissão de 29 de abril de 2011.

## **Webgrafia**

<http://www.residuosdonordeste.pt/documentos/> acedido no dia 26 de Junho de 2014.

<http://naturlink.sapo.pt/Noticias/Noticias/content/Em-2010-cada-habitante-produziu-511-quilos-de-lixo-em-Portugal-Continental?bl=1> acedido no dia 17/10/2014

<http://naturlink.sapo.pt/Natureza-e-Ambiente/Gestao-Ambiental/content/Sistemas-de-gestao-de-residuos-urbanos?viewall=tRSUe&print=tRSUe> acedido no dia 29 de Outubro de 2014

<http://www.ows.be/dranco.htm> acedido no dia 28 de Outubro de 2014

<https://infoeuropa.euroid.pt/files/database/000043001-000044000/000043449.pdf>

<http://www.pontoverde.pt/> acedido no dia 30 de Outubro

<http://microbiologia-basica-facimp.blogspot.pt/2014/02/questoes-sobre-morfologia-bacteriana.html> - acedido no dia 13 de Novembro de 2014

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/> acedido no dia 29 de Outubro de 2014.

[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics\\_explained/](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/) 06/11/2014-19:17 site visualizado no dia 6 de Novembro de 2014.

<http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?GenericContentId=527&SubFolderPath=&Section=Consumidores&FolderPath=%5cRoot%5cContents%5cSítio%5cConsumidores%5cPerguntasFrequentes> acedido no dia 29 de Outubro de 2014.

[http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_destaques&menuBOUI=13707120](http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&menuBOUI=13707120) acedido a 29 de Outubro de 2014.

[http://www.apambiente.pt/\\_zdata/DESTAQUES/2014/REA2014\\_RevisaoFinal.pdf](http://www.apambiente.pt/_zdata/DESTAQUES/2014/REA2014_RevisaoFinal.pdf) acedido a 29 de Outubro de 2014.

[http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Main\\_Page](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Main_Page) acedido a 29 de Outubro de 2014.

[http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/green\\_paper/green\\_paper\\_pt.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/green_paper/green_paper_pt.pdf) acedido a 29 de Outubro de 2014.

<https://www.gov.uk/government/publications/sr2012-number-11-anaerobic-digestion-facility-including-use-of-the-resultant-biogas> acedido a 29 de Outubro de 2014.

# **Anexos**

# **Anexo I**

<b>Categorias</b>	<b>Subcategorias</b>
<b>Finos &lt;20 mm.</b>	
<b>Bio -resíduos (*)</b>  (*). Consideram-se bio-resíduos os resíduos de jardins biodegradáveis, os resíduos alimentares e de cozinhas das habitações, dos restaurantes, das unidades de <i>catering</i> e de retalho e os resíduos similares das unidades de transformação de alimentos.	Resíduos alimentares; (restos de cozinha).
	Resíduos de jardim.
	Outros resíduos putrescíveis.
<b>Papel/cartão</b>	Resíduos de embalagens de papel/cartão.
	Jornais e Revistas
	Outros resíduos de papel/cartão.
<b>Plástico</b>	Resíduos de embalagens em filme de PE.
	Resíduos de embalagens rígidas em PET.
	Resíduos de embalagens rígidas em PEAD.
	Resíduos de embalagens rígidas em EPS.
	Outros resíduos de embalagens de plástico.
	Outros resíduos de plástico.
<b>Vidro</b>	Resíduos de embalagens de vidro.
	Outros resíduos de vidro.
<b>Compósitos</b>	Resíduo de embalagens de cartão para alimentos líquidos (ECAL).
	Outros resíduos de embalagens compósitas.
	Pequenos aparelhos electrodomésticos.
	Outros resíduos compósitos.
<b>Têxteis</b>	Resíduos de embalagens têxteis.
	Outros resíduos têxteis
<b>Têxteis sanitários</b>	
<b>Metais</b>	Resíduos de embalagens ferrosas.
	Resíduos de embalagens não ferrosas.
	Outros resíduos ferrosos.
	Outros resíduos metálicos
<b>Madeira</b>	Resíduos de embalagens de madeira.
	Outros resíduos de madeira.
<b>Resíduos perigosos</b>	Produtos químicos.
	Tubos fluorescentes e lâmpadas de baixo consumo.
	Pilhas e acumuladores.
	Outros resíduos perigosos.
<b>Outros resíduos</b>	Outros resíduos de embalagens.
	Outros resíduos não embalagem
<b>Resíduos verdes recolhidos em separado).</b>	
<b>Resíduos volumosos.</b>	

## **Anexo II**

Boletim de Análise dos RSU		Rota	Data	Hora	Peso
Categorias	Subcategorias	Peso (Kg)			
	Finos < 20 mm.				
Bio -resíduos (*)	Resíduos alimentares; (restos de cozinha).				
	Resíduos de jardim.				
	Outros resíduos putrescíveis.				
Papel/cartão	Resíduos de embalagens de papel/cartão.				
	Jornais e Revistas				
	Outros resíduos de papel/cartão.				
Plástico	Resíduos de embalagens em filme de PE.				
	Resíduos de embalagens rígidas em PET.				
	Resíduos de embalagens rígidas em PEAD.				
	Resíduos de embalagens rígidas em EPS.				
	Outros resíduos de embalagens de plástico.				
	Outros resíduos de plástico.				
Vidro	Resíduos de embalagens de vidro.				
	Outros resíduos de vidro.				
Compósitos	Resíduos de embalagens de cartão para alimentos líquidos (ECAL).				
	Outros resíduos de embalagens compósitas.				
	Pequenos aparelhos electrodomésticos.				
	Outros resíduos compósitos.				
Têxteis	Resíduos de embalagens têxteis.				
	Outros resíduos têxteis				
Têxteis sanitários					
Metais	Resíduos de embalagens ferrosas.				
	Resíduos de embalagens não ferrosas.				
	Outros resíduos ferrosos.				
	Outros resíduos metálicos				
Madeira	Resíduos de embalagens de madeira.				
	Outros resíduos de madeira.				
Resíduos perigosos	Produtos químicos.				
	Tubos fluorescentes e lâmpadas de baixo consumo.				
	Pilhas e acumuladores.				
	Outros resíduos perigosos.				
Outros resíduos	Outros resíduos de embalagens.				
	Outros resíduos não embalagem				
Resíduos verdes recolhidos em separado).					
Resíduos volumosos.					

(\*) Consideram-se bio-resíduos os resíduos de jardins biodegradáveis, os resíduos alimentares e de cozinhas das habitações, dos restaurantes, das unidades de catering e de retalho e os resíduos similares das unidades de transformação de alimentos.