

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

**Modelo de Avaliação de Desempenho de Unidades de
Valorização Orgânica.**

Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente

Luís Manuel Pereira Felisberto

Orientador: Doutor Carlos Afonso Teixeira



Vila Real, 2012

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

**Modelo de Avaliação de Desempenho de Unidades de
Valorização Orgânica.**

Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente

Luís Manuel Pereira Felisberto

Orientador: Doutor Carlos Afonso Teixeira

Composição do Júri:

Doutor Jorge Ventura Ferreira Cardoso

Doutor João Ricardo Pinto Magalhães de Sousa

Doutor Carlos Afonso de Moura Teixeira

Vila Real, 2012

Tese de Mestrado apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em **Engenharia do Ambiente**, ao abrigo do Decreto-Lei n.º 74/2006, de 24 de Março, alterado pelo Decreto-Lei n.º 107/2008, de 25 de Junho, e pelo Decreto-Lei n.º 230/2009, de 14 de Setembro, sob a orientação científica do Professor Doutor Carlos Afonso Teixeira.

Nota Biográfica do Autor

Nome: Luís Manuel Pereira Felisberto

Data de Nascimento: 24 de Setembro de 1980

Natural: Paranhos, Porto (Portugal)

Endereço Eletrónico: Impfelisberto@gmail.com

Percorso Académico: Licenciado em Engenharia do Ambiente pelo Instituto Politécnico de Bragança em 2007 e Mestre em Economia e Gestão do Ambiente pela Faculdade de Economia da Universidade do Porto em 2010.

Título da Tese de Mestrado: Modelo de Avaliação de Desempenho de Unidades de Valorização Orgânica.

Orientador:

Professor Doutor Carlos Afonso Teixeira.

Ano de Conclusão: 2012.

Ramo e Área de Conhecimento do Mestrado:

Engenharia do Ambiente.

Agradecimentos

Na concretização desta dissertação caminharam comigo vários intervenientes que ajudaram e colaboraram de forma direta e indiretamente, os quais merecem todo o meu reconhecimento e uma sincera gratidão.

Ao meu orientador, Professor Doutor Carlos Afonso Teixeira, quero expressar o meu muito sincero obrigado pela imprescindível disponibilidade, empenho e dedicação com que me orientou e direcionou esta dissertação, assim como por todas as observações e estímulos.

Ao Eng.º Joel Braga da Suldouro, por toda a disponibilidade, cooperação, interesse e pelas produtivas opiniões durante o desenvolvimento deste trabalho o meu sincero agradecimento.

Quero agradecer também a todos os Colegas e Professores do Mestrado, pelo companheirismo e ensinamentos de todos ao longo deste mestrado e neste sentido, registar a minha disponibilidade para todos vós no presente e no futuro.

Por fim, agradeço de modo especial, aos meus pais (Luís e Carolina), ao meu irmão Jorge, à minha sempre querida avó Antónia, à Ana uma companheira de todos os momentos ao longo destes anos, aos restantes familiares e amigos, pelo apoio, pela força e incentivo incondicional na busca da realização de todos os meus sonhos.

É a todos vós que dedico este trabalho.

Modelo de Avaliação de Desempenho de Unidades de Valorização Orgânica

Resumo

A avaliação de desempenho é um instrumento de apoio à gestão e um fator de mobilização em torno da qualidade dos serviços, nesse sentido, deve ser encarada como um estímulo ao desenvolvimento da melhoria da qualidade dos serviços.

A maioria dos modelos desenvolvidos fazem uma avaliação da qualidade de serviço a partir de uma avaliação operacional e económico-financeira, ou seja, não aliam conjuntamente a avaliação operacional, económica e ambiental de uma Central de Valorização Orgânica.

Perante este cenário, o ponto de partida para o desenvolvimento de um método de avaliação de desempenho de uma Central de Valorização Orgânica, era a criação de um único modelo de forma a poder avaliar o desempenho sob o ponto de vista operacional, económico e ambiental. Neste âmbito, o presente trabalho consistiu na conceção, construção e automatização de um modelo de avaliação de desempenho operacional, económico e ambiental de gestão de uma Central de Valorização Orgânica. A análise é suportada por indicadores de desempenho organizados e contextualizados.

O modelo de avaliação de desempenho desenvolvido foi implementado na Central de Valorização Orgânica da empresa Suldouro - Tratamento de Valorização de Resíduos Sólidos Urbanos S.A., com o objetivo de aferir a sua aplicabilidade. Os resultados obtidos aferiram o desempenho dos processos relacionados com tratamento e valorização dos resíduos urbanos. Possibilitou ainda, efetuar uma análise integrada através dos indicadores operacionais, económicos e ambientais selecionados.

Este modelo foi ainda concebido para ser utilizado de uma forma “amigável para o utilizador” e para diversas entidades, nomeadamente entidades gestoras e instaladoras de processos de tratamento mecânico-biológico, a nível nacional ou internacional.

Palavras-chave: resíduos urbanos; central de valorização orgânica; modelo de avaliação de desempenho; indicadores de desempenho.

Performance Assessment Model of Organic Recovery Units.

Abstract

A performance assessment is a tool to support the management and a factor of mobilization in the quality of services and should therefore be seen, as a stimulus to the development of improved quality of services.

The existing models have been developed to assess the quality of service from an operational, economic and financial evaluation, but lacks to combine and review the operational, economic and environmental performance of Organic Recovery Unit.

By that reason, the validation of a method to assess the performance on Organic Recovery Unit and improve the process was needed. The present work consisted in the design, construction and automation of a model for evaluating operating, economic and environmental performance management on Organic Recovery Unit. The principle was to create a single model that can evaluate the performance under an operational, economic and environmental point of view. The analysis relies on the evaluation of organized and contextualized indicators.

The validated performance assessment model, was implemented and confirmed its applicability in the Organic Recovery Unit of Suldouro - Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos SA. The results measured the performance of processes related to treatment and recovery of waste. Still possible, make an integrated analysis using operational indicators, economic and environmental selected.

This model was designed to be user-friendly, mainly to fund managers and to nationally or internationally installers of mechanical-biological treatment processes.

Keywords: municipal solid waste; organic recovery unit; performance assessment; performance indicators.

Índice Geral

Agradecimentos	I
Resumo.....	III
Abstract.....	IV
Índice Geral.....	VII
Índice do Texto.....	IX
Índice de Figuras.....	XI
Índice de Tabelas.....	XIII
Lista de Abreviaturas e Designações.....	XV

Índice do Texto

1. Introdução.....	1
1.1 Objetivos do Trabalho	5
1.2 Organização do Trabalho.....	5
2. Planeamento e Gestão de Resíduos.....	8
2.1 Políticas e Estratégias de Gestão de Resíduos.....	9
2.2 Classificação de Resíduos	11
2.3 Planeamento da Gestão de Resíduos Urbanos.....	13
2.4 Gestão de Resíduos Urbanos	15
2.4.1. Resíduos Urbanos	15
2.4.2. Resíduos Urbanos em Portugal	15
2.4.3. Composição dos Resíduos Urbanos.....	18
2.4.4 Importância da redução de resíduos e da recolha seletiva	19
2.5 Valorização Orgânica	20
2.5.1 Digestão Anaeróbica.....	22
2.5.2 Compostagem	25
2.6 Estações de Tratamento Biológico	27
3. Indicadores de Desempenho.....	31
3.1 Sistemas de Indicadores de Desempenho	33
3.2 Modelos de Avaliação de Desempenho.....	34
4. Modelo de Avaliação de Desempenho Desenvolvido.....	39
4.1 Modelo de Desempenho	41
4.1.1 Indicadores de Desempenho	44
4.2 Aplicação Informática do Modelo de Avaliação de Desempenho	46
5. Aplicação do Modelo na CVO da Suldouro.....	53
5.1 Central de Valorização Orgânica da Suldouro	54
5.2.1 Adaptação do SID	61
5.2.2 Âmbito e Objetivos do SID.....	62
5.2.3 Programação, recolha e processamento de informação.	63
5.3 Avaliação de Desempenho da Suldouro	63

6. Conclusões e Trabalhos Futuros.....	76
6.1 Validação do MAD.....	76
6.2 Desempenho da CVO	77
6.3 Limitações e Trabalhos Futuros.	78
Referencias Bibliográficas.....	80
Anexos.....	93
Anexo I – MAD_CVO Suldouro.....	93

Índice de Figuras

Figura 1 - Processos de recuperação e reciclagem resíduos urbanos.	11
Figura 2 - Produção Total por Região	17
Figura 3 - Composição Física dos RU em Portugal	19
Figura 4 - Destino final dos RUB referente ao ano 2010	20
Figura 5 - Determinação da tecnologia do processo.	22
Figura 6 – Estados da Digestão Anaeróbica.....	23
Figura 7- Métodos de Compostagem.	26
Figura 8 - Diagrama geral de uma Instalação de TMB.	28
Figura 9 – Modelo Conceitual da Modelo PER da OCDE.....	36
Figura 10 – Estrutura Conceitual do Modelo Pressão – Estado – Resposta – Efeitos.	37
Figura 11 - Estrutura Conceitual do Modelo DPSIR.....	38
Figura 12 - Modelo de Avaliação de Desempenho.	40
Figura 13 – MAD aplicado aos macroprocessos da CVO.....	41
Figura 14 - Diagrama Conceptual da Aplicação Informática do MAD.....	46
Figura 15 - Folha de Cálculo CEG do MAD.....	47
Figura 16 - Folha de Cálculo Macroprocesso 1, quadros de preenchimento "Entrada de RU ind", "Entradas CVO" e "Triagem", do MAD.	48
Figura 17 - Folha de Cálculo Macroprocesso 1, quadro de preenchimento "Gestão de Consumos", do MAD.....	49
Figura 18 - Macroprocesso 2, Quadro Produção CVO e Quadro Refugos.	50
Figura 19 - Macroprocesso 2, Quadro "Gestão de Consumos" e Quadro "Produção"	50
Figura 20 - Macroprocesso 3, Quadro "Embalamento" e Quadro " Gestão de Consumos".	51
Figura 21 - Folha de cálculo "ID".	52
Figura 22 - Organigrama Funcional da Suldouro.....	53
Figura 23 - Área de abrangência da Suldouro.	54
Figura 24 - Diagrama simplificado do processo.....	55

Figura 25 - Fronteira do SID	62
Figura 26 - ID01 Consumo de Energia Elétrica.	65
Figura 27 - ID02 Consumo de Água.	66
Figura 28 - ID03 Consumo de Gasóleo.	66
Figura 29 - ID04 Taxa de Uso.	67
Figura 30 - ID05 Taxa de RUB.	67
Figura 31 - ID06 Taxa de Resíduos Recicláveis.	68
Figura 32 - ID07 Taxa de Refugos Recolhida.	69
Figura 33 - ID08 Taxa de Resíduos Desviado de Aterro.	69
Figura 34 - ID09 Solúveis Orgânicos Voláteis.	70
Figura 35 - ID10 Taxa de Produção de Biogás.	70
Figura 36 - ID11 Produtividade de Separação de Resíduos Recicláveis.	71
Figura 37 - ID12 Produção de Composto.	71
Figura 38 - ID15 Produção de Água Residual.	72
Figura 39 - ID18 Produção de CO2.	74

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Produção Total de RU.....	17
Tabela 2 - Instalações e Equipamentos de Recolha Seletiva em Portugal Continental.....	18
Tabela 3 - Vantagens e Limitações Compostagem Vs Digestão Anaeróbica,	30
Tabela 4 - Tipo de recursos de apoio ao cálculo de Indicadores.....	42
Tabela 5 - Lista de Designações e unidades de medida das Variáveis de Cálculo.....	42
Tabela 6 - Indicadores de Desempenho do Modelo Desenvolvido.....	43
Tabela 7 - Lista de Indicadores de CEG Utilizados	44
Tabela 8 - Lista de Indicadores de Desempenho do MAD.....	45
Tabela 9 - CEG aplicável à CVO - Suldouro	64
Tabela 10 - ID13 Produção de Energia Elétrica.....	72
Tabela 11 - ID14 Produção de Energia Elétrica através de Biogás.....	72
Tabela 12 - ID16 Balanço Energético.	73
Tabela 13 - ID17 Custo de Produção de Energia.	73

Lista de Abreviaturas e Designações

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

AEA – American Environment Agency

BMU – Banco Mundial

CER – Catálogo Europeu de Resíduos

CVO – Central de Valorização Orgânica

DA – Digestão Anaeróbica

DGA – Direção Geral do Ambiente

DGQA – Direcção-Geral da Qualidade do Ambiente

DPSIR – Força Motrizes; Pressão; Estado; Impacto; Resposta

EEA – European Environment Agency

EGSSAA – Environmental Guidelines for Small-Scale Activities in Africa

ENRRUBDA – Resíduos Urbanos Biodegradáveis destinados a Aterro

EPA – Environmental Protection Agency

GEE – Gás de Efeito Estufa

ID – Indicador

INE – Instituto Nacional de Estatística

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

IRAR – Instituto Regulador de Águas e Resíduos

LER – Lista Europeia de Resíduos

MAD – Modelo de Avaliação de Desempenho

MRRU – Mapa de Registo de Resíduos Urbanos

ISO – International Standards Organization

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

PER – Pressão; Estado; Resposta

PERAGRI – Plano Estratégico de Resíduos Agrícolas

PERH – Plano Estratégico de Resíduos Hospitalares

PERSU – Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos

PESGRI – Plano Estratégico Sectorial de Gestão de Resíduos Industriais

PIRSUE – Plano de Intervenção de Resíduos Sólidos Urbanos e Equiparados

PNAC – Programa Nacional para as Alterações Climáticas

PNAPRI – Plano Nacional de Prevenção de resíduos Industriais

PNGR – Plano Nacional de Gestão de Resíduos

QREN – Quadro de Referência Estratégico Nacional

RIB – Resíduos Industriais Banais

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

RU – Resíduos Urbanos

RUB – Resíduos Urbanos Biodegradáveis

SID – Sistema de Indicadores de Desempenho

SIDS – Sistema de Indicadores de Desempenho e Sustentabilidade

SOV – Solúveis Orgânicos Voláteis

TM – Tratamento Mecânico

TMB – Tratamento Mecânico Biológico

UE – União Europeia

UNEP – United Nations Environment Programme

WTE – Waste-to-Energy

1. Introdução

Proporcionalmente ao aumento dos aglomerados populacionais, a densidade populacional também foi inevitável, tornando os resíduos um problema de resolução cada vez mais delicado (Barton *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2011). A melhoria do rendimento “*per capita*” e o aumento do consumo no pós segunda guerra mundial, originou nos países desenvolvidos um crescimento exponencial no volume de resíduos sólidos produzidos. Os problemas ambientais associados à gestão e deposição inadequada destes resíduos surgiram no final dos anos 80, com graves repercussões ao nível da saúde pública. Estes problemas proporcionaram o despertar de uma consciência ambientalista nas populações, que passaram a rejeitar frequentemente a abertura de aterros perto das suas áreas residenciais, originando um fenómeno com a designação de “*nimby*” (“*not in my backyard*”). Esta atitude exacerbou a carência de espaços para a deposição de resíduos (EEA, 1999).

De acordo com Curry & Pillay (2012), a geração de resíduos urbanos continua a ser uma questão de extrema importância, uma vez que a população mundial passou a marca dos 7.000 milhões, concentrando-se essencialmente nas áreas urbanas. No ano de 2008, o número de pessoas a viver em cidades superou o número de habitantes das áreas rurais, estimando-se que até 2050, 6 bilhões de pessoas estarão a viver em cidades, comparado com 3,5 bilhões atuais.

Os resíduos sólidos domésticos e industriais, constituem neste momento, um sério desafio tanto para os países como para os municípios que os constituem. Há ainda, quem considere que neste momento os resíduos competem com os humanos por recursos da terra. Segundo Vergara *et al.* (2011), os resíduos gerados afetam diretamente a qualidade ambiental local e global. Os impactos no transporte de resíduos, tratamento e deposição afetam a qualidade do ar local e global, poluindo a água e contaminando o solo.

Nos atuais desafios, estão incluídos a necessidade dos municípios em fornecer água potável aos seus habitantes, de disporem de infraestruturas de saneamento básico e de prestação de serviços em atividades de gestão dos resíduos urbanos (RU), provenientes da geração, recolha, armazenamento e de uma eliminação segura de resíduos. A gestão de resíduos sólidos em todo o mundo, concentra-se agora na redução e reciclagem de resíduos antes da eliminação. A eliminação de resíduos nos municípios, as oportunidades de reciclagem, de compostagem e a geração de energia como consequência da disponibilidade de

resíduos orgânicos, são os principais desafios que se colocam no presente e no futuro (Downmore *et al.*, 2011).

A reciclagem de materiais, tais como papel, cartão, plástico, vidro, aço e alumínio, a partir de resíduos urbanos é significativa em muitos países, devido a considerar-se que a reciclagem do material é superior a qualquer outro tipo de tratamento alternativo (Tyskeng & Finnveden, 2007; Villanueva & Wenzel, 2007). A reciclagem de materiais a partir de RU é habitualmente considerada como sendo superior a qualquer outra alternativa de tratamento. Estudos mais recentes, referem que para as frações de material com um significativo teor de energia, isso pode não ser o caso, se o tratamento alternativo for uma instalação de transformação de resíduos em energia com altas taxas de eficiência na recuperação energética (Merrild *et al.*, 2012).

Associa-se à questão da gestão de resíduos, a procura urgente de fornecimento de energia à sociedade, o que tem promovido um aumento na procura de processos de produção de biogás através de processos biológicos anaeróbios. Além disso, a mitigação das emissões de gases de efeito estufa por digestão anaeróbia de resíduos orgânicos é uma questão de particular interesse (Kaparaju & Rintala, 2010). Além das culturas energéticas que são intencionalmente cultivadas para este fim, os resíduos agrícolas (Chen *et al.*, 2010; Boldrin *et al.*, 2011), resíduos sólidos (Kumar & Ting, 2010), resíduos alimentares (Izumi *et al.*, 2010), resíduos de matadouros (Cuetos *et al.*, 2010), sobras e resíduos da indústria de alimentos (Gupta *et al.*, 2011), são ingredientes adequados para a digestão anaeróbica. Outro dos benefícios, da digestão anaeróbia aplicada aos resíduos urbanos biodegradáveis (RUB) é de fornecer uma solução fundamental, para o crescimento da problemática dos resíduos e ao mesmo tempo os países poderem reduzir a sua importação de energia (Curry & Pillay, 2012).

Atividades de gestão de resíduos, especialmente a eliminação de resíduos em aterros sanitários, gera metano (CH₄) contribuirão assim para o aumento de emissão de Gás de Efeito Estufa (GEE) em cerca de 4% (Bogner *et al.*, 2007). Neste sentido, a utilização da Análise do Ciclo de Vida em sistemas de gestão de resíduos sólidos é uma abordagem importante, pois permite de uma forma sistemática abranger todos os impactos associado à gestão de resíduos, incluindo as questões a montante e a jusante do sistema de gestão de resíduos. O que pode proporcionar a capacidade de avaliar as diferentes tecnologias de resíduos, com diferentes padrões de consumo de energia ou de produção e diferentes níveis de recuperação de

materiais. Por exemplo, a deposição em aterro com a extração de gás pode ser mais ecológica do que a incineração sem recuperação de energia (Kirkeby *et al.*, 2006; Grant *et al.*, 2003).

Vários estudos sobre os impactos ambientais da incineração, da compostagem e da digestão anaeróbia centrados nos resíduos orgânicos sólidos domésticos, foram efetuados e comparados através de ferramentas de Análise de Ciclo de Vida. Os resultados mostram que os métodos de tratamento biológico, tanto anaeróbio como o aeróbio, resultam na emissão GEE, no entanto, dão uma maior contribuição ao nível do enriquecimento de nutrientes e na acidificação ao nível dos solos, quando são comparados com a incineração. Na Dinamarca, verificou-se que a eletricidade produzida através do biogás é preferível em comparação com a que tem origem no carvão (Bernstad & Jansen, 2011, 2012; Bernstad *et al.*, 2012).

O tratamento mecânico biológico através da incineração com recuperação de energia, é o método mais comum para a recuperação de valor a partir de resíduos e é comumente definida como “*Waste-To-Energy*” (WTE). A maioria das instalações de WTE são projetadas para lidar com grandes volumes de RU com ou sem pré-tratamento. Geralmente, o vapor produzido a partir da incineração de resíduos é utilizado em turbinas para gerar eletricidade, enquanto o calor restante do processo é descartado. No entanto, no processo de calor e energia (incineradores combinados), o calor residual é recuperado e exportado para instalações industriais adjacentes ou distritas para aquecimento, água quente, entre outras aplicações (Williams, 2005).

O carbono contido nos resíduos orgânicos é originado do processo de fotossíntese e a libertação desse carbono biogénico não contribui para o aumento líquido das emissões de GEE na atmosfera (Yoshida *et al.*, 2012). No entanto, sob um ambiente anaeróbio como é o encontrado em aterros, o gás metano é produzido a partir da decomposição do material orgânico. Regista-se que o metano tem um potencial de aquecimento global 25 vezes maior do que o CO₂ em um período de 100 anos (IPCC, 2007).

O Tratamento Mecânico (TM) é uma tecnologia usada no tratamento de RU. Uma instalação de TM "sujo" processa a misturada RU residual em contraste com um processo 'clean', que processa materiais recicláveis segregados. Uma instalação TM incorpora transportadores e linhas triagem manual, separadores, separadores magnéticos, separadores de

correntes e potencialmente dispositivos de detecção de infravermelho, trituradores e equipamentos de enfardamento (AEA, 2001).

O Tratamento Mecânico Biológico (TMB) é outra opção de tratamento para resíduos urbanos. O TMB processa parcialmente RU misturados, removendo mecanicamente algumas partes dos resíduos e através do processo biológico trata os outros. Geralmente existe uma vasta gama de configurações de instalações TMB, cada tipo de instalações depende dos vários processos que estão integrados no TMB e das várias saídas do processo. O processo biológico pode-se realizar antes ou depois do tratamento mecânico dos resíduos, dependendo das saídas que possam existir, nomeadamente a compostagem aeróbica (em vasos ou túnel), ou Digestão Anaeróbica (DA) ou bio secagem (Papageorgiou *et al.*, 2009). A DA e a compostagem de RUB permitem a recirculação de nutrientes para a agricultura, enriquecendo o solo, substituindo os fertilizantes comerciais e retornando os nutrientes da cidade para a agricultura. Tratados os resíduos orgânicos comportam-se de forma diferente em relação aos fertilizantes comerciais, no que diz respeito a perda de nutrientes, sequestro de carbono e na entrada de metais pesado e outros poluentes no solo. Estes efeitos são complexos, dependendo da interação com os tipos de solos (Hansen *et al.*, 2006).

Segundo Belgiorno *et al.* (2003), as principais dificuldades na gaseificação a partir dos resíduos sólidos, nomeadamente para os RU, encontram-se relacionados com a heterogeneidade dos resíduos. No entanto, a gaseificação, é também particularmente adequada para resíduos agrícolas e industriais homogêneos (resíduos de papel/ cartão, resíduos de madeira, resíduos de alimentos, etc.)

Torna-se assim imperativo, a necessidade de estudos com o desenvolvimento de indicadores que permitam a sustentabilidade dos sistemas e que definam procedimentos que apontem a melhoria do desempenho operacional, económico e ambiental dos TMB. Neste sentido, é essencial estruturar modelos gerais, de forma a permitir que os resultados sejam confrontáveis e que forneçam a informação de resultados com brevidade. Assim, é necessário que se avalie várias componentes como o desempenho operacional, social, económico e ambiental.

A avaliação do desempenho é sustentada por indicadores concedendo a competência de quantificar os diversos processos do TMB. Estes indicadores, devem estar corretamente

organizados, agrupados e contextualizados para que se proceda à sua análise, interpretação e comparação da forma mais útil. Estes indicadores deverão ser capazes de avaliar a eficiência e eficácia do serviço e simultaneamente, avaliar o desempenho ambiental deste tipo de infraestruturas.

Diante este cenário, é necessário integrar os indicadores de desempenho num modelo e automatizá-lo, o mesmo deve ser mutável, permitindo alterações de acordo com as necessidades e que permita cumprir com os requisitos de avaliação do desempenho sob um ponto de vista operacional, económico e ambiental.

1.1 Objetivos do Trabalho

Este estudo pretende contribuir para a monitorização e gestão de uma Unidade de Valorização Orgânica, através da criação/conceção de um sistema de indicadores operacionais, ambientais e económicos.

O desenvolvimento de um modelo de avaliação de desempenho de unidades de valorização orgânica é sustentado num sistema de indicadores, capaz de monitorizar a qualidade da operação e apoiar a tomada de decisão, a três níveis: operacional, ambiental e económico.

Como objetivos específicos do trabalho, são considerados os seguintes:

1. Desenvolver uma aplicação informática de apoio ao modelo proposto;
2. Validar o modelo proposto através da sua aplicação a um caso de estudo.

1.2 Organização do Trabalho

Conduzindo ao intento de alcançar os objetivos aludidos, este trabalho encontra-se estruturado em 6 capítulos.

O Capítulo 1 – Introdução, efetiva o enquadramento genérico do trabalho, descrevendo os principais objetivos e a organização do trabalho.

O Capítulo 2 – Planeamento e Gestão de Resíduos, aborda a problemática da gestão de resíduos efetivando a mesma no contexto nacional e europeu. Identifica as linhas que

orientam a política nacional e europeia de gestão de resíduos, em especial no que diz respeito aos resíduos urbanos.

Este capítulo efetiva ainda, uma análise geral dos principais instrumentos de planeamento da gestão de resíduos disponíveis, enquadrando de forma resumida, os aspetos mais relevantes da gestão de resíduos em Portugal.

O Capítulo 3 – Define os principais conceitos da Avaliação de Desempenho. Enquadra os indicadores como instrumentos de avaliação de desempenho, bem como, a sua aptidão em avaliar a eficiência e eficácia, refletindo também, as principais limitações à sua utilização. São mencionados de forma resumida, um conjunto de modelos de avaliação de desempenho, suportados por indicadores.

O Capítulo 4 – Apresentação do Modelo Aplicado à Central de Valorização Orgânica.

Este capítulo, apresenta o modelo de avaliação de desempenho que tem como principal objetivo permitir uma análise de forma integrada dos resultados operacionais, económicos e ambientais.

São ainda descritas neste capítulo as principais potencialidades e características do sistema de indicadores do modelo, de seguida são apresentados os pressupostos que presidem à Avaliação de Desempenho, incluindo a lista de indicadores selecionados, e por fim, fundamenta-se os princípios e principais etapas da Avaliação do Desempenho.

O Capítulo 5 – Este capítulo começa por apresentar uma caracterização geral da entidade Suldouro, bem como, os Concelhos que a mesma é responsável pela receção dos RU, ou seja, Vila Nova de Gaia e Santa Maria da Feira.

Neste capítulo é retratada a aplicação do Modelo na Central de Valorização Orgânica (CVO) da Suldouro, relata a aplicação, teste e validação do modelo. Começa por descrever a metodologia de aplicação do modelo ao sistema de gestão na CVO da Suldouro, explicando posteriormente os principais passos seguidos nessa adequação e descreve ainda a metodologia de recolha e validação da informação de base. Neste capítulo são discriminados e analisados os resultados da avaliação do desempenho operacional, económico e ambiental.

O trabalho termina com um epílogo constituído pelo Capítulo 6 - Conclusões e Trabalhos Futuros, onde se aborda as conclusões mais relevantes do trabalho e se recomendam trabalhos futuros em áreas ou temas, cujo estudo pode contribuir para o avanço científico no domínio da avaliação de desempenho na gestão de uma CVO.

O trabalho fica completo com as referências bibliográficas e o anexo onde se encontra a programação e o funcionamento da aplicação informática de suporte ao modelo aplicado na CVO da Suldouro.

2. Planeamento e Gestão de Resíduos

O Decreto-Lei nº 73/2011 de 17 de junho, que altera o Decreto-Lei nº 178/2006 de 5 de setembro, define que até 12 de dezembro de 2013 deve ser produzido programas de prevenção de resíduos, que abarquem medidas e objetivos de prevenção, existentes e previstos, bem como, indicadores e valores de referência qualitativos ou quantitativos específicos ajustados às medidas de prevenção que afiancem o acompanhamento e a avaliação dos desenvolvimentos da execução das medidas relatadas.

A avaliação intercalar do 6º Programa Comunitário de Ação em matéria de ambiente, refere que a dissociação entre a utilização de recursos e o crescimento económico não conduziu, como era desejável, a um decréscimo da utilização geral dos recursos (COM, 2005).

Estabelecer um programa de gestão de resíduos é um processo demorado e complexo, as seguintes considerações são cruciais para sucesso a longo prazo (EPA, 1997):

- Formulação na sequência de um plano bem elaborado e abrangente;
- Decisões baseando-se em análises económicas sólidas;
- Manter as taxas de participação pública elevadas ao longo de vários anos;
- Uma educação permanente e um plano de publicidade;
- Aquisição e manutenção de apoio político, deve ser um esforço contínuo.

Independentemente da abordagem de gestão de resíduos, ou combinação de abordagens, que uma sociedade decide adotar, uma variedade de dados devem ser recolhidos e analisados antes que o programa possa ser implementado. Os objetivos da sociedade e o âmbito do programa devem ser definidos.

A sociedade também deve compreender o perfil de geração dos seus resíduos atuais e futuros, para que possa planear e financiar de uma forma eficiente o programa económico. A informação confiável permitirá que a sociedade com precisão orçamental, tome as decisões corretas para as necessidades do programa, tornando-o possível e projetando-o de forma

adequada e que permita à sociedade avaliar o melhor sucesso do programa depois de ser implementado (EPA, 1997).

A União Europeia (UE), antevê que o aumento da produção industrial e do consumo, vai continuar a resultar em impactes ambientais significativos e num gradual acréscimo da utilização de recursos naturais, até ao ano de 2020. O Serviço de Estatística da União Europeia (EUROSTAT), estima que em 2020, a produção de resíduos urbanos atinja o valor de $680 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, contrariamente ao ano de 2004 em que cada cidadão europeu produziu em média $520 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ de resíduos urbanos (EUROSTAT, 2008).

No ano de 2010 foram produzidos em Portugal continental, cerca de 5,319 milhões de toneladas de RU, o que equivale a uma produção diária de cerca de $1,40 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$. A produção de RU foi superior ao estabelecido no Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II) para o ano de 2010, em cerca de 111 mil toneladas (APA, 2011a).

2.1 Políticas e Estratégias de Gestão de Resíduos

A estratégia de ação da EU, visa estabelecer orientações e descrição dos meios que possibilitarão aperfeiçoar a gestão de resíduos. A redução dos impactos ambientais negativos, originados pelos resíduos ao longo do seu ciclo de vida, ou seja desde que são produzidos até à sua eliminação, passando pela reciclagem, é o objetivo principal desta estratégia. O resíduo deixa de ser visto unicamente como uma fonte de poluição a reduzir, sendo abordado com um potencial recurso a explorar (COM, 2005).

A promoção da “sociedade de reciclagem” é o objetivo principal da política da UE e de Portugal, com o sentido de inverter o aumento da produção de resíduos, através de uma sociedade que privilegia a prevenção da produção de resíduos, com a perspectiva de incentivar a sua valorização, preservando desde modo, os recursos naturais e a redução do nível do risco para a saúde humana e ambiental, proveniente da gestão eficaz de resíduos (APA, 2008a). De referir no entanto, que apesar de se encontrar previsto a redução da produção de resíduos, na estratégia definida pela a UE a mesma não inclui qualquer objetivo quantitativo global nesta área, pois é considerado que este tipo de objetivo não acarreta forçosamente melhorias ambientais. Visto que uma diminuição mais significativa em termos de volume, utilizando certas técnicas de redução, mostram-se mais poluentes que outras (COM, 2005).

A Estratégia Nacional de Resíduos, designa como objetivo geral da política nacional de gestão de resíduos, a proteção ambiental de forma a influenciar massivamente o progresso do Desenvolvimento Sustentável. Neste sentido, a indispensabilidade do envolvimento e responsabilização das entidades gestoras e da sociedade em geral, com o intuito destes adotarem posturas que visam a promoção da reutilização e da valorização dos resíduos. A Estratégia Nacional aglomera vários instrumentos de planeamento na área dos resíduos, nomeadamente, o Plano Nacional de Gestão de Resíduos (PNGR), e cinco outros planos específicos, o Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II), Plano Estratégico Sectorial de Gestão de Resíduos Industriais (PESGRI), Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais (PNAPRI), Plano Estratégico de Resíduos Agrícolas (PERAGRI) e por fim o Plano Estratégico de Resíduos Hospitalares (PERH).

A Estratégia Nacional de Resíduos, indo ao encontro com o que se depara descrito na estratégia de prevenção e reciclagem de resíduos, oferece novas possibilidades para a gestão de resíduos, tendo como objetivo a redução das quantidades depositadas em aterro, recuperando mais composto e energia, bem como, o melhoramento da reciclagem, quer quantitativamente quer qualitativamente. Os primordiais benefícios previstos são uma melhor eficácia e superior relação qualidade-eficácia, graças ao interesse dado ao impacto ambiental, uma diminuição dos custos e oposição às atividades de reciclagem e a redução da poluição por resíduos, designadamente no que diz respeito às emissões de gases com efeito de estufa (APA, 2010a).

As vias de conversão dos RU em energia estão ilustradas na Figura 1. Basicamente, estas envolvem processos termoquímicos tais como, a gaseificação, incineração e os processos de pirólise, e biológicos como por exemplo, a digestão anaeróbia.

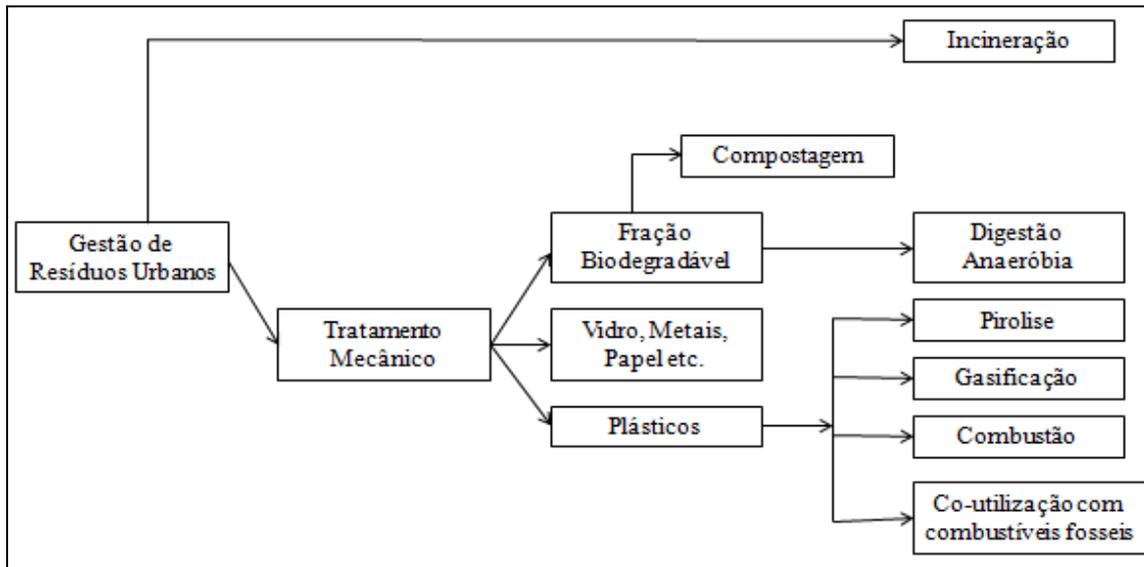


Figura 1 - Processos de recuperação e reciclagem resíduos urbanos, (IEA Bioenergy, 2003).

2.2 Classificação de Resíduos

O conceito de “resíduo” é essencial para um resultado positivo do planeamento da gestão de resíduos, este facto, deve-se à heterogeneidade da percepção deste conceito no qual não existe uma classificação uniformizada e aceite internacionalmente.

Os RU recolhidos atualmente são constituídos por uma considerável fração de matéria orgânica, denominada RUB. De acordo com o Decreto-Lei nº 152/2002, de 23 de Maio de 2002, os RUB são definidos como “*os resíduos que podem ser sujeitos a decomposição anaeróbia ou aeróbia, como, por exemplo, os resíduos alimentares e de jardim, o papel e o cartão*”. Este tipo de resíduos também se encontra inserido nos Resíduos Industriais Banais (RIB).

A carência anteriormente referida levou a que na União UE se dispôs na criação de critérios uniformes com o intuito de viabilizar a classificação dos resíduos. Esta causa levou à criação de uma Lista Europeia de Resíduos (LER) em consonância com a Decisão n.º 2000/532/CE, da Comissão de 3 de Maio, posteriormente alterada pelas Decisões n.º 2001/118/CE, da Comissão de 16 de Janeiro, 2001/119/CE, da Comissão de 22 de Janeiro, e 2001/573/CE, do Conselho de 23 de Julho. A Lista Europeia de Resíduos foi transposta através da publicação da portaria n.º 209/2004 de 3 de Março a qual substitui o Catálogo Europeu de Resíduos (CER).

Em conformidade com o estabelecido na introdução do Anexo da Decisão da Comissão de 16 de Janeiro de 2001 que altera a Decisão 2000/532/CE no que respeita à lista de resíduos, a LER passou a ser definida da seguinte forma (APA, 2008b):

- Deverá ser uma lista harmonizada de resíduos, periodicamente examinada à luz dos novos conhecimentos e em especial, dos resultados da investigação e, revista (em conformidade com o artigo 18º da Diretiva 75/442/CEE).
- Deverá estar salvaguardado o facto de um determinado material estar incluído na lista não significa que o mesmo constitua um resíduo em todas as situações ou seja, um material só é considerado resíduo quando corresponde à definição de resíduo na alínea a) do artigo 1.º da Diretiva 2006/12/CE.
- A lista deverá identificar os resíduos considerados perigosos com a simbologia (*), de acordo com critérios estabelecidos na Diretiva 91/689/CEE.
- Os vários tipos de resíduos incluídos na lista são totalmente definidos pelo Código LER segundo um código de seis dígitos para os resíduos e de dois e quatro dígitos para os números dos capítulos e subcapítulos.

A identificação do Código LER de um determinado resíduo na lista, necessita de proceder às seguintes etapas (Portaria n.º 209/2004 de 3 de Março):

- A procura, nos capítulos 01 a 12 ou 17 a 20, a fonte geradora do resíduo e identificar o código de seis dígitos apropriado do resíduo (excluindo os códigos terminados em 99 desses capítulos);
- Os resíduos de embalagens de recolha seletiva (incluindo misturas de vários materiais de embalagem) serão classificados no subcapítulo 15 01 e não em 20 01;
- Se não for possível encontrar nenhum código apropriado nos capítulos 01 a 12 ou 17 a 20, devem ser consultados os capítulos 13, 14 e 15 para identificação dos resíduos;
- Se nenhum destes códigos de resíduos se aplicar, a identificação do resíduo faz--se em conformidade com o capítulo 16;

- Se o resíduo não se enquadrar no capítulo 16, utilizar-se-á o código 99 (resíduos não especificados noutra categoria) na parte da lista correspondente à atividade identificada na primeira etapa.

O fim do “estatuto de resíduo”, encontra-se definido na Diretiva 2008/98/CE de 19 de Novembro de 2008 a qual estabelece que caso os resíduos se submetam a operações de valorização, incluindo a reciclagem, e satisfaçam as seguintes condições deixam de ser resíduos:

- Ser habitualmente utilizado para fins específicos;
- Existir um mercado ou uma procura;
- Respeitar a legislação e as normas aplicáveis aos produtos e
- A sua utilização não gerar impactes ambientais negativos ou efeitos adversos na saúde humana.

A LER, publicada na Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março, veio conciliar a identificação e classificação dos resíduos, facilitando a informação ao nível do regime jurídico.

2.3 Planeamento da Gestão de Resíduos Urbanos

O Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos Nacional foi publicado no Diário da República pelo Despacho n.º 3227/2010 de 22 de Fevereiro, este despacho vem dar resposta à “Diretiva Quadro Resíduos”, a qual refere a obrigatoriedade do planeamento da gestão de resíduos nos Estados-membros no espaço da União Europeia, constituindo-se assim como instrumentos de planeamento.

O planeamento da gestão de resíduos é um instrumento que visa conduzir a prevenção da produção de RU em Portugal a níveis que possibilitem a inversão da relação direta entre a produção de resíduos e o crescimento económico e impulsionar a cooperação entre os distintos atores para a redução da quantidade e perigosidade dos RU. Procura-se assim, aperfeiçoar a eficiência e eficácia no aproveitamento de recursos naturais na sociedade, influenciando a conceção mais sustentável de produtos, bens e serviços nos sistemas de produção-consumo.

O Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro, institui a elaboração do PNGR, documento que visa orientar da política nacional de gestão de resíduos e pela descrição das direções que os planos específicos de gestão de resíduos devem seguir.

O PERSU II é um dos planos específicos de gestão de resíduos que assenta fundamentalmente na adoção e definição do Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos, para subsequente cumprimento das linhas orientadoras nele concretizado. As linhas orientadoras, devido à sua transversalidade, concebem a efetuação de medidas, por parte de todos os sectores da sociedade (PERSU II, 2007).

O PERSU II faz a revisão do PERSU I passando a constituir o instrumento principal da gestão dos resíduos urbanos para o período de 2007 a 2016. Este plano identifica-se ainda na estratégia nacional de redução dos Resíduos Urbanos Biodegradáveis destinados a Aterro (ENRRUBDA) e no Plano de Intervenção de Resíduos Sólidos Urbanos e Equiparados (PIRSUE) (Despacho n.º 454/2006 de 5 de Dezembro) e inclui objetivos, metas e ações para o sector dos resíduos, subsequentes da aplicação da legislação nacional e comunitária, designadamente (APA, 2011b):

- a) As metas de desvio de RUB de aterro (Decreto-Lei n.º 183/2009 de 10 de Agosto, que transpõe para a ordem jurídica portuguesa a Diretiva 1999/31/CE do Conselho de 26 de Abril, relativa a aterros e aplica a Decisão 2003/33/CE do Conselho, de 19 de Dezembro);
- b) As metas de reciclagem e valorização de resíduos de embalagem (Decreto-Lei n.º 366-A/97 de 20 de Dezembro, tal como alterado pelos Decreto-Lei n.º 162/2000 de 27 de Julho e Decreto-Lei n.º 92/2006 de 25 de Maio, que transpõem as Diretivas 94/62/CE de 20 de Dezembro e 2004/12/CE de 11 de Fevereiro);
- c) A redução das emissões de gases com efeito de estufa (assumida no Protocolo de Quioto, e concretizada no Programa Nacional para as Alterações Climáticas – PNAC, aprovado pela Resolução do Conselhos de Ministros n.º 104/2006 de 23 de Agosto de 2006, e cujas metas foram revistas pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 1/2008 de 4 de Janeiro).

É ainda estabelecido no PERSU II as linhas orientadoras a definir pelos planos multimunicipais, intermunicipais e municipais de ação, acatando ao disposto no art.º 15 do Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro.

No Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN), para o período de 2007-2013, aprovado através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 86/2007 de 3 de Julho é identificado as preferências a observar no domínio da gestão de RU (APA 2011c).

O Decreto-Lei n.º 152/2002 de 23 de Maio estabelece, para três períodos distintos (2006, 2009 e 2016), uma redução gradual, respetivamente de 25, 50 e 65 % de RUB a serem depositados em aterro, tendo por base a produção de resíduos (fração putrescível) referentes ao ano de 1995.

2.4 Gestão de Resíduos Urbanos

2.4.1. Resíduos Urbanos

Pelo Decreto-Lei 73/2011 de 17 de Junho entende-se como definição de resíduo *“quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem intenção ou obrigação de se desfazer”*. No entanto, o Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro, apresenta a definição de RU, como *“resíduos provenientes de habitações bem como outros resíduos que pela sua natureza e composição, seja semelhante aos resíduos provenientes das habitações”*.

Os RU atualmente rececionados pelas entidades gestoras são constituídos por uma importante fração de matéria orgânica, designada de RUB. O Decreto-Lei nº 152/2002 de 23 de Maio de 2002, define os RUB como *“resíduos que podem ser sujeitos a decomposição anaeróbia ou aeróbia, como, por exemplo, os resíduos alimentares e de jardim, o papel e o cartão”*.

2.4.2. Resíduos Urbanos em Portugal

A atividade de gestão de resíduos a recolha, define-se segundo Decreto-Lei 73/2011 de 17 de Junho como sendo *“o transporte, a valorização e a eliminação de resíduos, incluindo a supervisão destas operações, a manutenção dos locais de eliminação no pós-encerramento, bem como as medidas adotadas na qualidade de comerciante ou corretor.”*

As origens da produção de resíduos são oriundas de inúmeras atividades de produção e consumo que têm lugar na sociedade atual. Estas atividades são sustentadas por recursos naturais (matérias-primas e energia) através da entrada no ciclo económico cumprindo uma estabelecida função e/ou serviço. Durante o seu ciclo de vida, caso não sejam reaproveitados, estes recursos irão retornar ao ambiente sob a forma de resíduos ou emissões constituindo-se assim, como desperdícios das atividades.

No que concerne à gestão de RU em Portugal, até há cerca de uma década atrás, a mesma estribava-se na recolha indiferenciada e na deposição em lixeira ou na melhor das hipóteses num vazadouro controlado (Martinho & Gonçalves, 2000).

Em consequência de aumento geral de produção de resíduos correspondente ao desenvolvimento económico, crescimento demográfico e consumismo tem como efeito o aumento crescente da importância dada à gestão e ao tratamento dos resíduos produzidos (Queda & Almeida, 2004) associando-se assim, igualmente um crescente das preocupações com a saúde e a segurança, em relação à gestão de resíduos (Martinho & Gonçalves, 2000). No entanto, os mesmos autores referem que além das preocupações anteriormente mencionadas, existem outras áreas de preocupação, nomeadamente, a conservação dos resíduos, os riscos ambientais associados aos sistemas tecnológicos de RU e a indispensabilidade de transformação ao nível comportamental e de responsabilização de todos os agentes abarcados.

Considera-se assim imperativo, que na perspetiva da gestão ambiental, a seleção do tipo de tratamento seja apropriado às características do tipo de resíduos a tratar (Queda & Almeida, 2004).

No período compreendido entre 1995 e 2010 presenciou, em Portugal, uma disposição de crescimento da produção de RU, com a exceção dos anos de 2001 e 2004, em que se verificou um leve decréscimo em correspondência ao ano precedente, e no ano de 2010, em que os valores de produção de RU se conservaram na mesma ordem de grandeza do ano anterior. Assim, em 2010 produziram-se em Portugal continental cerca de 5,319 milhões de toneladas de RU, ou seja, aproximadamente $511 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, o que corresponde a uma produção diária de aproximadamente de $1,40 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ (APA, 2011a).

No total de RU produzidos referente ao ano 2010, 85 % corresponde a recolha indiferenciada e 15 % a recolha seletiva. Em termos regionais (Tabela 1, Figura 2), verifica-se que as regiões do Norte e de Lisboa e Vale do Tejo que registaram a maior produção, ao nível do território continental, com 30 e 39 %, respetivamente (APA, 2011b).

Considera-se que os valores apresentados encontram-se possivelmente relacionado com o maior poder de compra e com uma maior concentração de atividades económicas inseridas nessas áreas geográficas.

Tabela 1 - Produção Total de RU

Região	Produção Total
Norte	1.611.667
Centro	831.190
Lisboa e Vale do Tejo	2.023.201
Alentejo	314.762
Algarve	402.749
R.A. Madeira	135.908
Total	5.319.477

Fonte: APA, 2011a.

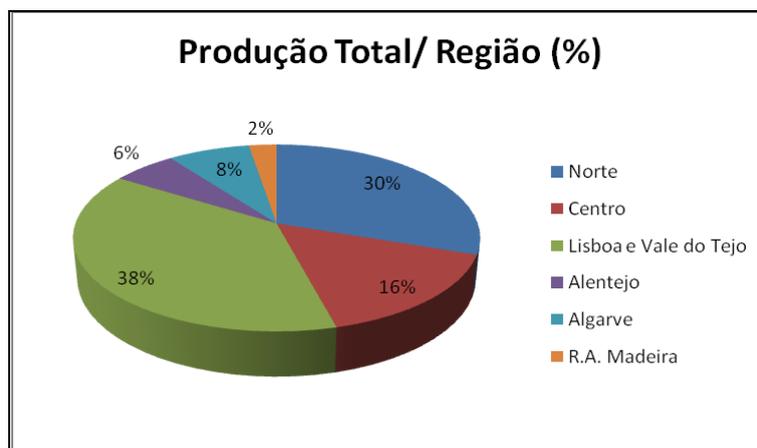


Figura 2 - Produção Total por Região, (APA, 2011a).

No ano de 2010 e apenas em Portugal continental, (tabela 2) existiam 34 aterros, 9 instalações de valorização orgânica, 2 de valorização energética (incineração) e 81 estações de transferência.

Tabela 2 - Instalações e Equipamentos de Recolha Seletiva em Portugal Continental.

Infraestrutura	Previstos	Construção	Exploração	Total
Aterro	8	1	34	43
Valorização Orgânica	5	10	9	24
Valorização Energética (Incineração)			2	2
Estações de Transferência	1		81	82

Fonte: APA, 2010a.

2.4.3. Composição dos Resíduos Urbanos

Considerando que a caracterização física dos RU constitui informação relevante e para efeitos de planeamento e cumprimento de objetivos de desempenho ambiental.

A Portaria n.º 768/88 de 30 de Novembro, designa a obrigatoriedade do preenchimento do Mapa de Registo de Resíduos Urbanos (MRRU) e implica requisitos relativos à caracterização física, dos resíduos recolhidos. Neste enquadramento, a metodologia para a quantificação e caracterização física dos resíduos urbanos encontra-se descrita no Documento Técnico n.º 1, publicado pela Direcção-Geral da Qualidade do Ambiente (DGQA) em 1989 (APA, 2011d).

A Portaria acima referida foi revogada posteriormente e o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos de 2007 a 2016 apresenta uma metodologia para a quantificação e caracterização deste tipo de resíduos. Registou-se ainda a carência de estimular uma maior harmonização do quadro normativo, pelo que a Portaria n.º 851/2009, de 7 de Agosto, veio revogar a metodologia prevista no PERSU II.

A caracterização física dos RU produzidos no Continente em 2009 é apresentada na Figura 3 e tem por base os dados registados no MRRU. Contudo, os referidos elementos devem ser considerados apenas como indicação, visto que a Portaria n.º 851/2009 entrou em vigor a 8 de Agosto abrangendo assim um período de transição e adaptação à nova metodologia.

A avaliação quantitativa e a caracterização qualitativa dos resíduos, constituem uma das etapas iniciais no que se refere à gestão tecnológica de biomassa no sentido de direccionar para uma correta gestão integrada, bem como, para o dimensionamento e desenvolvimento de unidades de tratamento, reciclagem e valorização de biomassa (Queda, 1999).

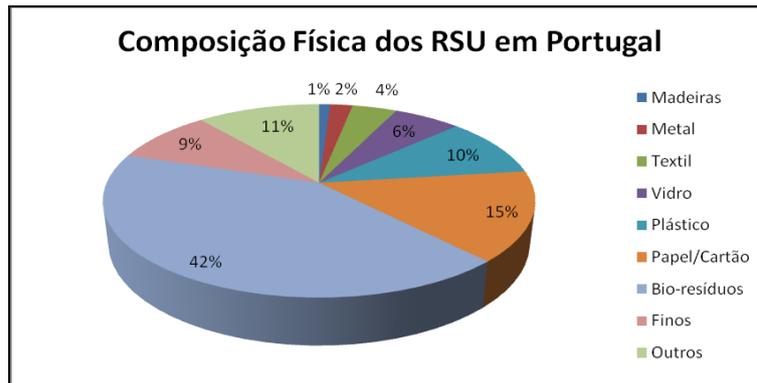


Figura 3 - Composição Física dos RU em Portugal (%), (APA, 2011b).

A produção de resíduos, depende de um conjunto de fatores de natureza física, individual e social, económica e tecnológica, que regulam a natureza e a quantidade de resíduos num dado local e num dado instante e depende essencialmente do nível de vida da população, da época do ano, do modo de vida da população, do movimento da população durante os períodos de férias, os fins-de-semana e os dias festivos, do clima e dos modelos de consumo vigentes.

2.4.4 Importância da redução de resíduos e da recolha seletiva

A prevenção e a minimização de produção de resíduos, são atividades que tendem a eliminar os ensejos de conduzir à produção de materiais dispostos a constituir resíduos. No entanto, a presença de sistemas de recolha seletiva da fração dos RU, estabelece-se como um fator basilar na obtenção de um composto de qualidade, considerando-se assim, analogamente importante a existência de campanhas de sensibilização apontando confirmar a participação da sociedade através da correta separação na fonte dos resíduos produzidos (Lopes & Santos, 2003).

As características físicas e químicas dos RU, na maioria das situações e desde que seja realizada a separação na fonte e recolha seletiva dos mesmos, permitem o seu tratamento/valorização com vista à reciclagem da matéria orgânica, conduzindo à obtenção de produtos finais ricos em matéria orgânica estabilizada e que podem ser utilizados para fins agrícolas (Queda & Almeida, 2004), cumprindo as normas de qualidade do composto e permitindo a sua venda para utilização como fertilizante orgânico (Lopes & Santos, 2003).

Uma das metas estipuladas a nível nacional para os RU, estabelecida através do PERSU II, e a valorização dos RUB, constituindo assim uma política de desvio destes resíduos de aterro. Verificou-se que em 2010, do total de RU produzidos, 51% foram RUB (2,660 milhões de

toneladas de resíduos). Como se pode visualizar na Figura 4, a maioria (64%) foi encaminhada para aterro, 18% sofreu valorização energética, 10% foi valorizado organicamente e 8% dos RUB (papel e cartão) foram reciclados.

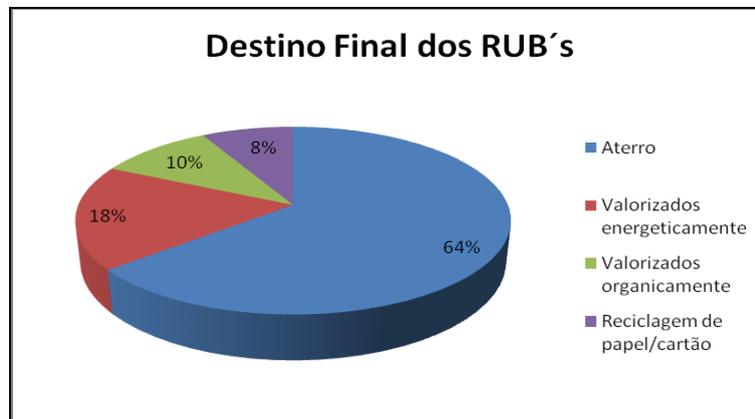


Figura 4 - Destino final dos RUB referente ao ano 2010, (APA, 2011b).

Tendo em vista a necessidade de se assegurar o cumprimento dos objetivos previstos no espaço da derrogação obtida por Portugal a Diretiva Aterros, para o período de 2013 e 2020 no que se refere aos RUB, existe o compromisso de se dar continuidade aos esforços efetuados para desviar matéria biodegradável dos aterros, designadamente através de construção de infraestruturas de valorização de RUB (APA, 2011a).

2.5 Valorização Orgânica

Com o progresso social, os resíduos gerados tornaram-se uma natureza complexa de ser tratada. No final do século IXX, a revolução industrial teve como consequência a ascensão do mundo dos consumidores. Não levou unicamente só ao efeito do aumento da poluição do ar, mas também ao aumento da poluição do solo devido a mais geração de desperdícios de resíduos não-biodegradáveis. O aumento da população e da urbanização também foi um dos grandes responsáveis pelo aumento de resíduos sólidos (PAKRITI, 2006).

O fluxo de RU típico possui resíduos orgânicos recicláveis, resíduos domésticos perigosos, resíduos hospitalares e industriais. Os impactes ambientais adversos da gestão de resíduos sólidos estão enraizados na recolha inadequada ou incompleta e na falta de recuperação dos resíduos recicláveis ou reutilizáveis, bem como, nos resíduos perigosos (EGSSAA, 2009).

Muitas cidades são confrontadas com o problema de como tratar grandes quantidades de RU. Atualmente, os aterros são a nível global, o principal destino de resíduos - cerca de 60 %

(Manfredi *et al.*, 2010; Damgaard *et al.*, 2011). No entanto, com a crescente taxa de rutura dos aterros e os comprovados impactos ambientais negativos, as alternativas mais limpas e menos onerosa para a eliminação de resíduos urbanos devem ser identificadas e implementadas. A recuperação de energia de alta temperatura a partir de RUB, conhecido como *WTE*, é uma dessas alternativas (Fruergaard & Astrup, 2001). A produção de energia através de RUB reduz a quantidade de materiais enviados para aterros sanitários, evita a contaminação do ar e água, melhora as taxas de reciclagem e diminui a dependência dos combustíveis fósseis para geração de energia. As duas formas mais viáveis comercialmente de *WTE* em grande escala são a de combustão e gaseificação. A combustão de resíduos é uma prática bem estabelecida, enquanto a gaseificação encontra-se ainda uns níveis abaixo enquanto indústria de grande escala comercial (Kleint, 2002; Valerio, 2010).

O conceito de gestão de resíduos deve então ser adaptado, com vista a uma gestão eficaz, necessitando atender às atuais condições sociais, económicas e ambientais. Estes são os pressupostos necessários considerar aquando de uma mudança de paradigma na gestão de resíduos.

A conversão biológica dos RUB para fins energéticos ganhou grande importância nos dias de hoje, uma vez que os RUB passaram a ser encarados como uma fonte de energia alternativa.

Numerosos benefícios estão relacionados ao uso adequado do biogás e do uso potencial como fonte de energia. Considera-se assim, que os projetos de gestão do biogás têm o potencial de gerar receita por meio da venda da energia produzida, o que proporciona um incentivo para melhorar o desenho e a operação de um sistema global de gestão de RU (Banco Mundial, 2004).

Tendo em conta os problemas dos RU anteriormente referenciados, poderemos afirmar que os resíduos de origem biológica têm um papel fundamental. O tratamento biológico é uma forma de desvio de resíduos biodegradáveis de aterro, e assim, reduzir os impactos ambientais destas infraestruturas. É um meio para o regresso da matéria orgânica ao solo, especialmente os solos que possuem défice de matéria orgânica, podendo-se apresentar assim como uma contribuição no combate à erosão e à desertificação do solo, contribuindo-se igualmente para práticas agrícolas mais sustentáveis.

O tratamento biológico de resíduos biodegradáveis é uma das medidas que promove eficazmente a luta contra as mudanças climáticas, revelando-se importante no caminho rumo a uma sociedade sustentável. A Diretiva Europeia 2008/98/CE, relativa aos resíduos é muito clara sobre este assunto. A sociedade deve ser capaz de contemplar os resíduos biodegradáveis não como resíduo mas como um recurso relevante, fazendo uso do mesmo e consequentemente permitindo a redução do impacto destes na saúde pública e no ambiente.

A utilização do TMB tem vindo a aumentar na Europa e já é uma opção significativa para os RUB na Alemanha e na Polónia (Steiner, 2005; BMU, 2009). O propósito deste tratamento é o de catalogar materiais recicláveis, com o intuito de reduzir os derivados de petróleo e encaminhar unicamente para aterro material bio-estabilizado (Gentil *et al.*, 2009, 2011;).

2.5.1 Digestão Anaeróbica

A digestão anaeróbia (DA) é um processo biológico que ocorre quando microrganismos anaeróbios na ausência de oxigénio degradam o material orgânico resultando a libertação de CH₄ e CO₂, dois dos principais componentes do biogás (Figura 5). A fermentação é um termo comumente usado em substituição de digestão anaeróbica, sendo definida como a decomposição de material orgânico, uma parte vital do processo de digestão anaeróbica (Monnet, 2003; Zhang & Jahng, 2012).

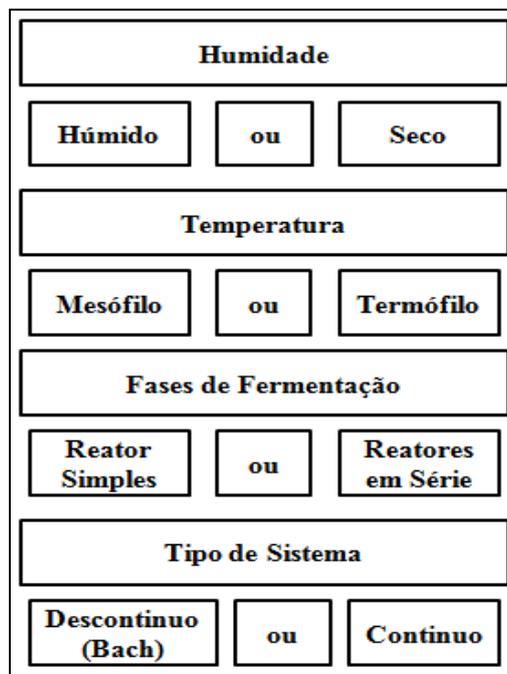


Figura 5 - Determinação da tecnologia do processo. (Energia, 2005)

De acordo com Levis *et al.* (2010), a rápida biodegradação da fração orgânica dos RU tem fundamental importância na identificação da forma ambientalmente mais responsável para processá-la, em vez do encaminhamento direto para aterros ou para o processo de compostagem. A digestão anaeróbia tem a vantagem da produção de biogás levando a uma eficiente recuperação de recursos já mencionados, para além de contribuir para a conservação das fontes de energia não renováveis. Além disso, a digestão anaeróbia é fechada e controlada em comparação com as emissões existentes na deposição em aterro. No entanto, Davidsson *et al.* (2007) refere que a fração orgânica é assumida para ser tratada sob condições mesofílicas ou seja entre os 20 e os 45 °C.

O número de fases e/ou estágios e a concentração de sólidos totais (%ST) são considerados os parâmetros básicos que dominam a escolha e classificação dos projetos de digestores anaeróbios. Estes parâmetros referenciados são preponderantes no custo total e no desempenho e fiabilidade do processo de digestão (Gadelha, 2005).

A biometanização de RUB é realizada por uma série de transformações bioquímicas ou estados, que podem ser separadas em Hidrólise e Acidogénese, primeira e segunda fase, respetivamente, seguindo-se a Acetogénese e por fim a Metanogénese (Monnet, 2003). Na Figura 6, é apresentado o esquema dos estados da DA.

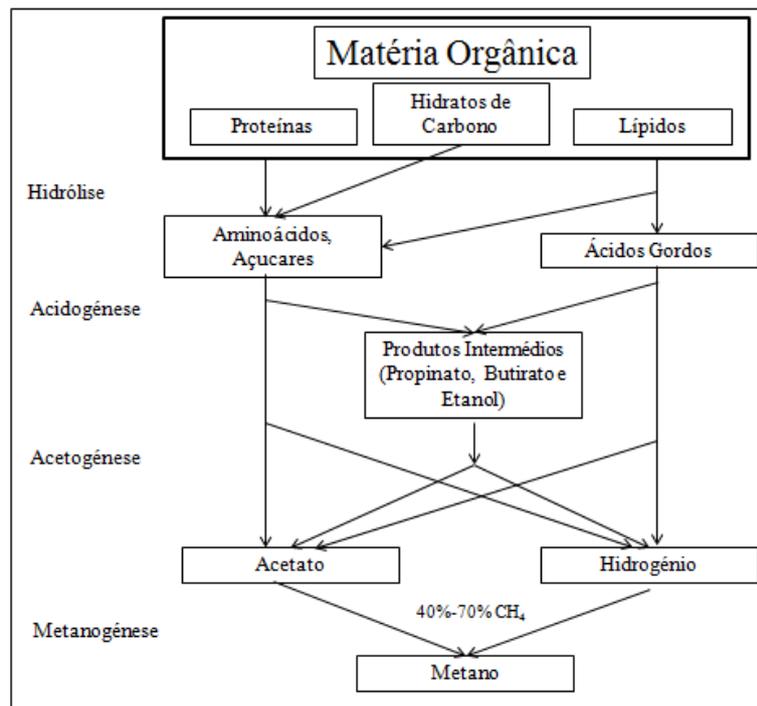


Figura 6 – Estados da Digestão Anaeróbica. (Smith, 2010)

2.5.1.1 Hidrólise

Nesta primeira fase, ocorre a liquefação do meio, o material orgânico complexo é transformado em compostos dissolvidos ou materiais orgânicos simples, nomeadamente os polímeros orgânicos são convertidos em compostos simples e solúveis de menor peso molecular (monómeros). O processo necessita da intervenção das exoenzimas, que são excretadas pelas bactérias fermentativas (Bilgili *et al.*, 2006; Ralph & Dong, 2010).

2.5.1.2 Acidogénese

Os compostos dissolvidos ou liquefeitos, originados no processo de hidrólise, são absorvidos nas células das bactérias fermentativas e após esta fase, excretados como substâncias orgânicas simples como ácidos gordos voláteis álcoois, ácido láctico e compostos minerais (Bilgili *et al.*, 2006; Ralph & Dong, 2010).

2.5.1.3 Acetogénese

A acetogénese é uma terceira fase do processo e permite a transmutação dos produtos da acidogénese em ácido acético, precursor do metano, não permitindo a acumulação de outros ácidos gordos voláteis para além do ácido acético. A presença destes em concentrações relativamente altas, leva a uma inibição da fase final da digestão anaeróbia. A redução de ácidos gordos e álcoois em ácido acético, Hidrogénio (H_2) e Dióxido de Carbono (CO_2) é feita por bactérias produtoras de hidrogénio (Bilgili *et al.*, 2006; Ralph & Dong, 2010).

2.5.1.4 Metanogénese

O ácido acético, CO_2 e H_2 originados pela acetogénese são transformados em CH_4 e em CO_2 . Nesta fase as bactérias anaeróbias metanogénicas transformam ácidos orgânicos simples em CH_4 e CO_2 , com período de duração de dez dias a 20 °C (Bilgili *et al.*, 2006; Ralph & Dong, 2010).

A metanogénese é a fase que mais contribui para a limitação ao nível da velocidade do processo de digestão como um todo, embora a temperatura abaixo dos 20 °C, a hidrólise se torna também limitada. O CH_4 é originado pelas bactérias acetotróficas a partir da redução ou descarboxilação do ácido acético ou pelas bactérias hidrogenotróficas a partir da redução do CO_2 .

2.5.1.5 Sulfetogénese

Uma outra etapa que pode ocorrer quando da presença de sulfatos é a sulfetogénese, ou seja, formação de H₂S no meio, fruto da atuação das bactérias redutoras de sulfato que competem com as metanogénicas pelo mesmo substrato, o acetato. Durante este processo, o sulfato, sulfito e outros compostos sulfurados são reduzidos a sulfeto, através da ação de um grupo de bactérias anaeróbias, denominadas bactérias redutoras de sulfato (bactérias sulforedutoras). As bactérias sulforedutoras dividem-se em dois grandes grupos as que oxidam seus substratos de forma incompleta até o acetato e as que oxidam seus substratos completamente até o gás carbónico.

2.5.2 Compostagem

Em termos gerais, a matéria orgânica é uma questão importante devido à sua influência sobre a fertilidade do solo, estabilidade e estrutura, e da capacidade dos solos de reter humidade. A falta de matéria orgânica, é o declínio em muitos solos europeus ameaçando a sua capacidade permanecer fértil, e assim continuar a realizar as suas funções essenciais para o ambiente. A diminuição da matéria orgânica do solo está despontar como uma questão-chave para a política da União Europeia (Favoino & Hogg, 2008).

A compostagem (Figura 7) é um processo natural pelo qual os microrganismos aeróbios transformam a matéria orgânica putrescível em CO₂, água e num complexo composto estável. O produto final é um composto estável, maturado e que pode ser usado como fertilizante (Gómez *et al.*, 2006; Andersen, 2012).

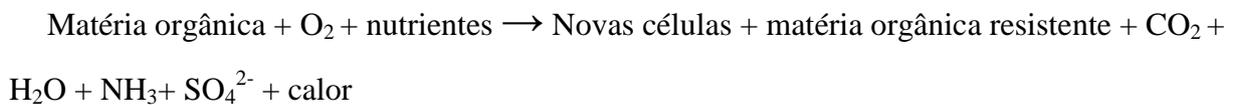
Segundo Russo (2003) e Chaves (2003), a descrição de compostagem, não é genérica. Neste sentido definem-na como a decomposição aeróbia de materiais orgânicos e que sucede em condições conferidas, transformando a matéria orgânica num produto estável semelhante ao húmus.

A estabilidade pode ser definida como a medida em que o material biodegradável é prontamente decomposto. Um material é considerado instável se o mesmo contém uma elevada proporção de biodegradabilidade que possa sustentar uma alta atividade microbiana. Se o material contém matéria principalmente recalcitrante ou semelhante ao húmus, o mesmo não é capaz de sustentar a atividade microbiana e portanto, é considerado estável. A estabilidade é não só uma importante característica da qualidade do composto, mas pode

também ser utilizada para monitorização do processo de desempenho e avaliação comparativa de diferentes sistemas de compostagem (Lasaridi & Stentiford, 1998).

Segundo Queda (1999), a compostagem é uma tecnologia ajustada ao tratamento, à reciclagem e à valorização de biomassas, sendo disso também exemplo a fração orgânica de RU, e no qual se atribui uma relevante importância devido à imensa produção de resíduos, em especial de RU devido ao aumento registado de produção deste resíduo.

A compostagem da fração orgânica dos RU em condições aeróbias é representada pela seguinte equação (Tchobanoglous *et al.*, 1993):



Os produtos finais fundamentais são as que se designam como, novas células, matéria orgânica recalcitrante, dióxido de carbono, água, amónia e sulfato. O composto é a matéria orgânica que permanece resistente.

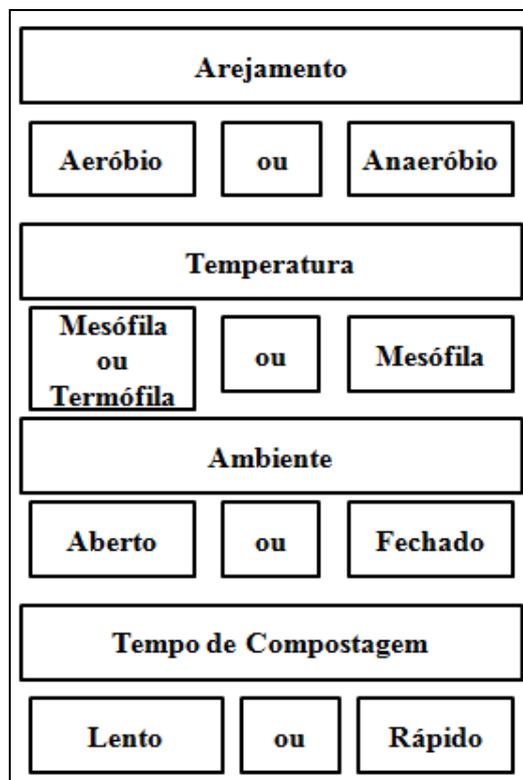


Figura 7- Métodos de Compostagem. (Energia, 2005)

A compostagem é um processo que se realiza em duas diferentes fases principais: na primeira ocorrem reações bioquímicas de degradação, predominantemente termófilas (entre 45°C a 60°C) e na segunda fase sucede a humificação.

Piedade (1998) considera que a compostagem pode ser efetuada de uma forma lenta através de pilhas ou de forma rápida através de um digestor. No entanto, independentemente da forma como é realizada, deve ser permitido a oxigenação do sistema através de revolvimentos mecânicos ou injeção forçada de ar.

Na compostagem dita lenta, os resíduos selecionados são colocados em pilhas, sendo garantidas as condições aeróbias em toda a massa através de revolvimento periódico em um período de dois a três meses. Na compostagem rápida a fase biológica decorre em locais com um ambiente orientado em condições ótimas de temperatura, humidade e oxigenação, estes dispositivos são designados por higienizadores ou digestores, possibilitando igualmente uma expressiva redução de tempo de tratamento biológico, o que significa, que são necessárias menores áreas para o resultado. Quando são usados estes dispositivos o tempo de retenção é normalmente inferior a doze dias, sendo de seguida o material empilhado de forma a possibilitar a maturação adequada (Almeida *et al.*, 2005).

Com a utilização do arejamento forçado, o tempo de tratamento biológico é significativamente menor que a lenta sendo no entanto, maior que a compostagem acelerada. Este processo demora aproximadamente vinte e um dias. Este processo, tem como vantagem facto de permitir um melhor controlo da oxigenação e como consequência uma maior eficácia na regulação dos mecanismos da transformação biológica (Almeida *et al.*, 2005).

2.6 Estações de Tratamento Biológico

Existem diferentes tipos de instalações de tratamento biológico que podem ser utilizados para o tratamento de RUB. O tipo de processo biológico, pode ser baseado na digestão anaeróbica ou compostagem ou ainda, em ambos, nos casos em que inicialmente o tratamento é anaeróbio e o segundo é aeróbio, respetivamente. No que diz respeito ao que se considera como material de entrada, este tem origem na recolha seletiva de resíduos de origem biológicos ou então de uma recolha mista de RU. O TMB, que é objeto trabalho, é aplicado para o tratamento de RU misto, no qual inclui uma combinação mecânica e de outros processos físicos com os processos biológicos.

A separação e estabilização da fração biodegradável de resíduos no TMB frequentemente inclui a separação útil de materiais para reciclagem, como papel e cartão, plástico ou metal, (Fricke *et al.*, 2005; Kuehle-Weidemeier, 2005).

O esquema geral de um processo de TMB é exemplificado na Figura 8. De forma sucinta, os RU entram nas instalações de TMB sendo descarregados na zona de receção de resíduos. Nesta primeira fase, os objetos grandes de resíduos podem eventualmente ser separados manualmente, a fim de evitar problemas mecânicos nas etapas posteriores. Os resíduos são então sujeitos a um estágio de pré-tratamento, em que os processos são principalmente de ordem física, o que inclui separação de materiais, a redução de tamanho e de operações mistura. Os processos são na maioria dos casos mecânicos, no entanto nesta fase a via manual também existe, ou seja, triagem de materiais para reciclagem efetuados por triadores. Os processos biológicos podem igualmente estar presente nesta fase, como é o caso quando existe o uso de tambores rotativos (Fricke *et al.*, 2005; Kuehle-Weidemeier, 2005).

No que se refere à fração estabilizada de RUB, que resulta do processo Biológico, em alguns países é aplicado no solo, para fins agrícolas, ou no caso de a sua utilização ser proibida como acontece em outros países, a alternativa é a incineração em aterro sanitário (Kuehle-Weidemeier, 2005).

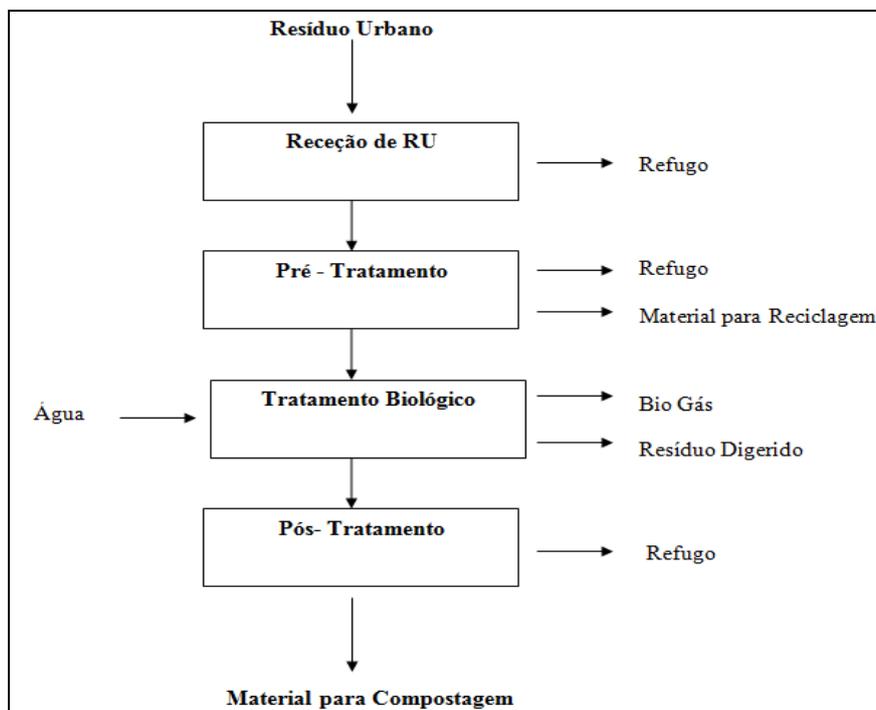


Figura 8 - Diagrama geral de uma Instalação de TMB. (Basics of MBT, 2005)

A fase de tratamento biológico pode ser tanto anaeróbica como aeróbica, ou incluir ambos os processos. No caso de digestão anaeróbica, a fração rica em matéria biodegradável é fechado num digestor, a fim de manter oxigénio para fora do sistema e para capturar o biogás que é libertado. O calor é ministrado para manter a temperatura de processo a um valor anteriormente estabelecido, bem como, a adição de água na mistura dos resíduos para digestão por norma encontra-se presente, no entanto, os digestores podem ser diferenciados pelo teor de humidade: “Húmido” (10 a 15 % de matéria seca) e “Seco” (24 a 40 % de matéria seca) (Picanço, 2004).

Na saída do processo encontra-se principalmente biogás que pode ser usado para a produção de energia e/ou produção de calor e o resíduo digerido. O resíduo digerido, após a fase de secagem e incorporação de material estruturante é posteriormente sujeito a uma fase de compostagem (Fricke *et al.*, 2005; Kuehle-Weidemeier, 2005).

A compostagem poderá ser efetuada numa multiplicidade de equipamentos, como já referido, no entanto o arejamento forçado é regra geral a técnica mais utilizada, com o intuito de se manter as temperaturas do processo e da concentração de oxigénio em escalas favoráveis. A entrada de água encontra-se relacionada com a necessidade de manter os níveis de humidade das faixas limitantes para a comunidade microbiana.

O gás originário deste processo é extraído e tratado através de biofiltros. Para minimizar o impacto negativo que o seu odor tem, é efetuado este tratamento de desodorização, revelando-se essencial para uma boa aceitação pública. No que diz respeito aos lixiviados, estes podem ser reutilizado ao longo do processo para elevar os níveis de humidade, ou sujeitos a tratamento e encaminhamento posterior para a rede de saneamento público.

Na Tabela 3, é apresentado um resumo das vantagens e das limitações que os processos da compostagem e da digestão anaeróbica possuem.

Tabela 3 - Vantagens e Limitações Compostagem Vs. Digestão Anaeróbica, (Gonçalves, 2005).

	Compostagem	Digestão Anaeróbia
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução em cerca 30% do volume da fração biodegradável dos RU e valorização da mesma pela produção de um composto higienizado e maturado; ▪ Acelerada decomposição microbiana e oxidação da matéria orgânica, estabilizando-a com baixa produção de odores; ▪ Produção de corretivo natural com baixo teor de contaminação dos lençóis freáticos em oposição aos fertilizantes químicos; ▪ Custos de investimento e de operação do sistema baixos; ▪ Permite a maximização da reciclagem. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de 40-50% do volume da fração biodegradável dos RU; ▪ Valorização dos RU possibilitando a recuperação de energia sob a forma de biogás e a valorização da matéria orgânica através da produção de um composto após o tratamento aeróbio ▪ Redução e controlo de odores e de emissões de metano; ▪ Redução da poluição por nitratos dos cursos de água, resultante da redução da lixiviação e da aplicação mais eficiente de nutrientes no solo; ▪ Produção de corretivo natural que com menor contaminação de lençóis freáticos, quando comparados com fertilizantes químicos; ▪ Necessita de menor área que um aterro sanitário ou um processo de compostagem; ▪ Permite a maximização da reciclagem.
Limitações	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uma parte dos RU provenientes de recolha indiferenciada não sofre alteração (plásticos, vidro, metais, etc.); ▪ O processo bioxidativo produz dióxido de carbono, um dos responsáveis pelo efeito de estufa; ▪ O composto pode conter níveis relativamente elevados de metais pesados, contaminantes inertes, condicionando a sua utilização na agricultura; ▪ Necessidade de maior área do que a digestão anaeróbia; ▪ A deficiência em termos de controlo da transformação biológica origina aparecimento de zonas de anaerobiose na massa de resíduos, originando odores e repercussão sobre a qualidade do composto. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uma parte dos RU provenientes de recolha indiferenciada não sofre alteração (plásticos, vidro, metais, etc.); ▪ O digerido produzido carece de ser submetido a posterior tratamento aeróbio, para a obtenção de um composto maturado; ▪ O composto pode conter níveis relativamente elevados de metais pesados, contaminantes inertes, o que pode condicionar a sua utilização na agricultura; ▪ Investimento elevado; ▪ Maior complexidade técnica.

3. Indicadores de Desempenho

O Relatório Brundtland ou como é conhecido “Nosso Futuro Comum”, foi o primeiro relatório elaborado pela Comissão Mundial para Meio Ambiente e Desenvolvimento no ano de 1987. O relatório seminal da área do ambiente representou a crescente consciencialização mundial após a segunda metade do século XX dos enormes problemas futuros ou presentes ambientais enfrentados pelo planeta. Representou ainda uma mudança pela positiva da ação ambiental global. Como o relatório observa, o homem viu a Terra do espaço pela primeira vez apenas algumas décadas atrás, causando um profundo impacto na maneira como percebemos a terra e o nosso lugar nela. Nas palavras de Brundtland, um dos seus objetivos era: *"ajudar a definir a percepção comum de longo prazo para as questões ambientais e os esforços necessários, e tratar com sucesso os problemas de proteção e melhoria do meio ambiente, definindo uma agenda de ação a longo prazo e as metas de aspiração da comunidade mundial para as próximas décadas."* (Brundtland, 1987).

No caminho para a sustentabilidade, cada sector deve assumir a sua responsabilidade para a construção de um modelo ajustado à cultura de cada organização, possibilitando o desenvolvimento da mesma. Neste sentido e como apoio a este desenvolvimento de forma parametrizada surgem os indicadores, que segundo Henderson (1994), *“é algo que ajuda a entender onde nos encontramos, o caminho que estamos a seguir e a distância a onde queremos chegar”*. Um bom indicador serve ainda de *“alerta sobre um problema antes que ele atinja o seu esplendor e ajuda a reconhecer o que é preciso ser feito para corrigir o problema”*. Ou seja, *“Indicadores são um ponto de comunidade sustentável para várias áreas onde as ligações entre economia, ambiente e sociedade são fracas. Eles permitem ver onde estão as áreas de problema e ajudam a mostrar o caminho para corrigir esses problemas”*.

De forma mais simplista e segundo a Agência Europeia do Ambiente (2005, 2012), um indicador é um dado elementar, ou uma combinação de dados, que possibilita a medição de um facto observado. Os Sistemas de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável definem indicador de desempenho como um instrumento para avaliar e relatar a evolução de um processo contribuindo para a melhoria da gestão e do seu desempenho tornando mais eficiente a sistemática troca de informação (APA, 2000, 2007).

Os guias técnicos sobre indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água, águas residuais e resíduos da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas Residuais, definem medidas de eficiência e de eficácia relativas a aspetos específicos da atividade. Ao se indicar um desempenho efetivo, cria-se a possibilidade de se executar uma comparação direta e transparente de objetivos de gestão e de resultados auferidos (IRAR, 2004, 2009).

A definição de desempenho é no entanto largamente utilizada em vários campos da gestão. Nesta área emprega-se frequentemente a palavra “desempenho” como sinónimo de gestão, medição ou avaliação desempenho. Apesar do uso abrangente do termo, o desempenho é identificado e/ou equiparado com a eficácia e a eficiência.

Segundo Neely (2002), o desempenho é:

- a) Medido através de um número ou de uma expressão possibilitando comunicação;
- b) Capaz de efetivar e especificar a criação de valor;
- c) O efeito de uma ação;
- d) A habilidade de perceber e potencializar a criação de um resultado;
- e) A confrontação de um resultado, com um padrão de referência;
- f) Uma demonstração na qual se encontra em simultâneo as ações e a consequência das mesmas.

Assim, os indicadores passam a constituir um instrumento de apoio à tomada de decisão de uma estabelecida estrutura, processo ou produto (Lima, 2005). O desempenho é então definido como sendo a totalidade dos processos que levam os gestores a tomarem ações no presente, com o intuito de se criar mais eficácia e eficiência no futuro.

O desempenho pode expressar-se através de um conjunto de parâmetros ou indicadores complementares que por vezes são contraditórios e que efetuam uma descrição do processo entre os quais são conseguidos os diferentes tipos de desfechos (Kaplan & Norton, 1992).

A composição de indicadores para uma avaliação de desempenho devem obedecer a um conjunto de requisitos fundamentais. Neste sentido, propõe que tais indicadores devam ser (Camargo 2000; Coelho & Alegre, 1999):

- a) Claros – com o intuito que exista uma real compreensão e execução dos indicadores, os mesmos devem ser elaborados e aplicados de forma ágil. A simplicidade causará com que o indicador "fale por si";
- b) Motivadores – os indicadores devem provocar atenção pela sua utilização, interpretação e fornecer incentivo às ações corretivas adequadas;
- c) Fiáveis – os indicadores devem conduzir ao mesmo efeito em condições análogas;
- d) Expressivos – os indicadores devem realçar visivelmente a condição ou a especificidade em que se pretende agir;
- e) Interpretados universalmente – entidades diferentes devem ter semelhante entendimento acerca do resultado aprimorado na aplicação de estabelecidos indicadores.

Segundo Ambrozewicz (2003), os indicadores carecem ser precisos, credíveis, divulgados de forma correta e constantemente analisados para que sejam aceites e se tornem relevantes para a tomada de decisões. Neste sentido, devem ser empregados e designados para mensurar as fases dos processos, bem como, avaliar o desempenho global. No entanto, devem ser empregados prioritariamente nos processos que mais incorporam valor e que espelhem a real necessidade, para que a sua aplicação não se torne um custo supérfluo.

Um dos aspetos fundamentais ligados às deficiências na medição de desempenho prende-se com o facto dos indicadores seleccionados serem raramente integrados ou alinhados com os processos. Em alguns casos os indicadores não são seleccionados de acordo com os objetivos estratégicos e fatores críticos do processo (Costa *et al.*, 2005)

3.1 Sistemas de Indicadores de Desempenho

A análise individual de um indicador por si só, pode ter pouco benefício prático contribuindo para a condução de conclusões erróneas. Este é o principal motivo pelo qual uma avaliação de desempenho de um ou de vários processos deva ser sustentada através de um conjunto, sistema ou matriz de indicadores.

Segundo Lima (2005), pode-se afirmar que um sistema de indicadores de desempenho é um agregado de medidas integradas em vários níveis (organização, processos e pessoas), decididas a partir da estratégia e dos objetivos traçados a alcançar, tendo assim como intento

proporcionar informações necessárias às pessoas certas (as responsáveis pela tomada de decisão) sobre o desempenho de processos e produtos, auxiliando assim no processo de tomada de decisão.

O estabelecimento de um sistema de indicadores de desempenho envolve, numa fase inicial, a seleção de um conjunto de medidas e sua integração nas rotinas e na estrutura do processo. Neste sentido, para o estabelecimento de um sistema de indicadores de desempenho, é essencial serem decididos os seguintes elementos, de acordo com Waggoner *et al.* (1999):

- a) Procedimento para a recolha e processamento de dados;
- b) Formatos e periodicidade na distribuição da informação;
- c) Um processo de avaliação que possibilite o reconhecimento de ações para progresso do desempenho;
- d) Um processo de revisão e atualização do sistema.

Os sistemas de indicadores na avaliação de desempenho, no entanto, podem apresentar limitações nas suas aplicações sendo que a principal prende-se com o relacionamento com o risco de uma demasiada simplificação de determinadas realidades, podendo originar perda de informação importante (Hakkinen, 2001).

O Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (SIDS Portugal) é um exemplo de um instrumento que pretende avaliar e descrever o desenvolvimento dos níveis de sustentabilidade. Contribuindo para o progresso da gestão do desempenho ambiental, económico, social e institucional, tornando mais eficazes os processos de sistematização de informação sobre ambiente e o desenvolvimento sustentável (APA, 2007, 2009).

3.2 Modelos de Avaliação de Desempenho

A necessidade de agregar um processo de avaliação de desempenho, transformando a informação credível e comparável, a *International Standards Organization* (ISO) desenvolveu no âmbito da série ISO 14000, o referencial destinado à área do ambiente nomeadamente, a Avaliação do Desempenho Ambiental, o referencial normativo ISO 14031, que abrange diretrizes para a avaliação, bem como, o referencial normativo que contém exemplos a ISO

14032. A ISO 14031 é um referencial normativo que tem como objetivo a definição de um processo de Avaliação do Desempenho Ambiental dos Sistemas das Organizações. Neste sentido, e segundo este documento, os indicadores para a Avaliação do Desempenho Ambiental são empregados pelas organizações como um instrumento de exposição de dados quantitativos e/ou qualitativos ou de informações apresentadas de forma mais compreensível e útil. Os indicadores permitem transformar dados selecionados em informações precisas no que diz respeito ao desempenho ambiental.

De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE, 2003), os indicadores ambientais podem ser organizados pelo modelo Pressão-Estado-Resposta (PER), que assenta em três grupos chaves de indicadores:

- a) Pressão, indicadores que descrevem as pressões sobre os sistemas ambientais e são traduzidos por indicadores de emissão de contaminantes, eficiência tecnológica, intervenção no território e de impacte ambiental. Os indicadores de pressão sobre o ambiente descrevem as pressões exercidas pelas atividades humanas sobre o ambiente e sobre os recursos naturais.
- b) Estado, indicadores que refletem a qualidade do ambiente num dado horizonte espaço/tempo, ou seja, indicadores de sensibilidade, risco e qualidade ambiental. Reportam-se à qualidade do ambiente e à qualidade e quantidade dos recursos naturais. Refletem, assim, o objetivo final das políticas ambientais e dispõem-se proporcionar uma visão geral do estado do ambiente e de sua evolução no tempo.
- c) Resposta, indicadores que avaliam as respostas da sociedade às mudanças e preocupações ambientais, bem como, a aderência a programas e/ou à implementação de medidas benéficas para o ambiente, neste grupo poderão ser incluídos os indicadores de adesão social, de sensibilização e de atividades de grupos sociais importantes.

Os indicadores dirigem-se às ações e reações individuais e coletivas dispondo-se:

- a) Atenuar ou evitar os efeitos negativos das atividades humanas sobre o ambiente;
- b) Impor um limite às degradações ao ambiente ou remediá-las;

c) Conservar e proteger a natureza e os recursos naturais.

Na prática, estes indicadores referem-se particularmente às medidas de luta contra a poluição, dificilmente se consegue obter indicadores sobre as ações mensuráveis de prevenção de integração.

Este modelo PER, apresenta a relevância de demonstrar estes elos e ajuda às tomadas de decisão bem como, permite à sociedade compreender a interdependência entre as questões ambientais e as outras. Na figura 9, é apresentado a estrutura conceitual do modelo PER da OCDE.

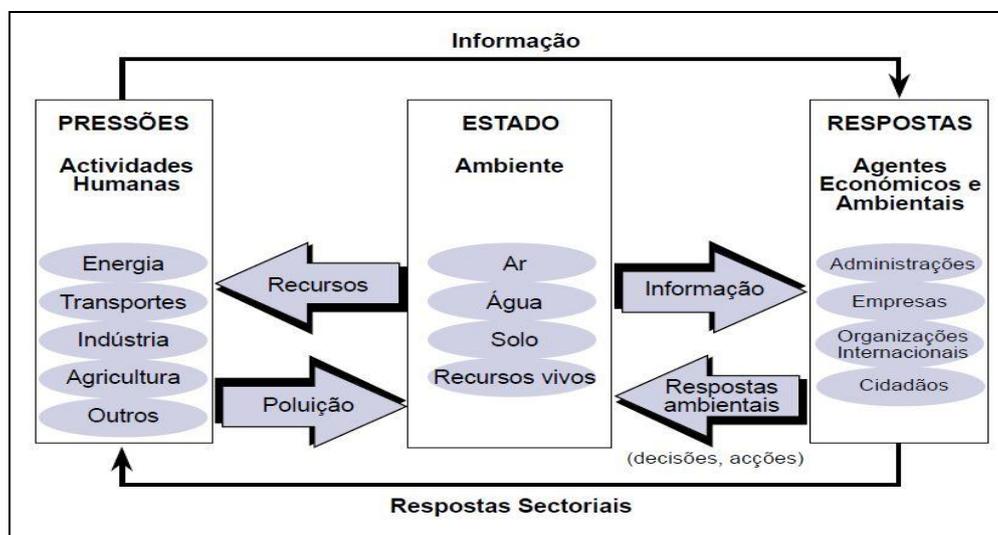


Figura 9 – Modelo conceitual da Modelo PER da OCDE. (OCDE, 2003)

A EPA adicionou ao modelo da OCDE, um grupo de indicadores de Efeitos, passando a designar-se como modelo Pressão – Estado – Resposta - Efeitos. Os indicadores de Efeito tencionam avaliar as relações entre as variáveis de pressão, estado e resposta, o tendo assim utilidade na delineação de critérios no sentido de se estabelecer objetivos ou metas de políticas ambientais (DGA, 2000).

Na Figura 10, é apresentado a estrutura conceitual do modelo Pressão – Estado – Resposta – Efeitos:

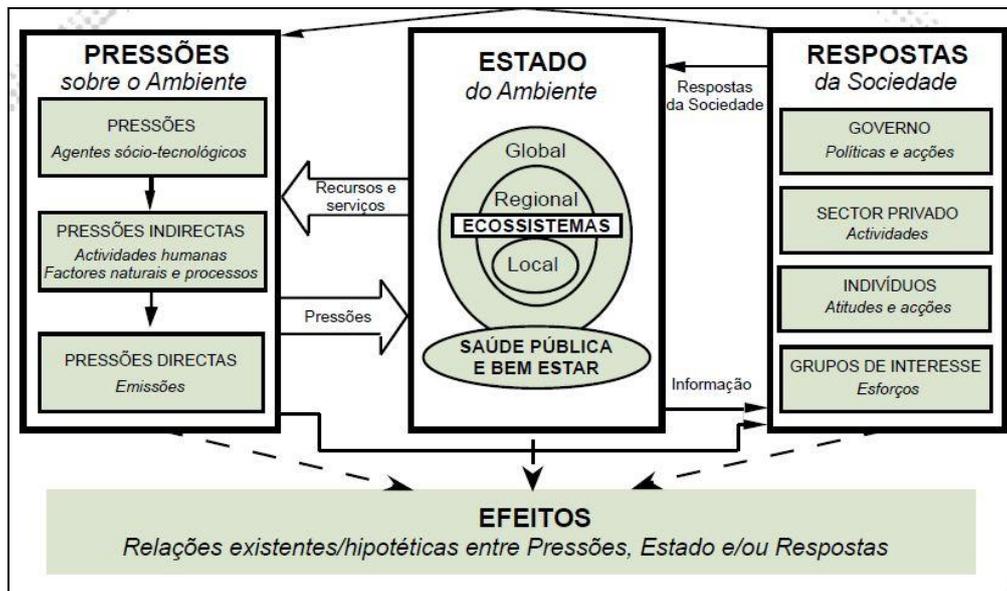


Figura 10 – Estrutura conceitual do modelo Pressão – Estado – Resposta – Efeitos. (DGA, 2000)

O modelo conceptual Força Motrizes – Pressão – Estado – Impacto – Resposta (DPSIR), desenvolvido pela European Environment Agency (EEA), classifica os indicadores em (Ramos, 2005):

- a) Forças motrizes, indicadores que descrevem as modificações no estilo de vida e nos padrões de produção e consumo resultantes do desenvolvimento social, demográfico e económico;
- b) Pressão, indicadores que descrevem a ligação entre a emissão de substâncias, agentes físicos e químicos, e a utilização dos recursos e o uso dos solos;
- c) Estado, indicadores que descrevem a quantidade e qualidade de fenómenos químicos, físicos e biológicos, numa estabelecida área, constantemente que o ambiente sofra uma pressão e altere o seu estado;
- d) Impacte, indicadores que descrevem os impactes nas funções sociais e económicas resultantes das transformações no estado do ambiente;
- e) Resposta, indicadores que descrevem respostas por parte da sociedade no sentido de se prevenir, compensar, melhorar ou se adaptar às mudanças do estado do ambiente.

Na Figura 11, é apresentado a estrutura conceitual do modelo DPSIR.

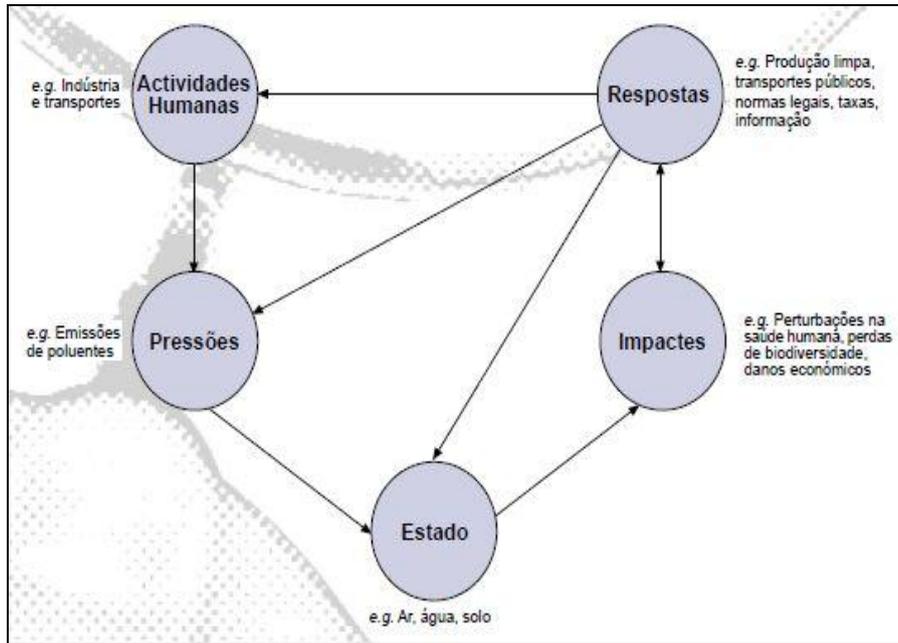


Figura 11 - Estrutura conceitual do modelo DPSIR. (DGA, 2000)

O desenvolvimento económico e social desempenha pressões sobre o ambiente, tendo como resultado, o estado deste modificar-se, bem como, as condições apropriadas para a saúde humana e a disponibilidade de recursos e biodiversidade. Estas alterações podem-se transformar em impactes na saúde humana e nos ecossistemas. Impactes estes, que acarretarão uma resposta social que, originará forças motrizes, estados ou impactes diretamente (EEA, 1999).

4. Modelo de Avaliação de Desempenho Desenvolvido

O modelo de avaliação de desempenho operacional, económico e ambiental tem como principal objetivo permitir uma melhor capacidade de análise de forma integrada dos resultados. Uma das características deste tipo de modelos, é a sua alta complexidade de operação, que poderá induzir numa menor flexibilidade, no que diz respeito à integração das metodologias de operação de acordo com a realidade de cada aplicabilidade.

Apesar de existirem estudos que reconhecem a importância da avaliação de desempenho no apoio à tomada de decisão, na averiguação do alcance de metas e objetivos pré-estabelecidos, na avaliação dos investimentos, na monitorização de ações e na avaliação de cenários alternativos, estes modelos de avaliação menosprezam na maioria das vezes o desempenho ambiental em termos de efeitos ambientais.

A necessidade de também avaliar desempenho ambiental em termos de efeitos ambientais originou o desenvolvimento de um Modelo de Avaliação de Desempenho (MAD) para uma CVO que considera as vertentes de avaliação de desempenho operacional e económico e ambiental.

O MAD foi idealizado e desenvolvido visando a preocupação de descrever e reunir um conjunto de indicadores simples, de acordo com a combinação de variáveis simples, que possibilitassem sustentar a Avaliação de Desempenho.

O modelo desenvolvido neste estudo (Figura 12) tem como principal propósito ser adaptável a qualquer CVO e a qualquer periodicidade. O MAD pretende assim, ser vocacionado para ser aplicado numa CVO, sendo, a unidade temporal de referência o ano civil. Assim o MAD apoiado no Sistema de Indicadores de Desempenho (SID), obtém e incorpora informação relativa às principais componentes de gestão de uma CVO. A informação, organizada transversalmente no SID, possibilita ao MAD mediar, a avaliação de desempenho operacional, económico e ambiental.

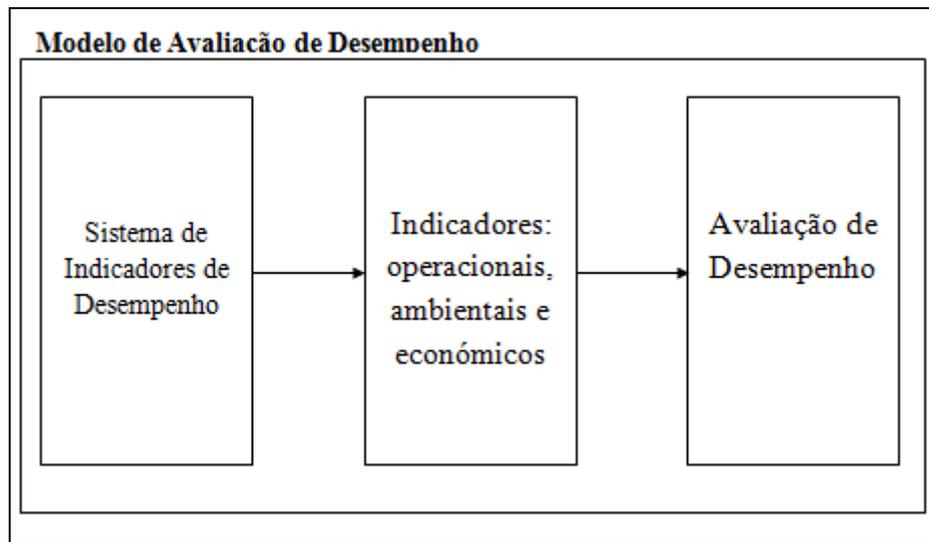


Figura 12 - Modelo de Avaliação de Desempenho.

A partir deste MAD, é possível quantificar os indicadores de desempenhos ligados às distintas opções estratégicas de gestão. Sendo igualmente possível, quantificar a partir de variáveis simples os vários indicadores de desempenho e comparar diferentes cenários de desempenho relativos à implementação de novas estratégias de gestão.

No entanto, com o objetivo de se recolher informação base dos vários processos de uma CVO e com o intuito de permitir uma análise pormenorizada do comportamento dos indicadores em relação ao processo em que é aplicado, as entradas da informação devem ser efetuadas ao nível de cada processo, bem como, as respetivas saídas de informação.

A configuração das entradas e saídas de informação do MAD, foi estabelecida através de um agrupamento de processos da CVO, no qual se assumiu a junção em três macroprocessos (Figura 13), sendo a sua constituição a seguinte:

- Macroprocesso 1 – Tratamento Mecânico;
- Macroprocesso 2 – Tratamento Biológico;
- Macroprocesso 3 – Enfardamento.

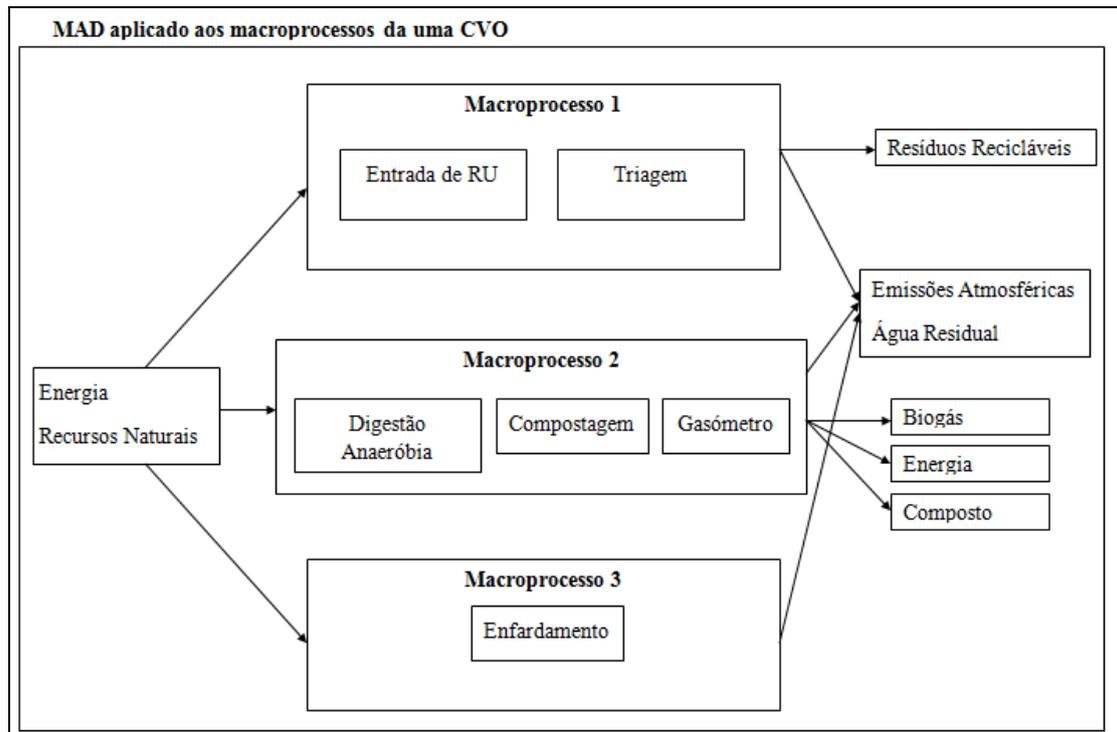


Figura 13 – MAD aplicado aos macroprocessos da CVO.

O MAD tem igualmente como característica a simplicidade da sua interação com o utilizador, visto ser uma aplicação informática especificamente desenvolvida, na forma de *software* em Excel 2007[®], mostrando os seus campos para introdução e gestão da informação.

4.1 Modelo de Desempenho

Na escolha e a determinação dos Indicadores (ID), que integram o MAD, pretendeu-se, a busca de indicadores que fossem adequados para reportar o estado, as características das instalações e equipamentos e a capacidade instalada da CVO e dos respetivos elementos de gestão que a compõem o MAD procurou ainda, indicadores adequados que possibilitem a informação necessária para análise e concretização dos objetivos e metas de gestão da CVO.

O SID teve como centrais exigências usar um número reduzido de indicadores. Na conceção do SID privilegiou-se a seleção de indicadores viáveis e que fossem representativos de uma CVO e do seu desempenho operacional, económico e ambiental. Assim, a escolha dos ID do MAD teve em conta os requisitos relativos ao SID e aos seus respetivos objetivos.

Neste sentido a escolha dos ID, teve como critérios fundamentais, a viabilidade e a possibilidade da recolha da informação de base necessária ao seu cálculo, assim como, a sua medição seja suscetível de ser mensurada e objetiva.

A cada indicador encontra-se ligado uma definição, com o objetivo de ter um significado preciso e de clara interpretação, neste sentido o SID desenvolvido, estabeleceu os indicadores a partir da informação de base, recolhida nos vários tipos de recursos utilizados numa CVO (Tabela 4), a qual é constituída por um conjunto de variáveis de cálculo (Tabela 5). Os dados necessários ao cálculo dos indicadores são gerados e controlados internamente na gestão de cada instalação.

Tabela 4 - Tipo de recursos de apoio ao cálculo de Indicadores

	Operacionais
Recursos	Financeiros
	Humanos
	Naturais

Os indicadores de desempenho do MAD são expressos por rácios entre variáveis, podendo ser adimensionais (em %) ou podem expressar-se por intensidade (em $\text{€}\cdot\text{ton}^{-1}$, $\text{km}\cdot\text{ton}^{-1}$ e $\text{h}\cdot\text{ton}^{-1}$). Cada indicador corresponde a uma especificidade de como deve ser efetuado o seu cálculo, a unidade em que se expressa e as variáveis de cálculo necessárias ao seu cálculo.

Tabela 5 - Lista de Designações e unidades de medida das Variáveis de Cálculo

Variáveis de Cálculo Abreviatura	
Ano civil	ano
Capacidade de instalada de RU	Ton
Energia elétrica	MWh
Mês civil	mês
Número de habitantes servidos	hab
Número de trabalhadores a tempo integral	trab
Número de horas de trabalho	h
Quantidade de RU recolhida	Ton
Quantidade de RUB	Ton
Volume de água	m^3
Volume de gasóleo	l
Volume de Biogás	m^3
Área	Km^2
Custo do Serviço	€
Quantidade de CO_2	Kg / Ton

O SID do MAD possui uma divisão de dois tipos diferentes de informação base, nomeadamente, a informação sobre a Caracterização Geral da Entidade Gestora, (esta possui o código CEG xx , em que o xx corresponderá à numeração do indicador) e a informação sobre as Componentes de Gestão Operacional (Tabela 6).

Tabela 6 - Indicadores de Desempenho do Modelo Desenvolvido

Caracterização da Entidade Gestora		
Componentes de Gestão Operacional		
CVO	Macroprocessos	Indicadores de Desempenho
		Operacional Económico Ambiental

A Caracterização da Entidade Gestora é necessária para que se possa fazer uma análise correta dos ID, permitindo torná-la independente e comparável. A informação é traduzida através de indicadores ou informação de base (variáveis de cálculo) que enquadram, contextualizam e definem a CVO.

As Componentes de Gestão Operacional quantificam o desempenho económico, operacional e ambiental integrando as principais componentes de gestão de recursos dos vários processos comportados.

Pretendeu-se que os indicadores desempenho operacional utilizados refletissem as condições operacionais, utilizando a informação sobre os recursos relativos ao rendimento operacional. Desta forma os indicadores utilizados avaliam a produtividade da instalação.

Os indicadores económicos expressam os recursos financeiros e económicos, e a sua utilização ao nível da eficiência e eficácia do serviço produzido. Os indicadores utilizados podem ainda ser utilizados para planeamento e controlo de custos e receitas, procurando-se deste modo apoiar tomadas de decisão na gestão.

Os indicadores ambientais ajudam na caracterização das intervenções ambientais ou fluxos elementares, de uma forma contínua no tempo, apoiando-se na informação constituída por

indicadores de desempenho e base de dados referentes aos processos e componentes de gestão.

4.1.1 Indicadores de Desempenho

Os indicadores criados são apresentados na Tabela 7 e Tabela 8. Estas tabelas possibilitam de uma forma metodizada e completa, identificar cada ID assim como, saber a unidade em que se expressa e a descrição que lhe está associada. A cada indicador foi ainda imputado um código, de acordo com o grupo de indicadores referentes.

Tabela 7 - Lista de Indicadores de CEG Utilizados

Caracterização da Entidade Gestora			
Código	Designação	Descrição	Unidade
CEG01	Identificação da EGS	<i>(Município; Serviço ou Empresa)</i>	(-)
CEG02	Sede Social da EGS	<i>(Localidade)</i>	(-)
CEG03	Âmbito geográfico de Intervenção	<i>(Município (s) ou zonas de intervenção)</i>	(-)
CEG04	Área de intervenção	<i>(Área de intervenção da CVO)</i>	(km ²)
CEG05	Densidade populacional	<i>(População residente na área de intervenção / Área de intervenção)</i>	(hab.km ⁻²)
CEG06	População residente	<i>(População residente na área de influência da CVO)</i>	(hab)
CEG07	Trabalhadores a tempo Integral	<i>(Número de trabalhadores a tempo integral na CVO)</i>	(trab)
CEG08	Quantidade anual de resíduos urbanos processada	<i>(Quantidade total de RU processada na CVO)</i>	(Ton.ano ⁻¹)
CEG09	Quantidade de RU processada <i>per capita</i>	<i>[Quantidade anual de RU processada no CVO/ (Número de habitantes x 365 dias)]</i>	(Ton.ano ⁻¹)
CEG10	Despesas anuais de Exploração	<i>(Despesas gerais, encargos salariais, despesas de manutenção instalações)</i>	(€.ano ⁻¹)

Tabela 8 - Lista de Indicadores de Desempenho do MAD

Componentes de Gestão Operacional e de Recursos				
Indicadores de Desempenho				
Indicador	Código	Designação	Descrição	Unidade
Operacional	ID01	Consumo de Energia Elétrica	$(\text{Quantidade de Energia Elétrica Consumida} / \text{Quantidade de RU Rececionada})$	Mwh.Ton ⁻¹
	ID02	Consumo de Água	$(\text{Quantidade de Água Consumida} / \text{Quantidade de RU Rececionada})$	m ³ .Ton ⁻¹
	ID03	Consumo de Gasóleo	$(\text{Quantidade de Gasóleo Consumido} / \text{Quantidade de RU Rececionada})$	l.Ton ⁻¹
	ID04	Taxa de uso	$(\text{Quantidade de RU} / \text{Capacidade máxima da CVO}) \times 100$	%
	ID05	Taxa de Valorização Orgânica	$(\text{Quantidade de RUB} / \text{Quantidade de RU}) \times 100$	%
	ID06	Taxa de Resíduos Recicláveis	$(\text{Quantidade de RRC} / \text{Quantidade de RU}) \times 100$	%
	ID07	Taxa de Refugos Recolhida	$(\text{Quantidade de Refugos} / \text{Quantidade de RU}) \times 100$	%
	ID08	Taxa de desvio de Aterro	$((\text{Quantidade de RU} - \text{Quantidade de refugo enviado para aterro}) / (\text{Quantidade de RU Rececionada})) \times 100$	%
	ID09	Taxa de Solúveis Orgânicos Voláteis	$(\text{Quantidade de SOV} / \text{Quantidade de RU}) \times 100$	%
	ID10	Produção de Biogás	$(\text{Quantidade de Biogás} / \text{Quantidade de RU Rececionada})$	m ³ .Ton ⁻¹
	ID11	Produtividade de Separação de Resíduos Recicláveis	$(\text{Quantidade de RC Separada} / \text{Nº de Trabalhadores} \times \text{Horas Trabalhadas})$	Ton.h ⁻¹
	ID12	Produção de Composto	$(\text{Quantidade de Composto} / \text{Quantidade de RU})$	m ³ .Ton ⁻¹
	ID13	Produção de Energia Elétrica	$(\text{Quantidade de Energia Elétrica Produzida} / \text{Quantidade de RU Rececionada})$	Mwh.Ton ⁻¹
	ID14	Produção de Energia Elétrica através do Biogás	$(\text{Quantidade de Energia Elétrica Produzida} / \text{Quantidade de Biogás Queimado})$	Mwh.m ⁻³
	ID15	Produção de Água Residual	$(\text{Quantidade de água descarregada} / \text{Quantidade de RU Rececionada})$	m ³ .Ton ⁻¹
	ID16	Balanço Energético	$(\text{Quantidade de Energia produzida} / \text{Quantidade de Energia Consumida}) \times 100$	%
Económico	ID17	Custo de Produção de Energia	$(\text{Custo Total da CVO} / \text{Quantidade de Energia Produzida})$	€.Mwh ⁻¹
Ambiental	ID18	Produção de CO ₂	$(\text{Quantidade CO}_2 \text{ Emitida} / \text{Quantidade de RU Rececionada})$	Kg CO ₂ .Ton ⁻¹

4.2 Aplicação Informática do Modelo de Avaliação de Desempenho

A aplicação informática (Figura 14) que comporta o MAD foi desenvolvida com o objetivo de agilizar e integrar as diversas variáveis obrigatórias à avaliação de desempenho tendo em consideração os indicadores de desempenho e os fatores de caracterização. Esta aplicação é sustentada por 2 tipos de informação: a) informação operacional de vários produtos e operações; b) indicadores de desempenho.

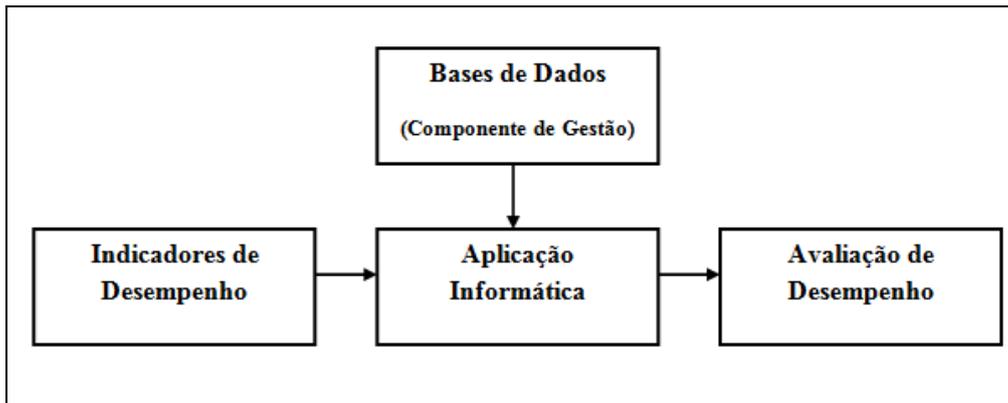


Figura 14 - Diagrama Conceptual da Aplicação Informática do MAD.

A dimensão das bases de dados de informação e a necessidade de um processamento rápido e fiável, determinaram que a aplicação informática selecionada para apresentação ao utilizador fosse na forma de *software* Microsoft Excel 2007®.

O ficheiro central da aplicação informática é o ficheiro Excel 2007 [MAD_CVO.xls], sendo neste ficheiro, que se introduz os dados de base operacionais da CVO e se disponibiliza os resultados da avaliação de desempenho da mesma.

Nem todos os dados de base ou variáveis de cálculo são relevantes para a execução da aplicação, no entanto, recomenda-se a sua inserção com o intuito de conceder maior robustez à base de dados.

Uma vez que a aplicação desenvolvida, teve por base a simplificação da informação, a aplicação informática necessita unicamente de ser preenchida com informação nos campos em que se visualize “0” em todas as folhas de cálculo, com a exceção da folha de cálculo “ID”. Na folha de cálculo “ID” são apresentados os vários indicadores de desempenho de acordo com a informação introduzida nas folhas de cálculo anteriores, neste sentido, na mesma encontra-se bloqueado o preenchimento das células que a compõe.

A introdução da informação base nas folhas de cálculo dos três Macroprocessos, deve ser efetuada no campo “0” do correspondente mês.

Uma vez iniciada a aplicação, o “ecrã inicial” dá lugar ao ecrã de “Caracterização da Entidade Gestora” (Figura 15). Neste ecrã, são inseridos os dados referente à caracterização dos indicadores CEG_{xx}, podendo igualmente aceder-se às restantes folhas de cálculo as quais possuem campos de gestão da informação base.

Ainda nesta folha, o código do indicador é apresentado entre as células B3 e B13 sucessivamente, a descrição do indicador é apresentado entre as células C3 e C13, o valor do indicador deve ser introduzido entre as célula D3 e D13 e nas células E3 e E13, são apresentadas as unidades utilizados para estes indicadores.

	A	B	C	D	E
2		Código	Descrição	Valor	Unidade
3		CEG01	Identificação da EGS	0	(-)
4		CEG02	Sede Social da EGS	0	(-)
5		CEG03	Âmbito geográfico de Intervenção	0	(-)
6				0	
7		CEG04	Área de intervenção	0	Km ²
8		CEG05	Densidade populacional	0	hab.km ⁻²
9		CEG06	População residente	0	hab
10		CEG07	Trabalhadores a tempo integral	0	trab
11		CEG08	Quantidade do ano anterior de resíduos urbanos processada	0	ton
12		CEG09	Quantidade de RU processada per capita	0	ton.hab ⁻¹
13		CEG10	Despesas anuais de Exploração	0	€

Figura 15 - Folha de Cálculo CEG do MAD.

Clicando na folha de cálculo “Macroprocesso 1” (Figura 16), o utilizador irá aceder ao ecrã destinado à inserção da informação base referente, às entradas na Suldouro dos RU indiferenciados e dos RU indiferenciados destinados à CVO. Posteriormente, são registados

Modelo de Avaliação de Desempenho Desenvolvido

as quantidades e a tipologia dos resíduos triados na central de triagem da CVO. Nesta folha de cálculo, a introdução da informação é feita no mês correspondente.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2	Entrada RU Ind (Suldouro)															
3		Resíduos Urbanos Domésticos	Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Total	Unidade
4		Santa Maria da Feira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	ton
5		Vila Nova de Gaia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
6		Total recepcionados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
7		Total enviados para valorização	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
10		Total depositados directamente em	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
14																
15	Entradas CVO															
16			Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Total	Unidade
17		RU doméstico indiferenciado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	ton
18		RU verdes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
19		REU verdes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
20		Total RU valorizados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
21																
22	Triagem															
23			Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Total	Unidade
24		Quantidade de Resíduos Recicláveis Triados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	ton
25		Tipologia														
26		Filme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	ton
27		PET	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
28		PET óleo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
29		PEAD/PP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
35		Met.Ferrosos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
40		Sucata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
41		Outros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
42																

Figura 16 - Folha de Cálculo Macroprocesso 1, quadros de preenchimento "Entrada de RU ind", "Entradas CVO" e "Triagem", do MAD.

Como já foi anteriormente referenciado, a configuração da inserção da informação do MAD desenvolvido, foi efetuada através da divisão de três Macroprocessos. Nesse sentido, em cada um deles, surge um quadro de registo de informação referente à Gestão de Consumos de cada Macroprocesso.

O utilizador deve assim, incluir a informação no campo “0”, no mês de referência, conforme observado na Figura 17.

Gestão de Consumos															
	Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Total	Unidade	
Consumo de electricidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mwh	
Consumo de Água	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m³	
Consumo de Gásleo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	l	
Trabalhadores a tempo integral na triagem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Trab	

Figura 17 - Folha de Cálculo Macroprocesso 1, quadro de preenchimento "Gestão de Consumos", do MAD.

Clicando na folha de cálculo “Macroprocesso 2” (Figura 18 e 19), o utilizador irá aceder ao ecrã destinado à inserção da informação base referente, à produção da CVO, designadamente a inserção de quantidades de RUB que são utilizados no processo da Digestão Anaeróbica e na Compostagem.

Na Figura 18 são apresentados dois quadros, o quadro “RUB CVO” refere-se à introdução da informação mensal do total de RUB destinados ao Processo Biológico. Por sua vez o quadro “Refugos”, refere-se à introdução da informação mensal do total de refugos rejeitados durante as várias fases do macroprocesso

Modelo de Avaliação de Desempenho Desenvolvido

RUB CVO														
	Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Total	Unidade
Total RUB para tratamento biológico (DA+Comp)= total das entradas menos o total das saídas (refugo + produção)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	ton
Total RUB para DA = total das entradas de RU i menos o total das saídas (refugo + Total composto bruto)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
Total composto bruto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
Total composto final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	

Refugos														
	Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Total	Unidade
Refugos da Triagem TM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	ton
Ref. Finos/leves (pulpers+GRS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
Ref. Pesados (pulpers+GRS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
Total R depositados em Aterro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	

Figura 18 - Macroprocesso 2, Quadro Produção CVO e Quadro Refugos.

Na Figura 19, são apresentados também 2 quadros. Um referente à “Gestão de Consumos”, deste macroprocesso e um outro referente aos registos de “Produção” deste macroprocesso 2.

Gestão de Consumos														
	Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Total	Unidade
Consumo de electricidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	Mwh
Consumo de Água	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	m ³
Consumo de Gásleo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	l

Produção														
	Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Total	Unidade
Biogás Produzido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	m ³
Biogás Queimado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	m ³
Composto Produzido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	ton
Água Residual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	m ³
Electricidade Produzida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	Mwh
Custo da Exploração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	€
SOV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	%
CO ₂ emitido na Produção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	TCo ₂ eq

Figura 19 - Macroprocesso 2, Quadro "Gestão de Consumos" e Quadro "Produção"

Clicando na folha de cálculo “Macroprocesso 3” (Figura 20), o utilizador irá aceder ao ecrã destinado à informação sobre a quantidade de resíduos recicláveis triados, no entanto, a informação relativa ao enfardamento é automaticamente preenchida aquando na inserção das quantidades de separação de resíduos recicláveis no Macroprocesso1.

Nesta folha de cálculo é ainda apresentada o quadro de registos de “Produção” do Macroprocesso 3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2		Emfardamento														
3			Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Total	Unidade
4		Resíduos Recicláveis Triados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ton
5																
6		Gestão de Consumos														
7			Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Total	Unidade
8		Consumo de electricidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mwh
9		Consumo de Água	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m ³
10		Consumo de Gásleo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	l
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																

Figura 20 - Macroprocesso 3, Quadro "Embalamento" e Quadro " Gestão de Consumos".

Clicando na folha de cálculo “ID” (Figura 21), o utilizador irá aceder ao ecrã destinado à visualização dos 18 indicadores escolhidos, calculados de forma automática.

Nesta folha o código do indicador é apresentado entre as células B3 e B21 sucessivamente, a designação do indicador é apresentado entre as células C3 e o C21, o valor do indicador calculado mensalmente de forma automática entre as célula D4 e P21 e nas células Q3 e Q21, são apresentadas as unidades utilizados para estes indicadores. De referir ainda que neste quadro é apresentado um campo “média”, referente aos valores médios de cada indicador, de igual forma resulta de um cálculo automático após preenchimento dos quadros referentes aos macroprocessos.

Modelo de Avaliação de Desempenho Desenvolvido

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1																	
3		Código	Designação	Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Média	Unidade
4		ID01	Consumo de Energia Elétrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mwh.Ton ⁻¹
5		ID02	Consumo de Água	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m ³ .Ton ⁻¹
6		ID03	Consumo de Gasóleo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	l.Ton ⁻¹
7		ID04	Taxa de uso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%
8		ID05	Taxa de RUB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%
9		ID06	Taxa de Resíduos Recicláveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%
10		ID07	Taxa de Refugos Recolhida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%
11		ID08	Taxa de Resíduos desviado de Aterro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%
12		ID09	SOV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%
13		ID10	Taxa de Produção de Biogás	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m ³ .Ton ⁻¹
14		ID11	Produtividade de Separação de Resíduos Recicláveis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Ton.h ⁻¹
15		ID12	Produção de Composto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m ³ .Ton ⁻¹
16		ID13	Produção de Energia Elétrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mwh.Ton ⁻¹
17		ID14	Produção de Energia Elétrica através do Biogás	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mwh.m ⁻³
18		ID15	Produção de Água Residual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m ³ .Ton ⁻¹
19		ID16	Balanço Energético	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%
20		ID17	Custo de Produção de Energia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	€Mwh ⁻¹
21		ID18	Produção de CO ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	KgCO ₂ .Ton ⁻¹
75																	
76																	
77																	
78																	

Figura 21 - Folha de cálculo "ID".

5. Aplicação do Modelo na CVO da Suldouro

O MAD foi aplicado, testado e validado na Central de Valorização Orgânica da Empresa Suldouro, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos, S.A. (Suldouro).

O capital social da Suldouro, tem como estrutura acionista a Empresa Geral de Fomento (60%), o município de Vila Nova de Gaia (25%) e o município de Santa Maria da Feira (15%).

No seu organograma funcional (Figura 22), a Suldouro tem no seu modelo técnico a gestão e requalificação de aterros sanitários, o tratamento de RU Indiferenciados na Central de Valorização Orgânica. No Aterro Sanitário de Sermonde possui um Sistema de Recolha Seletiva referente ao concelho de Vila Nova de Gaia e de Santa Maria da Feira, uma Estação de Triagem Automática e a Produção de Energia Elétrica na Central de Valorização Energética a partir do Biogás produzido no aterro e na CVO de Sermonde.



Figura 22 - Organograma Funcional da Suldouro.

A Suldouro tem como área de abrangência, a receção de resíduos urbanos produzidos no sistema multimunicipal do Sul do Douro, nomeadamente, os concelhos de Vila Nova de Gaia e de Santa Maria da Feira (Figura 23). O concelho de Vila Nova de Gaia, possui uma área de 169,0 km², 302 296 habitantes e 24 freguesias, é um dos 18 municípios do distrito de Porto. O concelho Santa Maria da Feira, tem uma área de 215,0 km², 139 312 habitantes e 31 freguesias, é um dos 19 municípios distrito de Aveiro (INE, 2010).

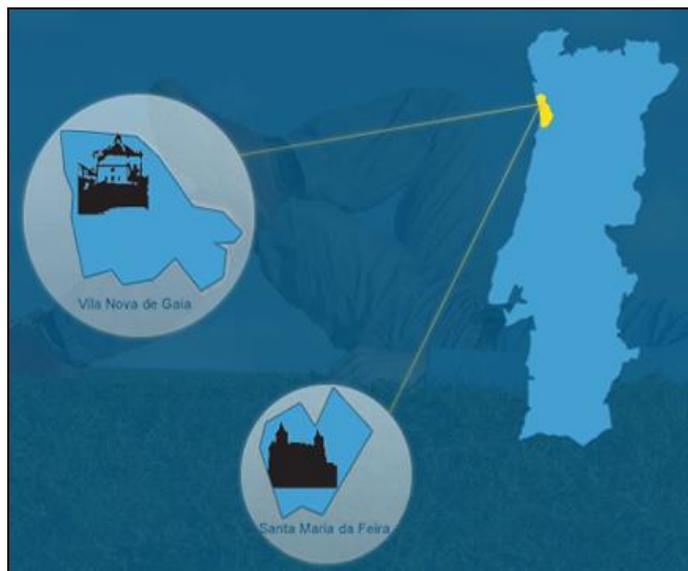


Figura 23 - Área de abrangência da Suldouro.

O MAD teve como principais objetivos, garantir a objetivação do sistema de indicadores de desempenho, validação das metodologias de recolha de informação e verificar a viabilidade na avaliação de desempenho operacional, económico e ambiental de uma Central de Valorização Orgânica. A capacidade da aplicação informática do MAD é processar vários tipos de informação, comparar cenários de gestão e apresentar resultados fiáveis.

Na validação do MAD foi importante a colaboração da entidade gestora Suldouro, mais concretamente o departamento de gestão da CVO.

5.1 Central de Valorização Orgânica da Suldouro

A construção da CVO para a Suldouro surgiu no âmbito da aplicação do Decreto-Lei 178/2006 que estabelece o PERSU II e do Decreto-Lei n.º 152/2002 de 23 de Maio revogado posteriormente pela Declaração de Retificação n.º 74/2009, no qual o Art.º7 estabelece as metas para a redução dos resíduos urbanos biodegradáveis destinados a aterros.

A CVO da Suldouro foi dimensionada para valorizar os resíduos biodegradáveis contidos nos RU, reduzindo a sua deposição no aterro sanitário de Sermonde.

Resumidamente, esta CVO vai permitir desviar parte dos RUB do aterro, estando previsto uma capacidade de tratamento de 20.000 toneladas de RUB/ano a partir de 43.000 toneladas de RU, que serão submetidos a processos de pré-tratamento seco e húmido, triagem manual, digestão anaeróbia para produção de biogás com valorização energética e compostagem das

lamas digeridas. O regime de laboração da CVO é de 250 dias/ano e 16h/dia. A Central de Valorização Orgânica da Suldouro, fica localizada na freguesia de Sermonde, em Vila Nova de Gaia.

O diagrama simplificado do processo é abaixo reproduzido e definido na Figura 24, sintetizando, os principais processos que compõem a CVO instalada na Suldouro.

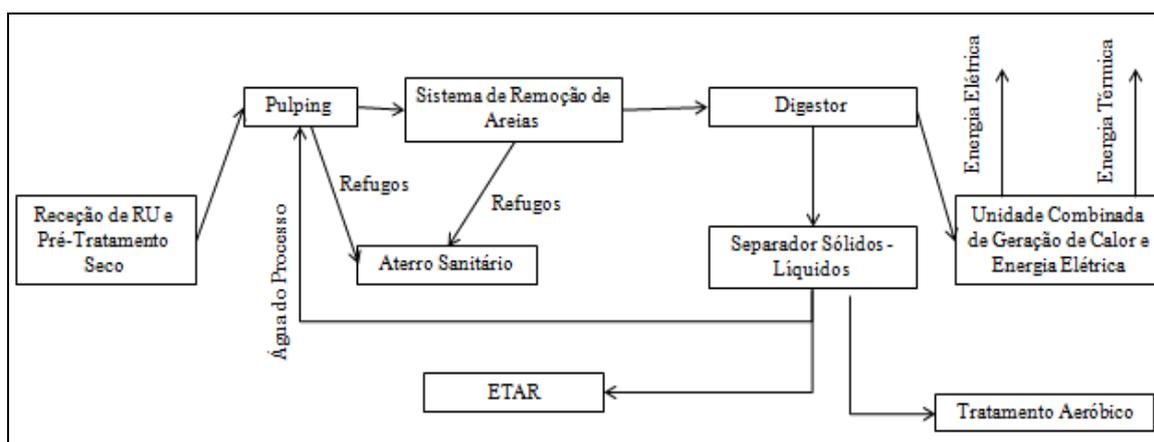


Figura 24 - Diagrama simplificado do processo. (Manual de Operação da CVO, 2012)

5.1.1 Receção de RU e Pré-tratamento Seco

Os resíduos provenientes das viaturas de recolha são descarregados numa zona de descarga com inclinação suficiente para encaminhar escorrências. Os camiões entram no edifício, descarregam a carga na área preparada para o efeito e voltam a sair do edifício. Os resíduos serão inspecionados visualmente e transportados por intermédio do equipamento multifunções.

Os RU passam por um tratamento seco, antes de serem encaminhados para os *Pulper*. Este processo começa com o carregamento da tremonha de receção do Abre-sacas. Os RU são carregados neste equipamento com o auxílio do equipamento multifunções.

A partir do Abre-sacas, por via de um tapete transportador, os RU são enviados para o crivo, com perfuração de 80 mm de diâmetro, separando os resíduos em duas frações.

A fração de material destinada ao processo de obtenção da suspensão para os digestores, inferior a 80 mm, após passagem no separador magnético, é armazenada temporariamente no interior do Bunker, compensando o ciclo de lavagem dos *Pulper*. Existe ainda um *Bunker*, que assegura o armazenamento dos resíduos no período entre cada alimentação.

Os fragmentos superiores a 80 mm triados no crivo, são transferidos para a cabina de triagem manual. O excedente do crivo é sobretudo material a granel e plástico de filme, tal como sacos, trapos, papel e cartão. Esta fração de material é transportada para uma cabina de triagem com 6 vias independentes. No final da linha, existe um separador magnético para separar os metais ferrosos. Todos os materiais recicláveis triados, são armazenados temporariamente em contentores e posteriormente enviados para processamento na estação de triagem da Suldouro. O refugo é temporariamente armazenado em contentores, no final da linha de triagem.

5.1.2 *Pulping*

O processo de “*pulping*” (lavagem) é realizado basicamente para facilitar a obtenção dos três objetivos seguintes:

- Desintegrar os resíduos biodegradáveis para rentabilizar o processo de digestão;
- Remover os contaminantes que não são biodegradáveis, tais como frações pesadas (pedras, grandes ossos, vidros, pilhas e objetos metálicos, etc.);
- Remover os contaminantes que não são biodegradáveis, tais como frações de menor densidade (têxteis, madeira, plástico de filme, cordoes etc.).

5.1.3 GRS BTA (Sistema de Remoção de Areias BTA)

A suspensão retirada dos dois *Pulpers*, contem ainda partículas de frações pesadas e inertes, até 10 mm de diâmetro (“*Grit*”).

A remoção de areias far-se-á também por lotes. A suspensão proveniente do *Pulper* é posta a re-circular do tanque do sistema de remoção de areias (GRS) por intermédio de uma bomba que provoca um hidrociclone, voltando depois de novo para o tanque. A suspensão pode circular de novo no tanque de alimentação e de novo através do hidrociclone, para melhorar a eficiência da remoção.

No fim do ciclo de remoção de areias, a recirculação para, e a suspensão, já sem areias, é transferida para os tanques de suspensão (*buffer* / homogeneização). A suspensão pode ser bombeada, livre de plásticos, areias e outros, tornando-se assim fácil de manusear em termos da técnica de processo.

As diferentes frações, removidas ao longo do pré-tratamento húmido (leve, pesada e areias), são recolhidas em contentores, sendo encaminhados para deposição em aterro ou valorização, de acordo com o ritmo de operação da CVO e as instruções definidas pela Direção da Central.

5.1.4 Espessadores

A suspensão orgânica, proveniente do pré-tratamento húmido, tem aproximadamente 5 a 7% de sólidos totais. De modo a reduzir o volume e aumentar a concentração de sólidos na suspensão, estão integrados no processo dois espessadores, aumentando para aproximadamente 10% a concentração de sólidos totais.

5.1.5 Tanque de Homogeneização (*Suspension Buffer*)

Para se obter uma operação de digestão satisfatória e a melhor produção de biogás, tanto em termos de qualidade como de quantidade, é essencial que o processo de digestão anaeróbia se processe em condições regulares. Para se obter este regime de alimentação, com uma fonte intermitente de produção de suspensão obtida pelos *Pulper* funcionando por lotes, existe um tanque tampão (*buffer*), que proporciona um *stock* de alimentação suficiente para operações.

5.1.6 Digestores

A suspensão é bombeada a partir do tanque tampão para os digestores, onde tem lugar a produção do biogás.

O sistema de alimentação dos digestores é automático e semi-contínuo. Isto é, são alimentados durante 24 horas por dia, sete dias por semana, por curtos períodos e com intervalos frequentes, utilizando bombas de transporte de produtos de caudal lento e com sólidos. Um nível elevado de fluido no escoadouro do digestor inibe a bomba de alimentação do digestor.

Cada digestor é um reator misto completo. Uma mistura continua e suficiente no digestor é essencial e tem especialmente três objetivos:

- a) O transporte para a biomassa (bactérias) dos produtos iniciais e de reação, para permitir o máximo de degradação da matéria orgânica, desgaseificar a biomassa e

manter condições constantes em termos de temperatura e propriedades químicas no digestor;

- b) Criar uma corrente forte a superfície o mais rapidamente possível, para evitar a formação de uma camada de espuma ou para a destruir caso se forme;
- c) Evitar sedimentação da biomassa e resíduos sólidos que poderão causar zonas mortas no digestor e conseqüentemente, problemas mecânicos para extrair a biomassa digerida.

O biogás produzido é transportado e armazenado no gasómetro.

5.1.7 Separação Sólidos-Líquidos (Desidratação da Suspensão Digerida)

O objetivo da separação solido-líquido é de dividir a biomassa digerida numa fração líquida fina, com um conteúdo total de sólidos baixo e uma fração sólida com um nível elevado de conteúdo solido.

A suspensão é continuamente bombeada dos digestores, numa quantidade média controlada, para 2 prensas de desidratação tipo parafuso. Antes de entrar nas prensas tipo parafuso, é adicionada a suspensão uma solução polielectrolítica. A lama obtida e transportada para o reator de floculação através de uma bomba de lamas. O coagulante necessário é continuamente preparado numa central de preparação e adicionado à suspensão. Um misturador, que se encontra no interior do reator de floculação, garante uma mistura intensiva.

A lama pré-desidratada é desidratada continuamente nas prensas pelo aumento da pressão. Com a circulação contínua de lama, evita-se a elevada resistência de filtragem e assim, é possível obter com uma pressão menor, uma maior capacidade de desidratação. O retorno de um fluxo parcialmente filtrado garante uma melhor qualidade do mesmo.

A fração líquida é descarregada num escoadouro. A partir daqui, os líquidos são bombeados de volta para o tanque de água de processo.

5.1.8 Tratamento da Água de Processo

Os efluentes provenientes da unidade de desidratação são tratados, para se obter uma água residual que corresponda as normas legais e possa satisfazer também as normas internas.

5.1.9 Mistura do Material Digerido com Material Estruturante

As lamas desidratadas (bolo) caem num transportador, sendo posteriormente misturadas com material estruturante, proveniente do *bunker* estruturante, instalado no exterior da nave central da CVO.

A misturadora é um equipamento chave no processo de compostagem. Sem a adição homogénea de material, com a quantidade adequada de humidade e material estruturante, o processo de degradação biológica não ocorre dentro dos parâmetros optemos. Além disso, o material digerido, em caso de excesso de água, deve ser enriquecido com matéria estruturante, ou com água se ocorrer o caso inverso. Este equipamento mistura e fraciona a matéria orgânica, humedece-a, caso seja necessário.

Após o processo de mistura, o material é descarregado automaticamente num transportador e encaminhado para a zona de receção da pré-compostagem.

5.1.10 Pré-Compostagem

A matéria orgânica para compostagem é transportada da zona de receção para as divisões da pré-compostagem através de uma pá multifunções, onde passa por um processo de higienização, antes de ser atingida a qualidade do composto final. A higienização decorre ao manter um ambiente termófilo (55 a 80 °C), durante o período de 7 a 14 dias. Como o processo de compostagem é exotérmico, por decomposição microbiana da matéria orgânica, não é necessário utilizar energia externa.

Nestas divisões da pré-compostagem, o material permanece com um tempo de retenção de 14 dias, sendo as pilhas arejadas por um sistema de ventilação instalado sob a superfície, controlado pela concentração de oxigénio presente no interior das pilhas.

5.1.11 Pós-Compostagem

Após a higienização, o material é transportado para a área da pós-compostagem, através da pá multifunções, sendo disposta em pilhas. Estas pilhas também são arejadas por um sistema de ventilação instalado no solo.

Após 12 semanas a compostagem do material esta completa.

5.1.12 Limpeza, Armazenamento e Uso do Biogás

O sulfureto de hidrogénio (H_2S) precisa de ser retirado do biogás produzido, de modo a evitar a corrosão dos equipamentos e reduzir os níveis de SO_2/SO_3 aquando do uso do biogás. Isto é simplesmente feito através do método de dessulfuração conhecido, que consiste em injetar uma pequena quantidade de ar diretamente na parte vazia de cada digestor. O processo é controlado para evitar qualquer mistura de gás explosivo.

O biogás produzido é conduzido para um coletor de condensação, enchido com gravilha. Aqui, a água contida no biogás é parcialmente separada. Para além disso, a gravilha serve para reter componentes sólidos que tenham eventualmente entrado, como por exemplo partículas de espuma e de proteção contra chamas.

A seguir, o biogás é transferido para o gasómetro de dupla membrana, com sistema de ventilação e capacidade de armazenamento de 4.000 m^3 , ficando disponível para utilização.

Por questões de segurança, está instalado um queimador (tocha) para queimar o excesso de biogás que exista em caso de falha ou manutenção, sendo concebido para queimar 120 % da produção de gás/hora.

O queimador não provoca odores e não tem chama visível. Devido à tecnologia de queima utilizada, este queimador funciona com baixo nível de ruído.

5.2 Metodologia de Aplicação do Modelo

A aplicação do MAD à CVO da Suldouro decorreu de acordo com as três etapas seguintes:

1. Adaptação do SID ao modelo técnico;
2. Determinação do âmbito e objetivos do SID;
3. Programação, recolha e processamento de informação.

A Suldouro dispunha já de uma metodologia de recolha de informação, no entanto, não dispunha de um sistema organizado de avaliação de desempenho para a CVO. Assim, de forma a conseguir os objetivos apontados com este trabalho, foi necessário planear, programar e executar a recolha de alguma informação e posteriormente, o respetivo processamento da informação necessária à avaliação do seu desempenho operacional, económico e ambiental.

A recolha da informação foi gerada, programada e cumprida de modo a obter informação relativa à organização e operação da CVO, designadamente, dados operacionais, informação financeira, informação da qualidade de serviço e informação ambiental.

Efetuuou-se ainda, revisões periódicas das metodologias e meios de recolha da informação, com o intuito de antecipar possíveis limitações nos procedimentos previstos.

5.2.1 Adaptação do SID

O sistema de indicadores do MAD (Tabela 6) necessita de adaptação a cada situação particular, no entanto, a sua aplicação CVO da Suldouro manteve a sua estrutura global. A adaptação do SID ao modelo técnico da CVO da Suldouro (Figura 24) integra indicadores relativos às operações de Tratamento Mecânico (receção de RU e Triagem), Tratamento Biológico (Digestão Anaeróbia, Compostagem e Gasómetro) e Enfardamento.

A avaliação de desempenho da CVO da Suldouro é sustentada por 28 indicadores, 10 relativos à “Caracterização da Entidade Gestora” e 18 relativos aos “Componentes de Gestão Operacional”, divididos por grupos de indicadores de informação de contexto/enquadramento e de desempenho operacional, económico e ambiental. Os indicadores utilizados são os descritos nas tabelas 7 e 8. Uma vez que estava em causa o teste e validação do Modelo, todos os ID propostos do foram selecionados e calculados na sua aplicação ao caso de estudo.

5.2.2 Âmbito e Objetivos do SID

A avaliação de desempenho operacional, económico e ambiental deste estudo decorreu de acordo com as duas seguintes etapas essenciais:

- a) Definição da unidade funcional e fronteiras do processo em análise, de acordo com o âmbito e objetivos do estudo,
- b) A avaliação de desempenho operacional, económico e ambiental do processo CVO da Suldouro.

O âmbito avaliação de desempenho inicia-se na entrada dos RU na CVO da Suldouro. O âmbito da análise termina no momento em que é queimado o biogás produzido e/ou o composto orgânico se encontra produzido, razão pela qual os resultados calculados não refletem o contributo global das Instalações da Suldouro no que diz respeito à valorização e eliminação de resíduos.

Neste sentido, calculou-se o desempenho do processo CVO, em função da aplicação de medidas de gestão operacional, nomeadamente:

- a) Otimização dos processos da CVO;
- b) Otimização da gestão de recursos da CVO.

A fronteira do SID, é coincidente com o limite operacional da CVO, tal como ilustrado na Figura 25.

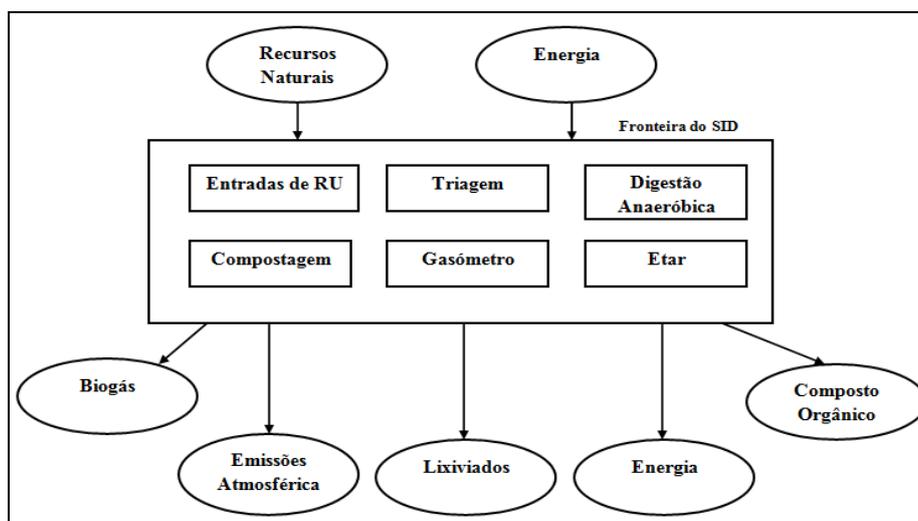


Figura 25 - Fronteira do SID.

5.2.3 Programação, recolha e processamento de informação.

A morosidade entre a recolha da informação base e a informatização da mesma cria um desfasamento que pode ser penalizador aquando a análise dos indicadores no apoio ao processo de tomada de decisão, impossibilitando assim a imposição de medidas de carácter mais imediato.

Os registos auxiliam a determinação de variáveis de cálculo e indicadores de desempenho, no entanto, é também verdade que impossibilitam a validação imediata dos mesmos, possibilitando ainda o erro no registo, diminuindo o grau de confiança à posterior na avaliação de desempenho.

A Suldouro disponibilizou toda a informação relativa à sua estrutura, missão, recursos humanos, estrutura operacional das componentes de gestão (meios técnicos e humanos). A metodologia de recolha e validação da informação de base foi sustentada pelo preenchimento de registos diário, semanais ou mensais, dos vários intervenientes na gestão e operacionalização da CVO.

Os dados de base referentes a processos e operações de gestão empregados pelo MAD, quer no cálculo dos indicadores de desempenho, quer na determinação do desempenho, foram obtidos e validados por técnicos superiores. A obtenção da informação ocorreu de forma contínua ao longo do período de avaliação.

A quantificação dos consumos de água e de energia eléctrica, foram obtidos através da leitura direta dos contadores da água e da eletricidade. No que se refere ao gasóleo, o seu consumo foi obtido através da faturação. A informação sobre custos da instalação, horários, recursos humanos e materiais, foram obtidos pelos serviços administrativos. O laboratório de análises, possibilitou a recolha de informação sobre as restantes componentes (água residual, solúveis orgânicos voláteis e produção de biogás).

5.3 Avaliação de Desempenho da Suldouro

Os resultados da aplicação do MAD ao sistema de gestão da CVO da Suldouro (anexo I) no que diz respeito à “Caracterização da Entidade Gestora”, são apresentados de acordo com a organização do sistema de indicadores do MAD (Tabela 6), adaptado ao modelo técnico da CVO da Suldouro.

Relativamente aos indicadores que resultam da operação entre variáveis de cálculo, nomeadamente, no que diz respeito à “Componentes de Gestão Operacional” na lista de resultados são apresentados os valores correspondente ao ciclo de avaliação entre o mês de Janeiro e Julho de 2012, assim entendeu-se para uma melhor análise de resultados, os mesmos são apresentados em gráficos ou em tabelas, onde são comparáveis a evolução dos indicadores ao longo do período de análise, bem como com os valores médios do período estudado.

No que diz respeito aos indicadores em relação aos quais não existia ou não estava disponível a informação necessária ao seu cálculo, o campo destinado à inscrição do seu valor está inscrito (0).

Tabela 9 - CEG aplicável à CVO - Suldouro

Caracterização da Entidade Gestora (CVO – Suldouro)			
Código	Designação	Valor	Unidade
CEG01	Identificação da EGS	Central de Valorização Orgânica, Suldouro	(-)
CEG02	Sede Social da EGS	Sermonde, Vila Nova de Gaia	(-)
CEG03	Âmbito geográfico de Intervenção	Município de Vila Nova de Gaia Município de Santa Maria da Feira	(-)
CEG04	Área de intervenção	384	(Km ²)
CEG05	Densidade populacional	1150,021	(hab.Km ⁻²)
CEG06	População residente	441608	(hab)
CEG07	Trabalhador a tempo integral	13	(trab)
CEG08	Quantidade anual de resíduos urbanos processada	12758	(Ton.ano ⁻¹)
CEG09	Quantidade de RU processada <i>per capita</i>	0,03	(Ton.hab ⁻¹)
CEG10	Despesas anuais de Exploração	446530	(€.ano ⁻¹)

Analisando os indicadores (Tabela 9) verifica-se que a Suldouro assegura a prestação do serviço Valorização e Tratamento de Resíduos Urbanos numa área de intervenção do sistema de 384 km², servindo 441.608 habitantes, os mesmos distribuem-se pelos Municípios de Vila Nova de Gaia e Santa Maria da Feira correspondendo a uma densidade populacional 1.150,021 hab.km⁻².

A Central de Valorização Orgânica da Suldouro possui 13 trabalhadores a tempo integral e rececionou em 2011, 12.758 Ton de RU (o ano 2011 refere-se ao período experimental e de arranque da instalação) representa assim uma quantidade de RU processada por habitante dia de 0,03 Ton.hab⁻¹. O custo médio por tonelada de RU rececionado na CVO da Suldouro é de 35 €, o que representou então uma Despesa de Exploração para o Ano 2011 de 446.530 €.

O perfil de consumo de Energia Elétrica (Figura 26), contabiliza um consumo global de 1.262 Mwh, para a valorização e tratamento de 14.124,68 Ton de RU. Neste sentido, o ID01 teve o seu valor mínimo no mês de Fevereiro de 2012 (0,062 Mwh.Ton⁻¹) e como valor máximo o mês de Junho (0,131 Mwh.Ton⁻¹). A média deste período situou-se nos 0,089 Mwh.Ton⁻¹, verificando-se assim, que os meses Maio, Junho e Julho se encontram com valores superiores à média, no entanto, verificou-se ainda, que estes três meses foram os meses em que a CVO rececionou menos resíduos durante o período estudado.

No mês de Fevereiro verificou-se ainda a maior entrada de RU (3.327,36 Ton) e o menor valor de ID01.

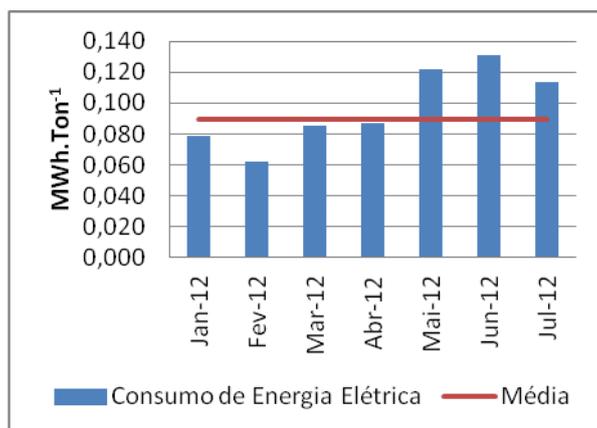


Figura 26 - ID01 Consumo de Energia Elétrica.

O perfil de consumo de Água (Figura 27) para o período aplicado contabiliza um consumo global de 4.697 m³, para a valorização e tratamento de 14.124,68 Ton de RU. Neste sentido, o ID02 teve o seu valor mínimo no mês de Fevereiro de 2012 (0,135m³.Ton⁻¹) e como valor máximo o mês de Julho (0,737 m³.Ton⁻¹). A média deste período situou-se nos 0,333 m³.Ton⁻¹, verificando-se, que os meses Maio, Junho e Julho se encontram com valores superiores à média.

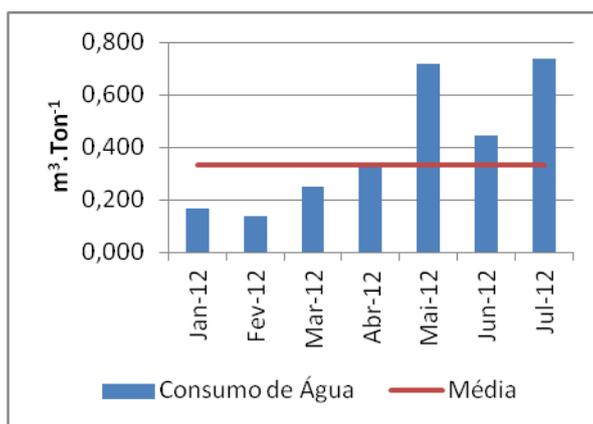


Figura 27 - ID02 Consumo de Água.

O perfil de consumo de Gasóleo (Figura 28) para o período aplicado contabiliza um consumo global de 13.191l, para a valorização e tratamento de 14.124,68 Ton de RU. Assim, o ID03 teve o seu valor mínimo no mês de Janeiro de 2012 (0,578 l.Ton⁻¹), como valor máximo o mês de Julho (1,463 l.Ton⁻¹). A média deste período situou-se nos 0,934 l.Ton⁻¹, verificando-se, que os meses Abril, Maio, Junho e Julho se encontram com valores superiores à média, no entanto verificou-se ainda, que estes quatros meses foram os meses em que a CVO rececionou menos resíduos durante o período estudado.

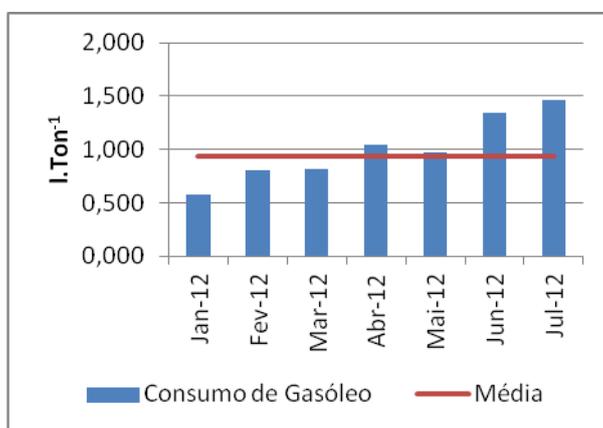


Figura 28 - ID03 Consumo de Gasóleo.

O perfil sobre a Taxa de Uso da CVO (Figura 29), tem como intuito verificar a percentagem do uso da CVO, ou seja, verificar a rentabilização de entradas de RU nas instalações. Neste sentido, a CVO estava projetada para receber 43.000 Ton.ano⁻¹ de RU o que perfaz uma entrada média de RU.mês⁻¹ de 3.583 de RU (8,3%). Quando analisamos o ID04, evidenciamos que o mesmo teve o seu valor mínimo no mês de Junho de 2012 (2,81%) e como valor máximo o mês de Fevereiro (7,74%). A média deste período situou-se nos

4,69%, verificando-se, que entre os meses de Janeiro e Abril os valores correspondentes são superiores à média, no entanto, em nenhum momento do período de estudo o valor de entrada de RU foi superior à média mensal ideal (8,3%), pelo contrário nos últimos três meses as entradas de RU foram 50% inferiores ao valor desejável.

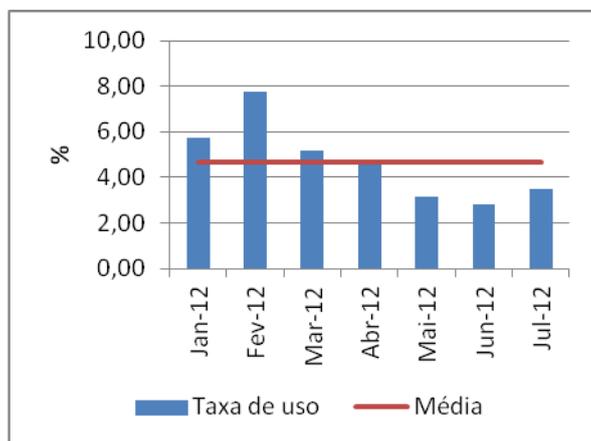


Figura 29 - ID04 Taxa de Uso.

O perfil sobre a Taxa de RUB (Figura 30), tem como intuito verificar a percentagem de RUB na composição das entradas de RU nas instalações. Neste sentido, a CVO estava projetada para valorizar 20.000 Ton.ano⁻¹ de RUB o que perfaz uma entrada média de RUB.mês⁻¹ de 1.666,7 Ton. Assim, quando analisamos o ID05, verificamos que teve o seu valor mínimo no mês de Abril de 2012 (28,43%) e como valor máximo o mês de Janeiro (38,38%). A média deste período situou-se nos 32,13%. Assim, os meses de Janeiro e Fevereiro foram os meses que mais entrou RU e que representou igualmente as maiores percentagem de RUB.

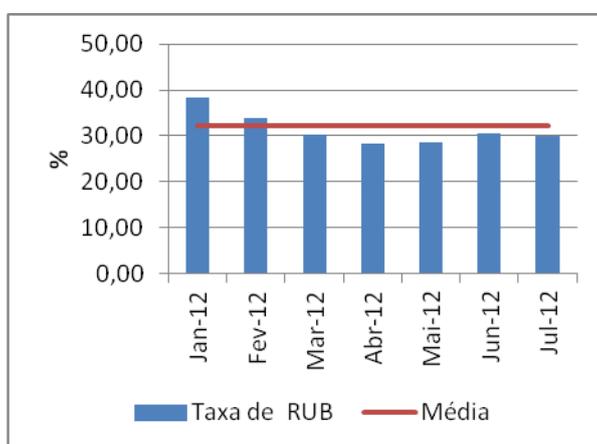


Figura 30 - ID05 Taxa de RUB.

O perfil sobre a Taxa de Resíduos Recicláveis (Figura 31), tem como intuito verificar a percentagem de Resíduos Recicláveis na composição das entradas de RU nas instalações. Neste sentido, quando analisamos o ID06, verificamos que teve o seu valor mínimo no mês de Junho de 2012 (1,71%) e como valor máximo o mês de Abril (2,97%). A média deste período situou-se nos 2,13% verificando-se assim, que os meses de Maio e Junho foram os meses que menos entrou RU e que representou igualmente as menores percentagem de Resíduos Recicláveis na sua composição. Verificou-se igualmente que apesar do mês de Fevereiro corresponder ao mês de maior entradas de RU, o valor correspondente aos Resíduos Recicláveis (2,04%), situa-se do valor médio.

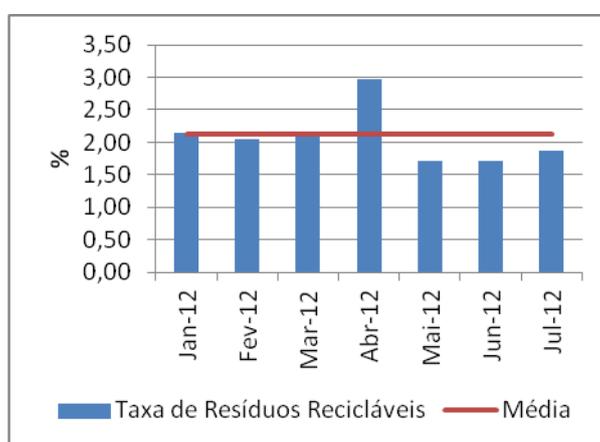


Figura 31 - ID06 Taxa de Resíduos Recicláveis.

O indicador ID07 (Figura 32), permite analisar a percentagem de refugos recolhida por cada tonelada de RU e que são enviados posteriormente para o aterro sanitário. Da análise a este indicador verificamos que a percentagem média de refugos é de 64,90%, ou seja, quase 65% dos RU que entram no processo são refugos que irão ter como destino final o aterro sanitário. Salienta-se igualmente que entre Março e Julho a percentagem de refugos é superior ao valor médio do período estudado.

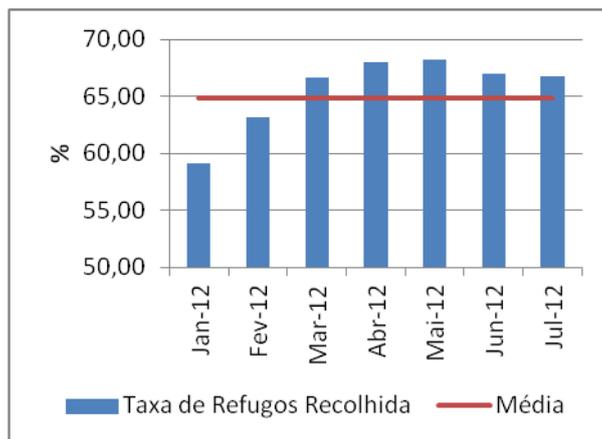


Figura 32 - ID07 Taxa de Refugos Recolhida.

O indicador ID08 (Figura 33), permite analisar a percentagem de resíduos são desviados de aterro por cada tonelada de RU. Da análise a este indicador verificamos que a percentagem média resíduos desviada de aterro é de 35,10%, ou seja, 35% dos RU são utilizados no processo de tratamento e valorização da CVO. Salienta-se igualmente que nos meses de Janeiro e Fevereiro a percentagem de resíduos desviada de aterro é superior ao valor médio do período estudado, estes dois meses correspondem igualmente aos meses com registo de maiores entradas de RU (2.458,06 Ton e 3.327,36 Ton).

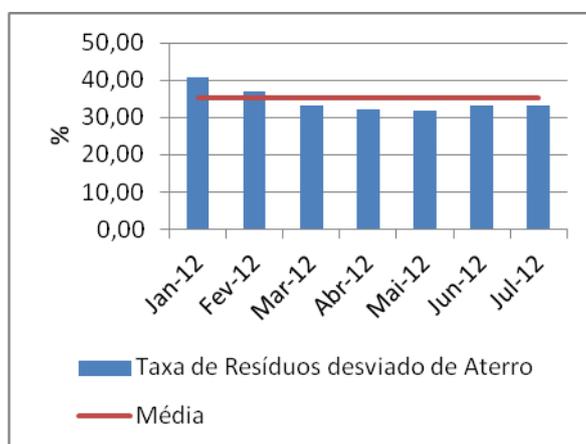


Figura 33 - ID08 Taxa de Resíduos Desviado de Aterro.

O indicador ID09 (Figura 34), permite analisar a percentagem de Solúveis Orgânicos Voláteis (SOV) por cada tonelada de RU. Este valor assume uma importância relevante, visto que a percentagem de SOV influenciam a produção de biogás. Da análise a este indicador verificamos que a percentagem média SOV é de 14,68% por tonelada de RU.

Verificou-se igualmente que nos meses de Janeiro e Fevereiro a percentagem de SOV é superior ao valor médio do período estudado.

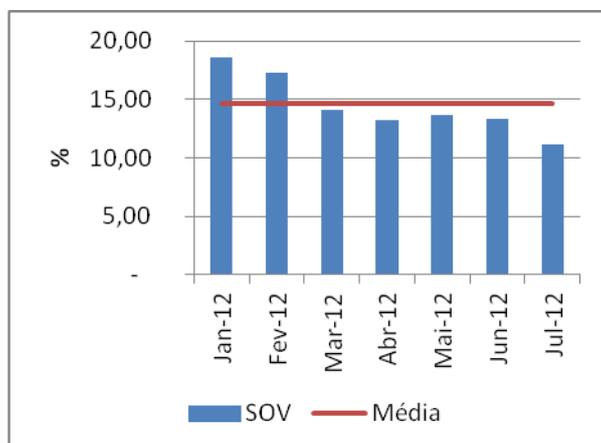


Figura 34 - ID09 Solúveis Orgânicos Voláteis.

O indicador ID10 (Figura 35), permite analisar a quantidade de m^3 de biogás produzidos por cada tonelada de RU. Da análise a este indicador verificamos que a produção média de biogás é de $56,41m^3.Ton^{-1}$.

Nos meses de Fevereiro e Março o valor de produção de biogás (58,73 e 63,00) é superior ao valor médio do período estudado.

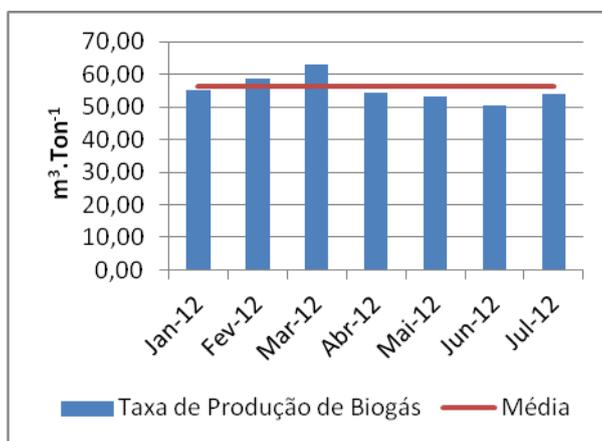


Figura 35 - ID10 Taxa de Produção de Biogás.

O indicador ID11 (Figura 36), permite analisar a produtividade na separação de resíduos recicláveis na central de triagem. No cálculo deste indicador, teve-se em consideração o número de quattros triadores com uma média mensal de trabalho de 173,3 horas. Da análise a este indicador verificamos que em média por cada hora de trabalho são triados 0,06 Ton de resíduos recicláveis.

Verificou-se igualmente que entre os meses de Janeiro e Abril o valor de triagem (0,08; 0,10; 0,07 e 0,09) foi superior ao valor médio do período estudado. Regista-se ainda que este período corresponde igualmente ao período onde mais RU entraram nas instalações da CVO.

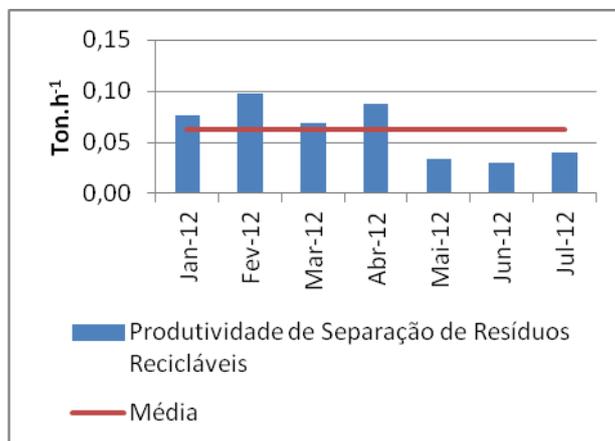


Figura 36 - ID11 Produtividade de Separação de Resíduos Recicláveis.

O indicador ID12 (Figura 37) permite analisar a produtividade de composto por tonelada de RU. Da análise a este indicador verificamos que em média 0,017 m³.Ton⁻¹ de composto por toneladas de RU. Verificou-se igualmente que os meses de Maio e Julho a produção de composto foram superior ao valor médio (0,029 e 0,035).

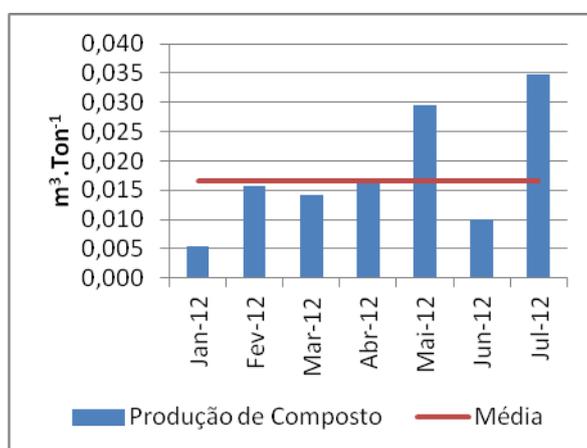


Figura 37 - ID12 Produção de Composto.

O indicador ID13 (Tabela 10) permite analisar a produção de Energia Elétrica por tonelada de RU. Salienta-se que a média do período refere-se unicamente aos três meses em que existiu produção de energia elétrica, visto que o processo de produção de energia elétrica só se iniciou no mês de Maio.

Verificou-se igualmente que o mês de Julho registou o valor mais elevado de produção biogás atingindo os 0,097 Mwh.Ton⁻¹.

Tabela 10 - ID13 Produção de Energia Elétrica.

	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Média	Unidade
Produção de Energia Elétrica	0,004	0,011	0,097	0,01	Mwh.Ton ⁻¹

O indicador ID14 (Tabela 11), permite analisar a produção de Energia Elétrica por m³ de biogás queimado. Salienta-se que a média do período refere-se unicamente aos três meses em que existiu produção de energia elétrica.

Verificou-se igualmente que o mês de Julho registou o valor mais elevado de produção biogás atingindo os 0,0153 Mwh.m⁻³.

Tabela 11 - ID14 Produção de Energia Elétrica através de Biogás.

	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Média	Unidade
Produção de Energia Elétrica através do Biogás	0,0001	0,0003	0,0153	0,0002	Mwh.m ⁻³

O indicador ID15 (Figura 38), permite analisar a quantidade de m³ de água residual produzida por cada tonelada de RU. Da análise a este indicador verificamos que a produção média de água residual produzida é de 0,24 m³.Ton⁻¹. Verificou-se igualmente que nos meses de Março, Maio e Junho o valor de produção de água residual (0,328; 0,646 e 0,377) é superior ao valor médio do período estudado.

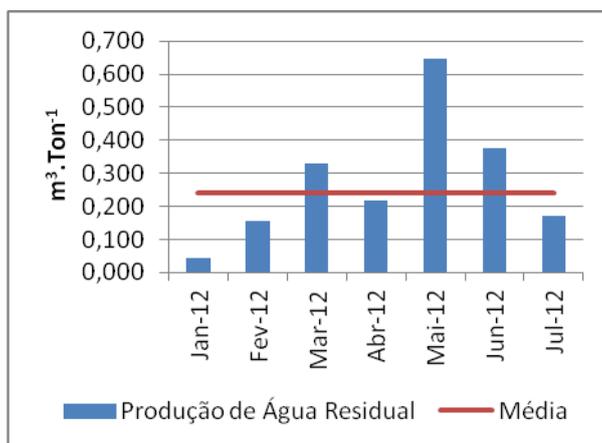


Figura 38 - ID15 Produção de Água Residual.

O indicador ID16 (Tabela 12), permite analisar o balanço energético das instalações da CVO, ou seja, pretendeu-se com este indicador verificar se a energia produzida (Energia Elétrica) nas instalações é superior à energia consumida (Energia Elétrica e Gasóleo). Para este indicador assumiu-se que cada litro de gasóleo equivale a 0,010 Mwh (IPCC, 2006). Salienta-se que a média do período refere-se unicamente aos três meses em que existiu produção de energia elétrica.

No mês de Julho a produção de energia elétrica atingiu 75,75% em comparação com a energia consumida, ou seja, verificou-se um défice entre a energia consumida e a produzida em cerca de 25%.

Tabela 12 - ID16 Balanço Energético.

	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Média	Unidade
Balanço Energético	3,243	7,783	75,748	11,82	%

O indicador ID17 (Tabela 13), permite analisar em € a produção da energia elétrica na CVO. Para este indicador assumiu-se o custo de valorização e tratamento por tonelada de RU de referência do ano de 2011, que foi de 35€. No mês de Julho a produção de energia elétrica teve o melhor valor do período atingindo os 355,76 €.Mwh⁻¹.

Tabela 13 - ID17 Custo de Produção de Energia.

	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Média	Unidade
Custo de Produção de Energia	8063,783	3090,944	355,762	2975,83	€.Mwh ⁻¹

O indicador ID18 (Figura 39), permite analisar a produção de CO₂ oriundo da energia consumida (Energia Elétrica e Gasóleo) por cada tonelada de RU. Para este indicador assumiu-se que cada Mwh de gasóleo equivale a 0,267 TCO_{2eq} e que cada Mwh de energia elétrica equivale a 0,369 TCO_{2eq} (IPCC, 2006).

O ID18 teve o seu valor mínimo no mês de Fevereiro de 2012 (25,1 KgCO_{2eq}.Ton⁻¹) e como valor máximo o mês de Junho (51,89 KgCO_{2eq}.Ton⁻¹). O valor médio do período 35,46 KgCO_{2eq}.Ton⁻¹.

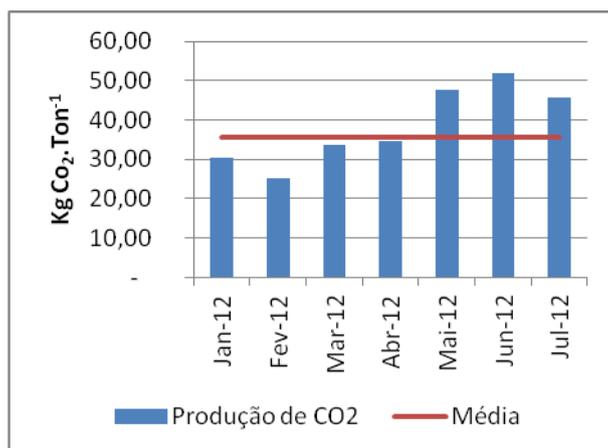


Figura 39 - ID18 Produção de CO₂.

Quando analisados os indicadores de forma integrada verificou-se através do ID01, ID02 e ID03 (consumo de energia elétrica, água e gásóleo), que a instalação nos meses em que a rececionou menos RU (ID04), foram os mesmos meses em que os indicadores registaram valores mais elevados ao nível do consumo de energia e água.

Nos meses com a menor receção de RU (ID04) verificou-se através do ID06, uma quebra ao nível da separação de resíduos recicláveis e na produtividade da separação de resíduos (ID11). Verificou-se ainda, que nos meses de menor entrada de RU, existe um aumento de emissão de CO₂ por tonelada de RU (ID18).

A média do período estudado, no que diz respeito ainda à taxa máxima de receção de RU (ID04) situou-se nos 4,69%, verificando-se assim, que em nenhum momento do período de estudo, o valor de entrada de RU foi superior à média mensal ideal (8,3%), pelo contrário nos últimos 3 meses as entradas de RU foi inferior em mais de 50% do valor ideal. No que diz respeito à percentagem média de resíduos que são desviados de aterro (ID08) por cada tonelada de RU, é de aproximadamente 35%, concluindo-se assim que aproximadamente 65% são refugos (ID07). Dos 35% de resíduos desviados de aterro 2,13% são Resíduos Recicláveis (ID06) e o restante são RUB (ID05) utilizados no processo de Digestão Anaeróbia.

Na produção de biogás em média cada tonelada de RU era composta por 14,68% de SOV (ID09), produziu o valor máximo de energia elétrica de 0,097 Mwh (ID12), originou igualmente, uma produção média de biogás é de 56,41 m³.Ton⁻¹ (ID10) e uma produção média de água residual de 0,240 m³.Ton⁻¹ (ID15).

O balanço energético das instalações no período estudado foi sempre deficitário, o melhor resultado obtido aponta para o mês Julho em que produção de energia elétrica (ID16) atingiu 75,75% em comparação com a energia consumida, ou seja, existia um déficit de cerca de 25% de energia entre a consumida e a produzida. Esse mês representou o custo de produção de energia elétrica (ID17) mais baixo situando-se nos 355,76 €.Mwh⁻¹.

A produção de CO₂ (ID18) oriunda da energia consumida (ID01 e ID03) na CVO por cada tonelada de RU teve o valor médio do período 35,46 KgCO_{2eq}.Ton⁻¹.

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

O crescimento da preocupação com o ambiente, designadamente ao nível da gestão dos resíduos urbanos, exige o desenvolvimento de estudos incidentes neste sector, aproximando o tema como base a interação entre ambiente, com a economia e com a sociedade, atendendo assim à direção da sustentabilidade. O desenvolvimento desta dissertação teve como objetivo ir ao encontro desta temática, procurando assim contribuir para o desenvolvimento de novos modelos de avaliação de desempenho, e o aumento de eficiência na gestão e nos processos de Tratamento Mecânico-Biológico.

O MAD desenvolvido procurou adaptar-se à complexidade da gestão de uma Central de Valorização Orgânica, atendendo às necessidades das entidades gestoras possuírem uma ferramenta de monitorização e de avaliação de desempenho do serviço apoiando assim as decisões de gestão e ajudando a traçar um perfil operacional, económico e ambiental das instalações e processo.

O MAD enquanto ferramenta geral, tem como potenciais destinatários as entidades gestoras de processos de Tratamento Mecânico-Biológico, as empresas de implementação de processos de TMB e de uma forma mais geral as organizações nacionais e internacionais que realizam estudos e *benchmarking* neste sector.

6.1 Validação do MAD

A utilização deste modelo necessita de implementação de rotinas na recolha de informação de base que servem de cálculo de indicadores as quais, deverão ser efetuadas de forma constante e regular no sentido de serem coerentes e comparáveis. A colheita de informação envolve muitos processos e operações, as quais devem obedecer a planos de monitorização ajustados à complexidade dos sistemas de gestão, no que diz respeito aos colaboradores que envolve, que na maioria dos casos, têm apenas um interesse parcial nos resultados. Como tal, é essencial a necessidade de sensibilizar para uma recolha fiável e que a mesma não contribua para a avaliação de desempenho do colaborador.

A experiência resultante da aplicação do MAD à Suldouro comprovou que a conceção e implementação dos sistemas de indicadores de desempenho devem basear-se no interesse da informação e a rapidez da sua angariação. A utilização de sistemas sustentados em relatórios

de papel, gera distanciamento entre os resultados e as necessidades de tomada de decisão, além de que, consome demasiados recursos humanos, financeiros e materiais.

Apesar do MAD ter sido unicamente aplicado durante sete meses, este espaço temporal permitiu concluir que a referência temporal do ano civil será mais adequada para efeito de avaliação de desempenho da entidade gestora.

A unidade temporal no entanto é flexível, permitindo assim, a tomada de decisão de forma mais rápida a quanto a alteração de recursos na avaliação de desempenho, respondendo assim, a gestão quotidiana do sistema, uma vez que a maioria dos problemas exige respostas quase imediatas, como por exemplo, a diminuição da receção de RU, a diminuição ou aumento de colaboradores e possíveis avarias em máquinas e equipamentos.

Os indicadores de desempenho selecionados para integrar o MAD foram apropriados para representar e enquadrar o sistema adotado, com o objetivo de auxiliar a subsequente confrontação no desempenho de CVO distintas.

6.2 Desempenho da CVO

Os resultados obtidos no caso de estudo permitiram aferir o desempenho dos processos relacionados com tratamento e valorização dos RU na CVO da Suldouro. O MAD possibilitou igualmente efetuar uma análise integrada através dos indicadores operacionais, económicos e ambientais selecionados.

O MAD, demonstrou que a receção mensal de 3.583 Ton de RU, é o valor ideal necessário, no sentido de garantir a melhor eficiência ao nível dos processos da CVO da Suldouro. Quando o valor rececionado é inferior, denota-se uma ineficiência ao nível do uso dos recursos necessários ao seu funcionamento. Evidenciando assim, que para uma melhor rentabilidade das instalações, é necessário regularizar a entradas de RU para os níveis anteriormente referenciados.

Quando existiu uma menor receção de RU verificou-se, uma quebra ao nível da separação de resíduos recicláveis, este facto, associado a um custo fixo de mão-de-obra dos triadores, conclui-se que o custo por tonelada de resíduos recicláveis separados aumenta. Verificou-se ainda, que nos meses de menor entrada de RU, existe um aumento de emissão de CO₂ por tonelada de RU.

A produção de energia elétrica através do biogás, no mês mais favorável situou-se num custo aproximado de 0,355 €.Kwh⁻¹, no entanto, o valor atual da tarifa paga pela rede, por cada Kwh produzido a partir de biogás é de 0,117 €. Demonstrando-se assim, que além de existir o défice entre a energia consumida e a produzida, é também evidente o défice na tarifa de venda à rede.

Em suma, os indicadores permitiram apoiar a tomada de decisão na gestão das instalações e do processo de uma CVO. Permitiram igualmente apoiar os cálculos financeiros, aquando a tomada de decisão na alteração dos processos.

6.3 Limitações e Trabalhos Futuros.

Para a implementação do MAD ser praticável e regular, considera-se que as entidades gestoras devem procurar fortalecer um planeamento coerente e estruturado de recolha e registo da informação de base, que assim possibilite a sua aplicação para além de um ciclo de exclusivo de avaliação.

A inexistência de certa forma deste planeamento e o esforço obrigatório das entidades gestoras na manutenção de uma constante de recolha e armazenamento de informação de base, poderá ser um fator que contribui para inviabilização da adoção e aplicação regular de modelos de avaliação de desempenho. A atitude a ter perante esta contingência passará pela informatização e automatização da recolha, registo e tratamento da informação de base, em opcional ao registo em papel em uso hoje. A aquisição da informação deve ser comportada através de um sistema de leitura automático baseado na automação e na sensorização de todo o processo, garantindo-se assim os registos do processo em todo o seu ciclo. Considera-se assim que a informatização e automatização do processo permitirá eliminar/atenuar o erro humano ao nível da recolha e registos de dados, minimizando assim, igualmente erros que possam estar associados às rotinas de recolha e controlo da informação em suporte de papel.

Pretende-se continuar a desenvolver uma ferramenta de suporte ao MAD que seja de uso fácil ao seu utilizador, de modo a criar estímulos para o uso por parte dos seus potenciais utilizadores. Neste sentido, o avanço no sentido de melhorar a sua informatização e automação para a realização do cálculo em tempo real de indicadores de desempenho e na elaboração automática de relatórios de avaliação de desempenho, em concordância com as

especificações da gestão ou na necessidade de comparação ou apresentação dos resultados a outras entidades.

Por fim, salientar que a implementação do MAD na CVO da Suldouro, sofreu também limitações devido à fase de pré-arranque industrial que a CVO se encontrava durante o período de estudo.

Referências Bibliográficas

A

Agência Portuguesa do Ambiente (2000). Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – SIDS Portugal Agência Portuguesa do Ambiente. Portugal.

Agência Portuguesa do Ambiente (2007). Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – SIDS Portugal Agência Portuguesa do Ambiente. Portugal.

Agência Portuguesa do Ambiente (2008a). Caracterização da Situação dos Resíduos Urbanos em Portugal Continental em 2006 – Resumo. Agência Portuguesa do Ambiente. Portugal.

Agência Portuguesa do Ambiente (2008b). Dossier de Prevenção (redução) de Resíduos – Nível mais avançado. Agência Portuguesa do Ambiente. Portugal.

Agência Portuguesa do Ambiente (2009). Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. SIDS Portugal indicadores-chave 2009.

Agência Portuguesa do Ambiente (2010a). Movimento Transfronteiriço de Resíduos - Relatório 2009. Agencia Portuguesa do Ambiente - Departamento de Operações e Gestão de Resíduos. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Amadora.

Agência Portuguesa do Ambiente (2010b). Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos Dados gerais, Valorização e Destino Final - Infra-estruturas e equipamentos Agencia Portuguesa do Ambiente - Departamento de Operações e Gestão de Resíduos. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Amadora.

Agência Portuguesa do Ambiente (2011a). Relatório do Estado do Ambiente 2011. Agência Portuguesa do Ambiente. Portugal.

Agência Portuguesa do Ambiente (2011b). Caracterização da situação atual – 2010/2011. Agência Portuguesa do Ambiente. Portugal.

Agência Portuguesa do Ambiente (2011c). Avaliação Ambiental Estratégica do Plano Nacional de Gestão de Resíduos. Agência Portuguesa do Ambiente. Portugal.

Agência Portuguesa do Ambiente (2011d). Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2011-2020. Agência Portuguesa do Ambiente. Portugal.

Almeida, C., Oliveira, J., Pena, T., Pinto, M., Santos, P., Teixeira, F., Xará, S., Silva, M. (2005). Guia da Reciclagem Orgânica. Resíduos Orgânicos, compostagem e digestão anaeróbica. Gabinete de Estudos Ambientais Universidade Católica Portuguesa.

Ambrozewicz, P. (2003). Qualidade na prática: conceitos e ferramentas. Curitiba: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Departamento Regional do Paraná. Brasil.

American Environment Agency (AEA) (2001). Waste Management Options and Climate Change, Final Report to European Commission, DG Environment, Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities, Brussels.

Andersen, J., Boldrin, A., Christensen, T. e Scheutz, C. (2012) Home composting as an alternative treatment option for organic household waste in Denmark: An environmental assessment using life cycle assessment-modelling. *Waste Management*, 32, 31-40.

B

Banco Mundial, (2004). The World Bank handbook for the preparation of landfill gas to energy projects in Latin America and the Caribbean. Waterloo, Ontario,

Barton, J., Issaias, I. e Stentiford, E. (2008). Carbon – Making the right choice for waste management in developing countries. *Waste Management* 28 690–698.

Belgiorno, V., Feo, G., Rocca, C. e Napoli, R. (2003). Energy from gasification of solid wastes. *Waste Management* 23, 1–15.

Bernstad, A. e Jansen, J. (2012). Separate collection of household food waste for anaerobic degradation – Comparison of different techniques from a systems perspective. *Waste Management*, 12, 806-815.

Bernstad, A., Malmquist, L., Truedsson, C. e Jansen, J. (2012). Need for improvements in physical pretreatment of source-separated household food waste. *Waste Management*.

Bernstad, A. e Jansen, J. (2011). A life cycle approach to the management of household food waste - A Swedish full-scale case study. *Waste Management*, 31, 1879-96.

Bilgili, M., Demir, A. e Ozkaya, B. (2006) Influence of leachate recirculation on aerobic and anaerobic decomposition of solid wastes. *Journal of Hazardous Materials*.

BMU (2009). *Mechanisch-biologische Behandlung von Abfällen (Mechanical-biological treatment of waste)*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety).

Bogner, J., Abdelrafie Ahmed, M., Diaz, C., Faaij, A., Gao, Q., Hashimoto, S., Mareckova, K., Pipatti, R. e Zhang, T.(2007). Waste management, In Metz B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R. & Meyer, L.A. (eds): *Climate Change:Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Boldrin, A., Andersen, J. Christensen, T. (2011). Environmental assessment of garden waste management in the Municipality of Århus (EASEWASTE). *Waste management*, 31 (7), 1560-1569.

C

Camargo, L. (2000). *Uso de indicadores da qualidade para o gerenciamento estratégico de empresas do ramo comercial*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.

Comissão Comunidade Europeia (2005). *Avançar para uma utilização sustentável dos recursos: Estratégia Temática de Prevenção e Reciclagem de Resíduos*. Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões.

Comissão Comunidade Europeia (2005) *Plano deEstratégia para o Desenvolvimento Sustentável*. Comunicação da Comissão ao Conselho ao Parlamento Europeu. COM (2005). Bruxelas.

Comissão Comunidade Europeia (2007). *Relatório Intercalar sobre a Estratégia para o Desenvolvimento Sustentável*. Comunicação da Comissão ao Conselho ao Parlamento Europeu. COM (2007) 642. Bruxelas.

Chen, G., Zheng, Z., Yang, S., Fang, C., Zou, X. e Luo, Y. (2010). Experimental co-digestion of corn stalk and vermicompost to improve biogas production. *Waste Management*. 30,10, 1834-40.

Chaves, B. (2003). Horta da Formiga – Centro de Compostagem Caseira.

Coelho, S., Alegre, H. (1999). Indicadores do Desempenho de Sistemas de Saneamento Básico. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Informação Técnica Hidráulica.

Costa, D., Formoso, C., Lima, H. e Barth, K. (2005). Sistema de indicadores para benchmarking na construção civil: manual de utilização. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil.

Cuetos, M., Gómez, X., Otero, M. e Morán, A. (2010). Anaerobic digestion and co-digestion of slaughterhouse waste (SHW): Influence of heat and pressure pre-treatment in biogas yield. *Waste Management* . 30, 10, 1780-1789.

Curry, N. e Pillay, P. (2012). Biogas prediction and design of a food waste to energy system for the urban environment. *Renewable Energy*. 41 200 – 209.

D

Damgaard, A., Manfredi, S., Merrild, H., Stensøe, S. e Christensen, T.. (2011). LCA and economic evaluation of landfill leachate and gas technologies, *Waste Management*, 31(7),1532-1541.

Davidsson, Å., Appelqvist, B., Gruvberger, C., Hallmer, M. e Jansen, J. (2007). Anaerobic digestion potential of urban organic waste: a case study in Malmö. *Waste Management and Research* 25 (2), 162–169.

Decreto-Lei nº 178/2006 de 5 de Setembro.

Decreto-Lei nº 73/2011 de 17 de Junho.

Decreto-Lei n.º 183/2009 de 10 de Agosto.

Decreto-Lei n.º 152/2002 de 23 de Maio.

Decisão n.º 2000/532/CE da Comissão de 3 de Maio.

Decisão n.º 2001/118/CE da Comissão de 16 de Janeiro.

Decisão n.º 2001/119/CE da Comissão de 22 de Janeiro.

Decisão n.º 2001/573/CE do Conselho de 23 de Julho.

Decisão 2003/33/CE, do Conselho de 19 de Dezembro.

Despacho n.º 454/2006 de 5 de Dezembro.

Despacho n.º 3227/2010 de 22 de Fevereiro.

Direção Geral do Ambiente (DGA). (2000). Proposta Para um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. Direção de Serviços de Informação e Acreditação. Amadora.

Diretiva 1999/31/CE do Conselho de 26 de Abril.

Diretiva 2008/98/CE, de 19 de Novembro de 2008.

Downmore M., Shepherd M., Andrew M., Barbara N. e J Daniel (2011). Municipality Solidwaste (MSW) Management Challenges Of Chinhoyi Town In Zimbabwe: Opportunities Of Waste Reduction and Recycling. Journal of Sustainable Development in Africa (Volume 13, No.2, 2011) ISSN: 1520-5509.

E

European Environment Agency (1999). Environmental indicators: Typology and Overview. Report n.º 25. European Environment Agency. Copenhagen.

European Environment Agency (2005). EEA core set of indicators — Guide, EEA Technical report No 1/2005, European Environment Agency. Copenhagen.

European Environment Agency (2012). Environmental Indicator Report 2012 – Ecosystem Resilience And Resource Efficiency In a Green Economy In Europe. Copenhagen.

Environmental Guidelines for Small-Scale Activities in Africa (EGSSAA) (2009). Solid waste: generation, handling, treatment and disposal. Chapter 15.

Energaia. (2005). Manual Digestão Anaeróbia. Digestão Anaeróbia-Metodologia de Desenvolvimento. Eds. Norte, Energia e Desenvolvimento Sustentável na Região Norte. Vila Nova de Gaia.

Energaia, Castanheira, L., Ferreira, V. e Lopes, C. (2005). Valorização de Resíduos Orgânicos. Eds. Norte, Energia e Desenvolvimento Sustentável na Região Norte. Vila Nova de Gaia.

Environmental Protection Agency (1997). EPA's Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Volume I - Stationary Point and Area Sources - AP-42. Chapter 2, Solid Waste Disposal. US Environmental Protection Agency, Washington, DC.

F

Favoino, E. e Hogg, D. (2008). The potential role of compost in reducing greenhouse gases. *Waste Management Research* 2008; 26; 61.

Fricke, K., Santen, H. e Wallmann, R., (2005). Comparison of selected aerobic and anaerobic procedures for MSW treatment. *Waste Management* 25 (8), 799-810.

Fruergaard, T., Astrup, T. (2011) Optimal utilization of waste-to-energy in an LCA perspective. *Waste management*, 31, 572-82.

G

Gadelha, E. (2005). Avaliação de Inóculos metanogénicos na aceleração do processo de degradação da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

Gentil, E., Gallo, D. e Christensen, T. (2011) Environmental evaluation of municipal waste prevention. *Waste Management*, 31, 2371-2379.

Gentil, E., Clavreul, J. e Christensen, T. (2009). Global warming factor of municipal solid waste management in Europe. *Waste Management & Research* Waste Management & Research 2009: 27: 850–860.

Gómez, R., Lima, F. e Ferrer, A. (2006). The use of respiration indices in the composting process: a review *Waste Management & Research*.

Gonçalves, M. (2005). *Gestão de Resíduos Orgânicos*. Agricultura e Ambiente. Porto

Grant, T., James, K.L. & Partl, H. (2003). *Life cycle assessment of waste and resource recovery options (including energy from waste)*. version 1. Ecocycle Victoria, Melbourne, Australia.

Gupta N., Tripathi, S. e Balomajumder, C. (2011). Characterization of pressmud: A sugar industry waste. *Fuel* 90, 389-394.

H

Hakkinen, T. (2001). *City-related Sustainability Indicators State-of-the-art*. Finland.

Hansen, T., Christensen, T. e Schmidt, S. (2006). Environmental modelling of use of treated organic waste on agricultural land: a comparison of existing models for life cycle assessment of waste systems. *Waste Management Research* 2006; 24; 141.

Henderson, H. (1994). *Paradigms In Progress*. Healthcare Forum San Francisco, California, United States of America.

I

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007). *The physical science basis*. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller ML, editors. *Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. New York, NY: Cambridge University Press.

Instituto Regulador de Águas e Resíduos (2004). *Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água*. Série Guias Técnicos n.º 1 e 2. Edição Laboratório Nacional de Engenharia Civil e Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Portugal.

Instituto Regulador de Águas e Resíduos (2009). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Portugal.

International Energy Agency - Bioenergy (2003). *Municipal Solid Waste and its Role in Sustainability*. AEA Technology Environment F6 Culham, Abingdon. United Kingdom.

Izumi, K., Okishio, Y., Nagao, N., Niwa, C., Yamamoto, S. e Toda, T. (2010). Effects of particle size on anaerobic digestion of food waste. *International Biodeterioration & Biodegradation*. Volume 64.

K

Kaparaju, P. e Rintala, J.(2011). Mitigation of greenhouse gas emissions by adopting anaerobic digestion technology on dairy, sow and pig farms in Finland. *Renewable Energy*, v.36, p.31-41.

Kaplan, S., e Norton, P. (1992). The balanced scorecard - Measures that drive performance. *Harvard Bus.* 71–79.

Kirkeby, T., Birgisdottir, H., Hansen, T., Christensen, H., Bhandar, G. e Hauschild, M. (2006). Environmental assessment of solid waste systems and technologies: EASEWASTE. *Waste Management Research* 2006; 24; 3.

Klein, A. (2002). Gasification: An Alternative Process for Energy Recovery and Disposal of Municipal Solid Wastes Department of Earth and Environmental Engineering, Fu Foundation School of Engineering and Applied Science, Columbia University.

Kuehle-Weidemeier, M. (2005). Basics of MBT and waste management system in Germany. In: Kuehle-Weidemeier, M. (Ed.), *Proceedings of International Symposium MBT 2005*, Hanover, Germany. Cuvillier Verlag, 1-14.

Kumar, A. e Ting, Y. (2010). Biomethanation of solid wastes: analysis of case studies. *International Journal of Environment and Pollution*. Volume 43, Number 1-3/2010 ISSN 0957-4352.

L

Lasaridi, K. e Stentiford, E. (1998). A simple respirometric technique for assessing compost stability. *Water Research*, 3717–3723.

Levis, J. (2010). Assessment of the state of food waste treatment in the United States and Canada. *Waste management (New York, N.Y.)*, 30(8-9), pp.1486-94.

Lima, R. (2005). Concepção e Implementação de Sistemas de Indicadores de Desempenho em Empresas Construtoras de Empreendimentos Habitacionais de Baixa Renda. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Lopes, M. e Santos, P. (2003). A gestão da fracção orgânica nos resíduos sólidos urbanos - aplicação da diretiva aterros. Caso de estudo da LIPOR– Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto. Mestrado Luso-brasileiro em política e gestão ambiental. Unidade curricular de tecnologia e gestão ambiental. Universidade de Aveiro.

M

Manfredi, S., Tonini, D., e Christensen, T. (2010). Contribution of individual waste fractions to the environmental impacts from landfilling of municipal solid waste. Waste management 433-40.

Martinho, M. e Gonçalves, M. (2000). Gestão de Resíduos. Lisboa. Universidade Aberta, pp. 278. ISBN 972-674-296-X.

Merrild, H., Larsen, A. e Christensen, T. (2012). Assessing recycling versus incineration of key materials in municipal waste: The importance of efficient energy recovery and transport distances, Waste Management.

Monnet, F. (2003). An Introduction to Anaerobic Digestion of Organic Waste. Remade Scotland.

N

Neely, A. (2002). Business Performance Measurement: Theory and Practice. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

O

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (2003). OCDE Environmental Indicators. Organisation for Economic Co-operation and Development. France.

P

Papageorgiou A., Karagiannidis A., Barton J. e Kalogirou E. (2009). Municipal solid waste management scenarios for Attica and their greenhouse gas emission impact. Waste Management Research ; ISSN 0734–242X.

PERSU II (2007) - Plano Estratégico Para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007-2016. Lisboa.

Picanço, A. (2004). “Influência da recirculação de percolado em sistemas de batelada de uma fase e híbrido na digestão da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos”. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos.

Piedade, M. (1998). Curso Técnico de Gestão de Estações de Tratamentos de Resíduos Sólidos Urbanos. Tecnologias de Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos. IPAM – Instituto de Promoção Ambiental. Lisboa.

PNAC (2006). Plano Nacional para as Alterações Climáticas [Versão 2006]. Aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2006, de 23 de Agosto 2006.

Portaria n.º 209/2004 de 3 de Março.

Portaria n.º 768/88 de 30 de Novembro.

Portaria n.º 851/2009 de 7 de Agosto.

Prakriti. (2006). Centre for Management Studies, Dibrugarh University as part of the National Environment Awareness Campaign.

Q

Queda, A. (1999). Dinâmica do azoto durante a compostagem de materiais biológicos putrescíveis. Dissertação de doutoramento em Engenharia Agro-Industrial, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal.

Queda, A. e Almeida, D. (2004). Gestão de Resíduos Biodegradáveis. Comunicação apresentada ao encontro Novas Problemáticas para a Gestão dos Resíduos. Beja.

R

Ralph, M. e Dong, J. (2010). *Environmental Microbiology Second*. A John Wiley & Sons, Inc., Publication.

Ramos, T. (2005). *Course on Sustainable Development Indicators in Coastal Areas, Part I – Introduction and Methodologies*. University of the Algarve, Faculty of Marine and Environmental Sciences. Tavira, Portugal.

Russo, M. (2003). *Tratamento de Resíduos Sólidos*. Faculdade de Ciências e Tecnologias, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra.

S

Serviço de Estatística da União Europeia - Eurostat (2008). *Euro-Indicators from European Commission*.

Singh, R., Singh, P., Araujo, A., Hakimi, M. e Sulaiman, O. (2011). Management of urban solid waste: Vermicomposting a sustainable option. *Resources, Conservation and Recycling* 55 719–729.

Smith, J. (2010). *The Suitability of Using Food Waste as an Anaerobic Digester Feedstock*. Department of Environmental Engineering Sciences University of Florida, Gainesville, FL.

Steiner, M. (2005). Status of mechanical-biological treatment of residual waste and utilization of refuse-derived fuels in Europe. In: *Conference Proceeding. Orbit 2005. The Future of Residual Waste Management in Europe*. Paper proceedings, Luxembourg.

T

Tchobanoglous, G., Theisen, H. e Vigil, S. (1993). *Integrated Solid Waste Management – Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill International Editions.

Tyskeng, S., Finnveden, G., (2007). *Energi- och miljömässiga skillnader mellan materialåtervinning och energiutvinning av avfall – En litteratursammanställning (in Swedish)*. Stockholm, Sweden.

U

United Nations Environment Programme - UNEP, (2009). Developing Integrated Solid Waste Management Plan, Training Manual Volume 4.

V

Valerio, F. (2010). Environmental impacts of post-consumer material managements: Recycling, biological treatments, incineration. *Waste Management* 30 2354–2361.

Vergara, S., Damgaard, A. e Horvath, A. (2011). Boundaries matter: Greenhouse gas emission reductions from alternative waste treatment strategies for California's municipal solid waste. *Resources, Conservation and Recycling*,57, 87-97.

Villanueva, A., Wenzel, H., 2007. Paper waste – recycling, incineration or landfilling? A review of existing life cycle assessments. *Waste Management*. 27, 29–46.

W

Waggoner D., Nelly, D. e Kennerley, M. (1999). The forces that shape organizational performance measurement system: an interdisciplinary review. *International Journal Production Economics*, Amsterdam.

Williams P. (2005). *Waste Treatment and Disposal*, 2nd edition. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK.

Y

Yoshida H., Gable J. e Park J. (2012). Evaluation of organic waste diversion alternatives for greenhouse gas reduction. *Resources, Conservation and Recycling* 60.

Z

Zhang, L. e Jahng, D. (2012). Long-term anaerobic digestion of food waste stabilized by trace elements. *Waste Management* 32 1509–1515.

Anexos

Anexo I – MAD_CVO Suldouro

MAD_CVO [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel

Código	Descrição	Valor	Unidade
CEG01	Identificação da EGS	Central de Valorização Orgânica, Suldouro.	(-)
CEG02	Sede Social da EGS	Sermonde, Vila Nova de Gaia	(-)
CEG03	Âmbito geográfico de Intervenção	Município de Vila Nova de Gaia Município de Santa Maria da Feira	(-)
CEG04	Área de intervenção	384	Km ²
CEG05	Densidade populacional	1150,021	hab.km ⁻²
CEG06	População residente	441608	hab
CEG07	Trabalhadores a tempo integral	13	trab
CEG08	Quantidade do ano anterior de resíduos urbanos processada	12758	ton
CEG09	Quantidade de RU processada per capita	0,03	ton.hab ⁻¹
CEG10	Despesas anuais de Exploração	446530	€

Anexos

MAD_CVO [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel

Base Inserir Esquema de Página Fórmulas Dados Rever Ver Suplementos PDF Architect

Calibri 11 A A

Colar

Área de Transferência

Tipo de Letra

Alinhamento

Unir e Centrar

Formatar como Tabela

Estilos de Célula

Inserir Eliminar Formatar

Células

Edição

Σ Soma Automática

↓ Preenchimento

↻ Limpar

Ordenar e Filtrar

Localizar e Selecionar

W49

Entrada RU Ind (Suldouro)														Total	Unidade
Resíduos Urbanos Domésticos	Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Total	Unidade	
Santa Maria da Feira	3.264,88	2.882,44	3.383,94	3.178,50	3.619,66	3.543,54	3.728,40	0	0	0	0	0	23.601,36	ton	
Vila Nova de Gaia	9.963,60	8.696,94	10.064,34	9.451,30	10.661,70	10.629,32	10.892,16	0	0	0	0	0	70.359,36		
Total recepcionados	13.228,48	11.579,38	13.448,28	12.629,80	14.281,36	14.172,86	14.620,56	0	0	0	0	0	93.960,72		
Total enviados para valorização orgânica	2.449,14	3.298,22	2.203,16	2.040,56	1.339,74	1.197,52	1.477,46	0	0	0	0	0	14.005,80		
Total depositados directamente em aterro	10.779,34	8.281,16	11.245,12	10.589,24	12.941,62	12.975,34	13.143,10	0	0	0	0	0	79.954,92		
Entradas CVO														Total	Unidade
RU doméstico indiferenciado	Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Total	Unidade	
RU doméstico indiferenciado	2.449,14	3.298,22	2.203,16	2.040,56	1.339,74	1.197,52	1.477,46	0	0	0	0	0	14.005,80	ton	
RU verdes	8,92	29,14	18,70	13,62	19,12	9,58	18,68	0	0	0	0	0	117,76		
REU verdes	0	0	0,34	0	0,78	0	0	0	0	0	0	0	1,12		
Total RU valorizados	2.458,06	3.327,36	2.222,20	2.054,18	1.359,64	1.207,10	1.496,14	0	0	0	0	0	14.124,68		
Triagem														Total	Unidade
Quantidade de Resíduos Recicláveis Triados	Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Total	Unidade	
Quantidade de Resíduos Recicláveis Triados	52,92	68,03	47,60	60,92	23,40	20,64	28,04	0	0	0	0	0	301,55	ton	
Tipologia	Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Total	Unidade	
Filme	5,06	5,58	4,94	3,66	1,98	1,58	2,80	0	0	0	0	0	25,60	ton	
PET	3,76	3,76	3,76	16,00	1,96	2,50	1,25	0	0	0	0	0	32,99		
PET óleo	0,40	0,20	0,20	2,00	0,20	0,20	0	0	0	0	0	0	3,20		
PEAD/PP	4,20	5,60	4,40	12,00	2,06	2,06	1,39	0	0	0	0	0	31,71		
Met.Ferrosos	29,58	41,76	24,76	23,08	11,04	11,92	16,28	0	0	0	0	0	158,42		
Sucata	4,02	2,78	4,58	0	3,40	0	3,06	0	0	0	0	0	17,84		
Outros	5,90	8,35	4,96	4,18	2,76	2,38	3,26	0	0	0	0	0	31,79		
Gestão de Consumos														Total	Unidade
Consumo de electricidade	Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Total	Unidade	
Consumo de electricidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mwh	
Consumo de Água	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	m³	
Consumo de Gásóleo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	l	
Trabalhadores a tempo integral na triagem	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	28	Trab	

CEG Macroprocesso 1 Macroprocesso 2 MacroProcesso 3 ID

Anexos

Enfardamento														
	Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Total	Unidade
Resíduos Recicláveis Triados	52,92	68,03	47,60	60,92	23,40	20,64	28,04	-	-	-	-	-	301,55	ton

Gestão de Consumos														
	Jan-12	Fev-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Total	Unidade
Consumo de electricidade	193	207	190	178	166	158	170	0	0	0	0	0	1262	Mwh
Consumo de Água	405	450	554	673	974	539	1102	0	0	0	0	0	4697	m ³
Consumo de Gásleo	1.421	2668	1819	2143	1329	1622	2189	0	0	0	0	0	13191	1

Anexos

MAD_CVO [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel

Base Inserir Esquema de Página Fórmulas Dados Rever Ver Suplementos PDF Architect

Normal Esquema de Página Pré-visualização de Quebras de Página Vistas Personalizadas Vistas de Livro

Régua Barra de Fórmulas Linhas de Grelha Cabeçalhos Barra de Mensagens

Mostrar/Ocultar

Zoom 100% Zoom para Seleção

Nova Janela Dispor Todas Fixar Painéis

Dividir Ocultar

Ver Lado a Lado Deslocamento Sincronizado Repor a Posição da Janela

Janela

Guardar Área de Trabalho Mudar de Janela

Macros

T78

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1																			
3			Código	Designação	Jan-12	Feb-12	Mar-12	Abr-12	Mai-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Set-12	Out-12	Nov-12	Dez-12	Média	Unidade	
4		ID01	Consumo de Energia Elétrica	0,079	0,062	0,086	0,087	0,122	0,131	0,114	0	0	0	0	0	0	0,09	Mwh.Ton ⁻¹	
5		ID02	Consumo de Água	0,165	0,135	0,249	0,328	0,716	0,447	0,737	0	0	0	0	0	0	0,33	m ³ .Ton ⁻¹	
6		ID03	Consumo de Gasóleo	0,578	0,802	0,819	1,043	0,977	1,344	1,463	0	0	0	0	0	0	0,93	l.Ton ⁻¹	
7		ID04	Taxa de uso	5,72	7,74	5,17	4,78	3,16	2,81	3,48	0	0	0	0	0	0	4,69	%	
8		ID05	Taxa de RUB	38,38	33,94	30,32	28,43	28,62	30,54	30,09	0	0	0	0	0	0	32,13	%	
9		ID06	Taxa de Resíduos Recicláveis	2,15	2,04	2,14	2,97	1,72	1,71	1,87	0	0	0	0	0	0	2,13	%	
10		ID07	Taxa de Refugos Recolhida	59,10	63,14	66,69	67,94	68,26	66,96	66,79	0	0	0	0	0	0	64,90	%	
11		ID08	Taxa de Resíduos desviado de Aterro	40,90	36,86	33,31	32,06	31,74	33,04	33,21	0	0	0	0	0	0	35,10	%	
12		ID09	SOV	18,54	17,23	14,15	13,27	13,61	13,34	11,13	0	0	0	0	0	0	14,68	%	
13		ID10	Taxa de Produção de Biogás	55,06	58,73	63,00	54,38	53,36	50,59	53,99	0	0	0	0	0	0	56,41	m ³ .Ton ⁻¹	
14		ID11	Produtividade de Separação de Resíduos Recicláveis	0,08	0,10	0,07	0,09	0,03	0,03	0,04	0	0	0	0	0	0	0,06	Ton.h ⁻¹	
15		ID12	Produção de Composto	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,03	0	0	0	0	0	0	0,02	m ³ .Ton ⁻¹	
16		ID13	Produção de Energia Elétrica	0	0	0	0	0,004	0,011	0,097	0	0	0	0	0	0	0,01	Mwh.Ton ⁻¹	
17		ID14	Produção de Energia Elétrica através do Biogás	0	0	0	0	0,0001	0,0003	0,0153	0	0	0	0	0	0	0,0002	Mwh.m ⁻³	
18		ID15	Produção de Água Residual	0,042	0,155	0,328	0,217	0,646	0,377	0,172	0	0	0	0	0	0	0,24	m ³ .Ton ⁻¹	
19		ID16	Balanco Energético	0	0	0	0	3,243	7,783	75,748	0	0	0	0	0	0	11,82	%	
20		ID17	Custo de Produção de Energia	0	0	0	0	8063,783	3090,944	355,762	0	0	0	0	0	0	2975,83	€.Mwh ⁻¹	
21		ID18	Produção de CO ₂	30,52	25,10	33,74	34,76	47,66	51,89	45,83	0	0	0	0	0	0	35,46	KgCO ₂ .Ton ⁻¹	
75																			
76																			
77																			
78																			

CEG Macroprocesso 1 Macroprocesso 2 MacroProcesso 3 ID

Pronto 100%