



Hinc patriam sustinet

**Instituto Superior de Agronomia
Universidade Técnica de Lisboa**



CARACTERIZAÇÃO DAS LAMAS GERADAS E SUA VALORIZAÇÃO NOS SUBSISTEMAS DOS SMAS-SINTRA

Delineamento de um Modelo Conceptual de Gestão

Fernando Manuel de Lemos Rodrigues Florindo

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente – Tecnologias Ambientais

Orientador: Professora Catedrática Elizabeth da Costa Neves Fernandes d'Almeida Duarte

Júri:

Presidente: Doutor Ernesto José de Melo Pestana de Vasconcelos, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Doutora Elizabeth da Costa Neves Fernandes d'Almeida Duarte, Professora Catedrática do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

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

Engenheira Mónica Isabel Fialho de Morais, na qualidade de especialista.

Lisboa, 2009

Agradecimentos

Ao atingir a fase final de elaboração da presente dissertação é um enorme prazer expressar a minha gratidão a todos os intervenientes que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a sua execução, nomeadamente:

Ao Professor Catedrático Raúl Bruno de Sousa, Presidente do Departamento de Química Agrícola e Ambiental do Instituto Superior de Agronomia, pelos meios postos à disposição do mestrando para a realização desta dissertação.

À Professora Catedrática Elizabeth D' Almeida Duarte, minha orientadora, por, mais uma vez, aceitar ter-me como discente, agora, na concretização desta dissertação, demonstrando uma atitude de compreensão perante aqueles que buscam novos conhecimentos académicos e desafios constantes ao longo das várias etapas da vida. Agradeço-lhe a proposta sobre o tema desenvolvido e a imensa disponibilidade facultada na orientação, cedência e consulta de informação afecta a esta área de investigação no Departamento, assim como na interpretação dos dados parciais obtidos. Agradeço, igualmente, toda a transmissão de conhecimentos e saberes efectuada no normal evoluir do presente trabalho, bem como em relação a outras disciplinas por si ministradas. Agradeço, também, toda a ajuda efectuada na revisão final deste documento.

À Câmara Municipal de Sintra e aos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Sintra, pela disponibilização de dados e informação consultada, em particular ao Presidente do Conselho de Administração dos SMAS-Sintra, Eng.º Baptista Alves, pela autorização concedida no uso dos valores operacionais e pela oportunidade de realização do presente estudo sobre as ETAR municipais.

À Eng.ª Mónica Morais, responsável pela Divisão de Tratamento e Ambiente dos SMAS-Sintra, que detem a gestão das ETAR, pela disponibilidade e simpatia revelada nas diversas sessões de recolha de informação, bem como à Eng.ª Ana Cartaxo, pelo tempo dispensado com o compilar dos dados sobre as lamas.

Aos meus colegas da CMS e SMAS, agradeço a confiança, o constante apoio e incentivo, e a particular amizade, em especial, à minha colega e amiga, Paula Faustino, agradeço pela ajuda, companhia, paciência e constante disponibilidade.

Aos colegas do ISA neste Mestrado e aos restantes, com quem continuo a privar, agradeço-lhes o auxílio, a troca de opiniões, a disponibilidade e amizade. Aos meus amigos de sempre, a todos, agradeço-lhes o apoio e a amizade incondicional.

À minha Família, em especial, aos meus pais, Maria Stela e Fernando, agradeço por tudo.

Resumo

A gestão e valorização das lamas de ETAR de Sintra, como subproduto do tratamento de águas residuais, constituíram o objecto de estudo deste trabalho. As fontes de informação utilizadas: entidades gestoras das ETAR públicas do concelho de Sintra (SMAS-Sintra e CMS); pesquisa e revisão bibliográfica da temática; dados estatísticos do Instituto Nacional Estatística referentes ao concelho de Sintra; visitas aos locais permitiram a caracterização das condições de funcionamento do subsistema, bem como avaliar o tipo de lamas geradas.

Através dos valores dos vários parâmetros mais representativos da eficiência operacional da produção de lamas associadas, caracterizaram-se as condições médias finais da subregião de Sintra, as técnicas disponíveis mais adequadas a implementar, bem como a procura e oferta de produtos de depuração no concelho de Sintra.

A metodologia utilizada forneceu um instrumento da quantificação e qualificação das lamas geradas nas ETAR da subregião de Sintra, permitindo indiciar se estas poderão constituir uma fonte de trabalho para o delineamento de um modelo conceptual de gestão a adoptar. No entanto, propõem-se abordagens complementares para a sua confirmação e sugerem-se novas linhas de investigação em continuação do estudo agora realizado.

Palavras-Chave: Lamas de tratamento; Biossólidos; Gestão de Lamas, Recuperação energia; Aplicação Agronómica; Modelo conceptual.

Abstract

In this work we evaluate the situation concerning sludge treatment and disposal facilities in Sintra's Municipality. The implemented methodology was based in two vectors:

- The analysis of different type of treatment technologies considering the characteristics of the treatment systems already implemented and the different uses/disposal facilities for the different type of sewage sludge produced
- On the other hand, the possibilities of different uses/disposal for sewage sludge are analyzed, namely the type of soil utilization and the dominant agricultural management practices in order to perceive the real requirements and acceptance of agricultural activities for sewage sludge/biosolids recycling.

In order to proceed with the implementation of a wastewater sludge management plan it is vital to congregate a wide range of information regarding the region under study. After the collection and treatment of all the information, the necessary elements are gathered in order to select the best available techniques to develop integrated sludge treatment and management scenarios

Finally, was developed a sludge management conceptual model applied to a sub-region of Sintra's Municipality taking in account the different regulations, geographic, economic, political, historical and cultural constrains. The adopted solution can be developed based on a centralized or decentralized sludge treatment management option.

Keywords: Wastewater sludge; Biosolids; Sludge management, Energy recovery; Land application; Conceptual model.

Extended Abstract

Wastewater treatment and the management of the solids produced are global issues, with growing challenges, that must address the concerns of all stakeholders, including the facility administrators and operators, the regulators, the politicians, the scientific community, the wastewater generators, the taxpayers and the general public.

Conventional centralized sewerage systems require an elaborate infrastructure to transport large amounts of wastewater. While this approach may work well in some circumstances it is impractical in many other locations. In industrialized countries, one approach has been to use mechanical and biological processes (primary and secondary and in some cases tertiary) to remove suspended solids, bio-chemical oxygen demanding substances (BOD) and other pollutants. The wastewater treatment ranges from simple collection system with discharges of untreated but screened effluents directly to receiving bodies of water to sophisticated tertiary level treatment plants. The products of the treatment processes are primarily clean effluent and solids in the form of sludge. The higher the level of the treatment achieved, the higher are the volumes of wastewater solids created.

The end solutions for wastewater sludge and disposal varies greatly where in the world it is created. The sludge ("solids") may be disposed to landfill, used as a source of energy, treated and used on land as a fertilizer and soil conditioner, or may even be used as a raw material to extract valuable contents. When sludge is properly treated, a good quality and used on land, it is now known widely as "biosolids" to distinguish it in public acceptance terms from other sludge. But despite the known benefits of recycling biosolids, it is not a universal practice. This is a paradox, because many societies have, and still do, use human faeces directly as a fertilizer.

In a global context of rising concern over disease, climate change, environmental pollution and resource scarcity, there is a compelling need to embrace the beneficial uses of wastewater solids as biosolids and not consider the by-products as a "waste". The construction of a wastewater treatment system is the easy part, and only the start, when dealing with wastewater. Operating wastewater treatment system, and the management of the solids, created by the treatment process, is where the challenges and the real work begin. As a consequence, planning with regard to biosolids recycling or disposal options must be undertaken long before a wastewater treatment plant is operational.

It is crystal clear that properly treated biosolids have beneficial uses and should be treated as a product rather than a waste. However the acceptance of sustainable beneficial uses of biosolids requires the creation and retention of an atmosphere of trust and confidence with

the general public. This trust is an essential ingredient of the wastewater industry ability to achieve success. Consequently, a successful and sustainable wastewater treatment and biosolids recycling management plan requires a Global Big Picture view and a sustainable approach, which take into consideration the concerns of all stakeholders. A necessary ingredient required to develop and implement such a management plan involves consultation, co-operation and coordination between the operators, the general public, the regulators, the politicians, the scientific community and the wastewater generators.

The amount of sludge is affected, in a limited scale; by the treatment efficiency while the sludge quality is strongly depended on the original pollution load of the treated effluent and also on the technical design features of the wastewater process. The decision to use a specific sludge treatment process by a municipal wastewater treatment plant (WWTP) aiming its reutilization depends upon several factors including the farmers acceptance to apply treated sludge (biosolids) to their land, the agricultural usage of the receiving soil, policies and regulations (regional, state, and local wide), the availability of treatment technologies for a reasonable cost and opinion.

In this work we evaluate the situation concerning sludge treatment and disposal facilities in Sintra municipality. The implemented methodology was based in two vectors:

- The analysis of different type of treatment technologies considering the characteristics of the treatment systems already implemented and the different uses/disposal facilities for the different type of sewage sludge produced
- On the other hand, the possibilities of different uses/disposal for sewage sludge are analyzed, namely the type of soil utilization and the dominant agricultural management practices in order to perceive the real requirements and acceptance of agricultural activities for sewage sludge/biosolids recycling

In order to proceed with the implementation of a wastewater sludge management it is vital to congregate a wide range of information regarding the region in study. The main data sources that should take in account are:

- Region site location (geographical, social and economic characterization),
- Inhabitant equivalents (IE) in the selected region that uses the wastewater net system
- Wastewater treatment plant (number of facilities and number of IE served by each WWTP)
- Identification of the site location, in the region map, of the WWTP and relative position to each other, as well as, its accessibilities,

- Wastewater treatment process lay out (pre-treatment, aerobic, anaerobic, others),
- Sludge treatment process lay out; quality and quantity of the sludge produced, sludge routes of disposal or recycling,
- Available agriculture area, type of soils, main crops, fertilization demand,
- Biosolids valorisation in agriculture, reduction of fertilizer consumption
- Biosolids energy valorisation, reduction of green house effect gas emissions,
- Legal requirements
- Associated revenues
- Governmental financial support for environmental sustainable projects

After the collection and treatment of all the information above mentioned, the necessary elements are gathered in order to select the best available techniques to develop integrated sludge treatment and management scenarios. To achieve this goal follows an overview of the main available techniques that are already implemented throughout the world with satisfactory results in sludge treatment and process.

The final part of the study was the development of a sludge management conceptual model applied to a sub-region of Sintra's Municipality taking in account the different regulations, geographic, economic, political, historical and cultural constrains. With these factors in mind, the adopted solution can be developed based on a centralized or decentralized sludge treatment management

Keywords: Wastewater sludge; Biosolids; Sludge management, Energy recovery; Land application; Conceptual model.

Índice Geral

Índice de Quadros	X
Índice de Figuras	XI
Lista de Abreviaturas e Siglas	XII
1. INTRODUÇÃO	01
1.1. Enquadramento e Oportunidade do Tema	01
1.2. Objectivos	04
1.3. Estrutura	04
1.4. Metodologia	05
1.5. Material e Métodos	06
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE TECNOLOGIAS DEPURATIVAS	08
2.1. Processos Gerais de Tratamento de Efluentes	08
2.2. Tipo de Lamas Produzidas nas ETAR	11
2.3. Estabilização de Lamas	11
2.3.1. A Via Biológica	14
2.3.1.1 A Digestão Anaeróbia	15
2.3.1.2 A Digestão Aeróbia	18
2.3.1.3 A Compostagem	19
2.3.2. A Via Química	20
2.3.3. A Via Física ou Térmica	21
2.3.4. Vias Integradas	22
2.4.5. Matriz de Avaliação dos Processos de Estabilização de Lamas	22
2.4. Legislação sobre Utilização das Lamas de ETAR	25
2.5. Tendências Actuais de Gestão da Biomassa	26
2.5.1. Aterro Sanitário	26
2.5.2. Valorização Energética	27
2.5.3. Valorização Agronómica	28
3. CARACTERIZAÇÃO DO SUBSISTEMA DOS SMAS-SINTRA	30
3.1. A Rede de Águas Residuais	30
3.2. Localização das ETAR do Concelho de Sintra	31
3.3. Caracterização Técnica Individual das ETAR	33
3.3.1. ETAR de Almargem do Bispo	33
3.3.2. ETAR de Almoçageme	34

3.3.3. ETAR da Azóia	35
3.3.4. ETAR da Cavaleira	36
3.3.5. ETAR de Colares (Sistema 1)	37
3.3.6. ETAR de Colares (S2) Ribeira	38
3.3.7. ETAR do Magoito	39
3.3.8. ETAR de Montelavar	40
3.3.9. ETAR do Sabugo	41
3.3.10. ETAR de São João das Lampas	42
3.3.11. ETAR de Vila Verde	43
3.4. Síntese das Principais Características Técnicas das ETAR	43
4. TIPOLOGIA DAS LAMAS DA SUBREGIÃO DE SINTRA	46
4.1. Valores Analíticos das Lamas por ETAR	46
4.2. Produção de Lamas nas ETAR de Sintra	50
4.3. Destino Final das Lamas nas ETAR de Sintra	54
5. CONCEPTUALIZAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO DE LAMAS	58
5.1. Caracterização da Subregião de Sintra	58
5.1.1. Evolução Demográfica	58
5.1.2. Urbanidade do Território Concelhio	59
5.1.3. Unidades de Paisagem e Uso do Solo	59
5.2. Áreas Agrícolas e Similares de Possível Uso de Lamas	61
5.2.1. Zonas Agrícolas	61
5.2.2. Zonas de Espaços Verdes	63
5.2.3. Zonas Florestais	66
5.3. Modelo Conceptual para Gestão das Lamas de Sintra	67
5.3.1. Análise do Escoamento	67
5.3.2. Conceptualização dos Núcleos de Produção de Biomassa	68
5.3.3. Cenários de Gestão de Lamas	68
5.3.3.1. Cenário de Base	69
5.3.3.2. Cenário Alternativo	70
5.3.4. Avaliação Económica das Soluções Propostas	71
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXOS	

Índice de Quadros

Quadro 2.1 - Matriz de Avaliação dos Processos/Tecnologias de Tratamento de Lamas de ETAR.....	24
Quadro 2.2 - Valores limite da concentração de metais pesados nos solos e nas lamas destinadas à agricultura.....	26
Quadro 3.1 - Localização das ETAR do concelho de Sintra, por freguesia.....	32
Quadro 3.2 - Síntese das Características Técnicas das ETAR do Concelho de Sintra.....	44
Quadro 3.3 - População Servida pelas ETAR, por Processo de Tratamento.....	44
Quadro 4.1 - Valores dos Parâmetros das Amostras de Lamas das ETAR da Subregião de Sintra em 2007.....	47
Quadro 4.2 - Valores dos Parâmetros das Amostras de Lamas das ETAR da Subregião de Sintra em 2008.....	48
Quadro 4.3 - Caracterização Microbiológica das Lamas das ETAR do Concelho de Sintra - Ano 2007.....	49
Quadro 4.4 - Caracterização Microbiológica das Lamas das ETAR do Concelho de Sintra - Ano 2008.....	49
Quadro 4.5 - Identificação da exploração, cultura realizada e quantidades incorporadas para valorização agronómica das lamas das ETAR do concelho de Sintra.....	56
Quadro 5.1 - Principais Culturas Temporárias no concelho de Sintra.....	62
Quadro 5.2 - Número e Áreas de Espaços Verdes Urbanos por Freguesia.....	64
Quadro 5.3 - Valor Potencial da Produção de Biogás no Total das ETAR.....	71

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Metodologia da elaboração do trabalho de dissertação.....	5
Figura 2.1 - Diagrama dos Processos de Tratamento de Lamas.....	14
Figura 2.2 - Identificação dos Produtos Obtidos num Processo de Digestão Anaeróbia Mesofílica (Dois Estágios).....	15
Figura 2.3 - Valores de Temperatura para o Processo de Digestão Anaeróbio.....	18
Figura 2.4 - Esquema conceptual da MIT (equilíbrio mineralização / imobilização) dos resíduos orgânicos.....	29
Figura 3.1 - Inserção do concelho de Sintra na AMLN.....	30
Figura 3.2 - Localização dos emissários e das ETAR do concelho de Sintra.....	32
Figura 3.3 - População servida por cada ETAR da subregião de Sintra.....	33
Figura 3.4 - <i>Layout</i> do esquema de tratamento da ETAR de Almoçageme.....	35
Figura 3.5 - <i>Layout</i> da ETAR da Cavaleira.....	37
Figura 3.6 - <i>Layout</i> da ETAR de Colares (S1).....	38
Figura 3.7 - <i>Layout</i> do esquema de tratamento da ETAR do Magoito.....	40
Figura 3.8 - <i>Layout</i> do tratamento efectuado na ETAR do Sabugo.....	42
Figura 4.1 - Quantidade de produção de lamas em 2007, por ETAR.....	50
Figura 4.2 - Variação da produção de lamas, em ton por ETAR, ao longo de 2007.....	51
Figura 4.3 - Quantidade de produção de lamas anual, por ETAR, em 2008.....	52
Figura 4.4 - Percentagem da produção de lamas, por processo de tratamento, em 2008...	52
Figura 4.5 - Gráfico da produção média anual de lamas, em ton, por ETAR.....	53
Figura 4.6 - Quantidade de lamas das ETAR de Sintra valorizadas pela empresa Terra Fértil em 2007.....	55
Figura 4.7 - Percentagem de incorporação de lamas por cultura praticada em 2007.....	55
Figura 4.8 - Destino final das lamas valorizadas na agricultura, por concelho de incorporação em 2007.....	56
Figura 4.9 - Percentagem de incorporação de lamas por cultura praticada em 2008.....	57
Figura 4.10 - Destino final das lamas valorizadas na agricultura, por concelho de incorporação em 2008.....	57
Figura 5.1 - Tendência de evolução da população de Lisboa e Sintra nos últimos anos.....	58
Figura 5.2 - Representação das Classes Principais Uso do Solo na Subregião de Sintra...	60
Figura 5.3 - Carta do Uso do Solo do Concelho de Sintra.....	61
Figura 5.4 - Localização das zonas de espaços verdes urbanos no concelho de Sintra.....	65

Lista de Abreviaturas e Siglas

AML/AMLN - Área Metropolitana de Lisboa/ Área Metropolitana de Lisboa Norte.

CBO - Carência Bioquímica de Oxigénio.

CH₄ - Metano.

CMS - Câmara Municipal de Sintra.

C/N - Razão Carbono Azoto.

CO - Monóxido de Carbono.

CO₂ - Dióxido de Carbono.

CQO - Carência Química de Oxigénio.

DA - Digestão Anaeróbia.

DGGE - Direcção Geral da Gestão da Energia.

EPA - Environmental Protection Agency.

ETAR - Estação de Tratamento de Águas Residuais.

FORSU - Fracção Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos.

HE – Habitante-equivalente.

LMDC - Lamas Mistas Digeridas e Centrifugadas.

LRU - Lamas Residuais Urbanas.

MTD - Melhores Técnicas Disponíveis.

MUNISIG-CMS - Sistema Municipal de Informação Geográfica da CMS.

NO_x - Óxidos de azoto.

PAH - Hidrocarbonetos.

PCB - Bifenilos policlorados.

PEAASAR - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais.

PEDS – Plano Estratégico de Desenvolvimento de Sintra

pH - Potencial Hidrogeniónico

QCA - Quadro Comunitário de Apoio.

RDP - Pasteurização em Reservatório Fechado.

RGA - Recenseamento Geral da Agricultura.

ROB - Resíduos Orgânicos Biodegradáveis.

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos.

SANEST - Sistema de Saneamento da Costa do Estoril.

SAU - Superfície Agrícola Utilizada.

SIG - Sistemas de Informação Geográfica.

SMAS-Sintra - Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Sintra.

UE - União Europeia.

UV - Ultra Violeta.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento e Oportunidade do Tema

O aumento da poluição, com níveis crescentes de dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), e óxidos de azoto (NO_x) e outros, as limitações das reservas de combustíveis fósseis e, até recentemente, alguma ausência de regulamentação no sector da distribuição de energia, com perdas de energia eléctrica, acidentes com radiações electromagnéticas, localização e custos de centrais eléctricas ou, eventualmente, nucleares, são aspectos que, a nível global, estão a preocupar cada vez mais a humanidade e os seus decisores políticos. Um sétimo da energia mundial provém da biomassa¹ e prevê-se que esta venha a ter uma maior importância no contexto energético mundial, quer por via da sua transformação em biocombustíveis líquidos e gasosos, quer por via da sua queima directa (Duarte, 2007).

Obtida a partir de matéria orgânica, a bioenergia é um recurso energético renovável e representa, na actualidade, cerca de 11% do consumo de energia primária mundial, constituindo o único recurso energético com carbono que se pode considerar neutro de CO_2 . A biomassa orgânica, de origem animal ou vegetal, pode ser utilizada como fonte de energia, directamente como combustível, ou através da sua biodegradação da qual resulta um gás combustível, designado por Biogás.

Em Dezembro de 2005, a União Europeia lançou o “Plano de Acção para a Biomassa” que se posiciona como um meio para reduzir a dependência da Europa das importações de petróleo e gás natural. A Directiva dos biocombustíveis 2003/30/CE, veio traçar objectivos para substituição dos derivados do petróleo por este tipo de combustível, sendo o objectivo conseguir, entre Dezembro de 2005 até Dezembro de 2010, fazer com que, da totalidade do consumo de gasolina e gasóleo, 5,75% seja de biocombustíveis. As metas nacionais para a penetração destes combustíveis são atingir esse mesmo número entre 2008 e 2010.

As áreas potenciais principais de produção de biogás são as do sector agro-pecuário, da indústria agro-alimentar, das Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) municipais e dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) (Martinho, 2008).

O sector dos resíduos está altamente regulamentado na União Europeia. As instalações de tratamento de resíduos realizam operações de valorização ou eliminação de resíduos, considerando-se que prestam serviços à sociedade tratando os seus resíduos e, por vezes, esses tratamentos geram produtos (Aguado-Monsonet, 2005).

¹ O termo biomassa cobre uma extensa categoria de materiais, incluindo: madeira, desperdícios vegetais (palha e a casca de arroz), resíduos de origem animal (lamas de ETAR e estrume), resíduos industriais e resíduos sólidos urbanos (Duarte, 2007).

Identificar as questões ambientais mais complexas para o sector do tratamento de resíduos é fundamental para a adequada abordagem à temática, no sentido de conseguir alcançar-se a minimização de riscos funcionais, sobretudo, nas vizinhanças e a jusante da operação pretendida com o tratamento a efectuar.

Estas questões estão relacionadas com as emissões para a atmosfera e para a água, a produção de resíduos e a contaminação dos solos. Contudo, devido à variedade de tratamentos de resíduos e de tipos de resíduos envolvidos, nem todos os tipos de emissões são relevantes para todos os tratamentos de resíduos. Por exemplo, as principais emissões decorrentes do tratamento físico-químico de águas residuais são águas residuais e a regeneração de carvão activado está principalmente relacionada com as emissões para a atmosfera (Aguado-Monsonet, 2005).

Durante o tratamento de efluentes domésticos nas Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) são produzidas lamas de depuração, que resultam da matéria orgânica extraída ao efluente e do crescimento de microorganismos (material biológico não estabilizado). O destino a dar a estas lamas é um problema real e é uma questão desde há muito discutida. Existem três destinos principais para as lamas na União Europeia: reciclagem (50%), incineração (18%), depósito em aterro (25%) (EEA, 2001). Ainda, segundo a mesma fonte, em Portugal, aproximadamente 70% das lamas produzidas são encaminhadas para aterro enquanto apenas 30% são aplicadas na agricultura (reutilização) o que é uma percentagem muito baixa quando comparado com países como a Dinamarca ($\approx 60\%$) e o Luxemburgo ($\approx 70\%$).

Qualquer uma das soluções adoptadas actualmente em Portugal começa a apresentar alguns impedimentos, pois a legislação tem-se tornado cada vez mais restritiva. Por um lado, devem-se minimizar cada vez mais e sempre que possível a quantidade de resíduos a depositar em aterro e, por outro lado, quando se aplicam as lamas no solo é necessário garantir a protecção da saúde pública através do controlo dos organismos patogénicos (MetCalf & Eddy, 1991) e da quantidade das substâncias orgânicas adicionada aos solos agrícolas. Tendo em conta o panorama europeu e as restrições referidas anteriormente, torna-se imperativo adoptar uma melhor forma de gestão das lamas, promovendo a sua valorização através de um processo de reciclagem e, simultaneamente, evitar os riscos para a saúde pública. Existem muitas formas de destruir ou reduzir os patogénicos nas lamas: pasteurização; incineração; pirólise; tratamento de alto pH, adição de cloro, radiação, etc. (MetCalf & Eddy, 1991) citado por Castanheira *et al.*, s/data.

A gestão ambiental é uma estratégia de tratamento ou prevenção dos resíduos provenientes das actividades industriais ou outras similares, que tem em conta as condições locais e que, por isso, permite melhorar o desempenho integrado de uma instalação operacional.

A gestão de lamas de ETAR deve ser baseada numa análise rigorosa e desagregada das suas principais características de produção, do tipo dos solos, das actividades culturais efectuadas, da possibilidade de integração de outro tipo de resíduos orgânicos e da susceptibilidade ambiental da região; A solução a encontrar deve considerar elevado nível de flexibilidade de forma a se adaptar a novas exigências legais e à evolução das quantidades de *bioresíduos* gerados; em cada região poderá haver um modelo de gestão de lamas assente em soluções tecnológicas diferentes de forma a responder adequadamente às necessidades locais; (...) Os cenários de gestão devem permitir obter maior segurança relativamente à aplicação de lamas, à produção energética essencial à sustentabilidade da nossa sociedade e à valorização orgânica com melhoria significativa dos solos; Do ponto de vista económico, devem constituir investimentos sustentáveis sem necessidade de apoio permanente de recursos públicos (Duarte *et al.*, 2005).

Portugal terá de recorrer a um “mix” de tecnologias para resolver este problema. O PEAASAR II (Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais, para o período 2007-2013) apresentado a 21 de Fevereiro de 2007 define que sejam privilegiadas as soluções que reduzam a produção de lamas. A reutilização, a valorização energética com produção de biogás e a deposição em aterro são outras soluções recomendadas (Reciclamas, 2007).

Os resultados comprovam que é possível alcançar nas cidades as metas estabelecidas no protocolo de Quioto e, na UE, através da redução em 5% das emissões de CO₂ pela implementação de medidas, como por exemplo a substituição das energias fósseis pelo biogás produzido pela digestão anaeróbia de lamas de ETAR e pelo uso de veículos mais eficientes e que usem em alternativa energias renováveis. Estes resultados ajudarão a implementação das novas políticas Europeias na área da energia, transportes e ambiente (Duarte, 2007).

O delineamento de um modelo conceptual de gestão agronómica/energética de lamas de ETAR carece do conhecimento adequado do funcionamento e características das produções obtidas e/ou expectáveis para um determinado sistema ou subsistema, associado a níveis populacionais equivalentes que os geram, dentro de uma região ou sub-região.

Surge, assim, a necessidade da análise dos processos de tratamento e emissão em curso numa rede de drenagem de águas residuais, como a do concelho de Sintra, com a dimensão geográfica de cerca de 320 km² e densidade populacional de 1 300 hab./km², maior da AML e segundo a nível nacional, cujas atribuições, nesta área, estão cometidas aos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Sintra (SMAS-Sintra). Daí a importância da articulação com estes Serviços na definição dos objectivos a atingir e obtenção da informação imprescindível para o delinear de um modelo conceptual de gestão.

Nesta sequência, o trabalho que se apresenta aborda uma série de fases desenvolvidas ao longo da dissertação que visaram a recolha de todos os dados operacionais e de estratégia que nos permitem propôr um modelo que técnica, económica e ambientalmente tenha uma viabilidade sustentável.

1.2. Objectivos

O atingir dos objectivos propostos para o presente trabalho resulta de uma conveniente interpretação da pesquisa e recolha de informação técnica que, consolidando as competências e os conhecimentos já adquiridos, permita, sobre os dados do funcionamento das ETAR dos SMAS-Sintra, com os respectivos valores quantitativos e qualitativos das lamas associadas, identificar um molde adequado para a proposta de delineamento do modelo conceptual de gestão dessas lamas, de forma a obter-se uma crescente valorização agronómica e energética dos resíduos em questão.

Foram considerados como principais objectivos os seguintes:

- ▶ Avaliar a situação no que concerne ao tratamento de lamas e às capacidades disponíveis no Município de Sintra
- ▶ Diagnosticar as tecnologias de tratamento já implantadas sendo dado especial ênfase ao *layout* das lamas residuais produzidas nas ETAR
- ▶ Identificar a coesão das diferentes utilizações do solo e práticas agrícolas da subregião para o uso e destino final das lamas de reciclagem de biossólidos
- ▶ Validar os dados obtidos aos cenários reais, com vista à criação de um modelo conceptual de gestão dos ROB de Sintra e inferir sobre as MTD que optem pela sustentabilidade
- ▶ Aceitação pública das soluções propostas a nível local e regional.

1.3. Estrutura

Face aos aspectos expostos nos pontos anteriores, os alicerces da estrutura a construir ao longo deste documento encontravam-se, no essencial, praticamente, definidos.

Com a obtenção dos dados de funcionamento das ETAR dos SMAS-Sintra, designadamente, através dos valores dos vários parâmetros mais representativos da eficiência operacional da produção de lamas associadas, caracterizaram-se as condições médias finais da subregião de Sintra, as tecnologias disponíveis mais adequadas a implementar, a procura e oferta deste tipo de produtos de depuração na região de inserção do concelho de Sintra face à qualidade obtida.

Procurou-se, ainda, avaliar acerca da valorização alcançável numa perspectiva de remoção/reciclagem de resíduos biodegradáveis versus diminuição dos índices dos gases de efeito de estufa no ecossistema, de forma a abordarmos, na fase final, a estratégia a seguir na concepção do modelo a propôr.

1.4. Metodologia

A descrição da metodologia utilizada para a elaboração deste trabalho apresenta-se esquematicamente na Figura 1.1 onde se encontram representadas as diferentes etapas desenvolvidas.

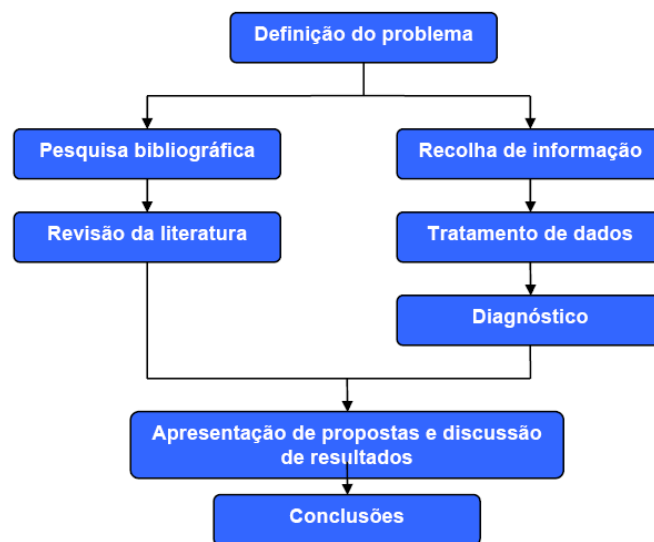


Figura 1.1 - Metodologia da elaboração do trabalho de dissertação.

A informação obtida, entre 2008 e 2009, junto da entidade gestora das ETAR públicas do concelho de Sintra (SMAS-Sintra) e visitas técnicas aos locais permitiu a caracterização geral das águas residuais urbanas afluentes, bem como o avaliar das lamas geradas associadas.

Durante a primeira parte do trabalho procedeu-se ao levantamento de informação sobre as ETAR de gestão dos SMAS-Sintra e, simultaneamente, apresenta-se uma actualização dos conceitos e técnicas mais referenciadas, evidenciadas no capítulo 2, sobre os sistemas de tratamento de águas residuais, sobretudo no que concerne aos sistemas em uso nessas unidades operacionais de depuração das águas residuais, do concelho de Sintra, descritas ao longo do capítulo 3 deste documento.

Após a recolha da informação estar finalizada, iniciou-se a fase de tratamento de dados das ETAR de Sintra, cujo objectivo consistia em realizar um diagnóstico das etapas de

tratamento, incluindo os valores das condições de operação ou características técnicas e *layout* das fases líquida e sólida, existentes nas unidades, os parâmetros de funcionamento obtidos, como, por exemplo, o volume de lamas produzidas ao longo dos anos de 2007 e 2008, as concentrações físico-químicas registadas nas amostras de lamas das diversas estações, avaliando-se a influência desses valores na qualidade final do sub-produto “Lama” que determina os padrões de destino final a aplicar na subregião de Sintra ou seu eventual encaminhamento exterior, descrito no capítulo 4 sobre essa tipologia de lamas.

No capítulo 5 faz-se o delineamento de um modelo conceptual de gestão de lamas, padronizando as características da subregião em termos demográficos e urbanos/rurais do território concelhio, com o uso do solo, perspectivando o potencial interesse para o destino final das lamas geradas nas diferentes unidades operacionais dos SMAS-Sintra.

Por fim, no capítulo 6, com base no conjunto de resultados extraídos sobre as lamas geradas nas ETAR, apresentam-se algumas hipóteses tipo para a subregião de Sintra, em termos da gestão destes sub-produtos, e retiraram-se as principais conclusões sobre as tecnologias mais adequadas a adoptar, evidenciando-se as suas vantagens e desvantagens.

1.5. Materiais e Métodos

A gestão das ETAR alvo desta análise está atribuída aos SMAS-Sintra e os valores analisados foram os referentes aos registos dos volumes da produção e às avaliações físico-químicas e microbiológicas, efectuadas às lamas, nas diferentes ETAR, ao longo dos anos de 2007 e 2008, através da recolha de dados e de informação técnica junto do Departamento de Exploração e Conservação / Divisão de Tratamento e Ambiente destes Serviços, após prévia autorização pelo Senhor Presidente do Conselho de Administração dos SMAS-Sintra para a sua utilização na realização deste trabalho.

O método utilizado na avaliação do dimensionamento de uma ETAR foi o parâmetro do Número de Habitantes-equivalente, pois permite estimar a população servida e prever o prazo de validade dessa unidade de tratamento, com base na depuração efectuada aos afluentes, determinando-se, desta forma, também, a quantidade de lamas expectáveis.

Por sua vez, a análise das frequências aos valores obtidos sobre os diferentes parâmetros das recolhas de amostras de lamas, avaliados pelos SMAS-Sintra em métodos físico-químicos ou microbiológicos, permitem controlar o cumprimento do enquadramento legislativo e o nível da qualidade da lama produzida, por ETAR, e, validar das condições em que se pode proceder à sua incorporação num solo susceptível a essa recepção, a fim de se obter uma adequada valorização agronómica, que reequilibre níveis estruturais de

agregação e aumente os nutrientes disponíveis para o bom desenvolvimento vegetativo da cultura a praticar. Logo, o controlo exigível numa série de elementos que se poderão tornar tóxicos, a partir de certas concentrações, e, sobretudo, a determinação dos valores da concentração em metais pesados.

Como método de trabalho houve, ainda, uma breve análise às vertentes da procura e oferta do tipo de lamas produzidas pelos subsistemas de Sintra, às produções de resíduos orgânicos biodegradáveis na subregião, de modo a determinar a eventual incorporação em processos/tecnologias que permitam a sua valorização, seguindo-se como metodologia de trabalho a adoptada por Duarte *et al.* (2005), entre outros autores, na caracterização do tipo de região, e, por último, à verificação das Melhores Técnicas Disponíveis (MTD) para lamas de ETAR associadas a tendências evolutivas da gestão de bio-sólidos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE TECNOLOGIAS DEPURATIVAS

2.1. Processos Gerais de Tratamento de Efluentes

Nos sistemas de tratamento de águas residuais, importa, sobretudo, remover, de acordo com o grau de exigência requerido ou os fins de reutilização das mesmas, os níveis de contaminantes presentes, quer por processos físicos, químicos e/ou biológicos, recorrendo-se a *operações unitárias*, como sejam as gradagens, floculações, filtrações, secagem de lamas, entre outras, ou a *processos unitários*, como são os casos da precipitação e oxidação biológica.

Deste modo, conforme as características próprias das águas residuais a depurar, quer sejam domésticas ou industriais, existem diversos níveis de tratamento a considerar. Assim temos:

- Tratamentos Preliminares – destinam-se à preparação das águas residuais para uma disposição ou tratamento subsequente e, normalmente, constituem o conjunto de operações unitárias destinadas à remoção de sólidos flutuantes, ou em suspensão, de maiores dimensões e ao material granular inerte sedimentável, como por exemplo a Equalização/Homogeneização.
- Tratamentos Primários – destinam-se a retirar, por decantação ou precipitação, os sólidos finos de pequena dimensão, tais como partículas granulares e floculantes, que serão removidas em decantadores primários.
- Tratamentos Secundários – em adição aos tratamentos precedentes, deverá incluir-se um processo biológico adequado, sobretudo, quando se está na presença de águas residuais domésticas e numa decantação final ou secundária.
- Tratamentos Terciários – destinam-se a completar os processos anteriores sempre que as condições locais exigirem um grau mais elevado de depuração ou a remoção de nutrientes.
- Desinfecção Final – quando necessária, destina-se a destruir os microrganismos patogénicos e outros, cuja presença seja prejudicial em utilizações futuras (Inácio, 1995).

Em geral nas ETAR, os tratamentos preliminares efectuam-se por operações unitárias que ocorrem logo ao início do efluente aceder à ETAR, e que constituem a designada *Obra de Entrada* de uma ETAR, enquanto que os tratamentos primários ocorrem nos *Decantadores* ou *Flotadores*, cuja operação de decantação consiste na separação entre as lamas sedimentadas e a fase líquida sobrenadante.

O tratamento secundário tem à sua disposição várias tecnologias que funcionam sobre princípios semelhantes, destacando-se os sistemas aeróbios intensivos, quer por biomassa (microrganismos) suspensa (lamas activadas), quer por biomassa fixa (leitos percoladores e biodiscos ou discos biológicos), e os sistemas aquáticos por biomassa suspensa – lagunagem (Azevedo, 2003).

Segundo a mesma autora, no sistema de *leitos percoladores*, após o tratamento preliminar, o efluente passa pelo decantador primário até chegar ao leito percolador de enchimento variável. Aqui o efluente entra num distribuidor rotativo e vai criar no leito um filme biológico constituído por um aglomerado de bactérias que fazem a decomposição da matéria orgânica. Quando o efluente é escoado pode ser feita a recirculação em torno do leito percolador ou a descarga no meio receptor. No entanto, a recirculação deve ser feita de preferência a partir do efluente tratado do decantador secundário, pois neste caso a matéria orgânica encontra-se diluída e, por conseguinte, não ocorre o risco de o leito percolador sofrer colmatção dos espaços vazios de enchimento.

No sistema de *lamas activadas* é semelhante. O efluente do tratamento preliminar é encaminhado para o decantador primário, seguindo para o tanque de arejamento, geralmente com recirculação permanente. O efluente é então conduzido para o decantador secundário e, a partir daí, parte do efluente é descarregado numa linha de água e outra parte constitui a recirculação ao tanque de arejamento. A eficiência do tratamento é otimizada no caso da recirculação de lamas para o tanque de arejamento ser efectuada do fundo do decantador secundário, pois a matéria orgânica encontra-se concentrada e, assim, aumenta a concentração de biomassa no tanque de arejamento, possibilitando aos microrganismos uma nova oportunidade para degradarem o substrato (matéria orgânica). O processo de introdução de ar para misturar a lama a tratar com a água residual e fornecer o oxigénio suficiente para os microrganismos degradarem os compostos orgânicos é conhecido como arejamento. A adição de oxigénio é também importante como meio de remoção de alguns poluentes como ferro, manganês e dióxido de carbono, assim como na oxidação química, eliminando compostos orgânicos que resistem aos processos biológicos. Serve também como meio de repor os níveis de oxigénio na água residual antes de rejeitá-la para o meio receptor.

Os *biodiscos* ou *discos biológicos* são a evolução natural dos leitos percoladores. Trata-se de um sistema que recorre também a processos biológicos aeróbios de degradação da matéria orgânica, em filme fixo, à semelhança dos leitos percoladores. O filme está preso ao disco mas como é preciso uma grande área de contacto, juntam-se vários discos paralelos de reduzida espessura, com rugosidade, para permitir uma maior aderência dos microrganismos. Os discos mergulham parcialmente num canaleta com água residual,

enquanto giram, o que garante que os microrganismos estão alternadamente em contacto com o ar e com matéria orgânica.

A *lagunagem* é, de todos os processos, o que mais se aproxima da simulação das condições naturais. A água residual atravessa uma série de lagoas (anaeróbias, facultativas, maturação – remoção de organismos patogénicos), onde os processos são idênticos aos que se dão nos meios aeróbios e anaeróbios. As lagoas arejadas são uma técnica intermédia que conjuga características da lagunagem e das lamas activadas. No entanto, a técnica de lagunagem não é muito utilizada, o que talvez se explique pelo facto de necessitar de grandes áreas e de estar muito dependente das condições naturais, “fugindo” ao controlo humano, além da emissão de odores. Como vantagens há a referir a simplicidade e economia da construção e manutenção da unidade (Azevedo, 2003).

Porém, refira-se que nos tratamentos secundários e terciários, pretende-se assegurar uma *depuração biológica* adequada que absorva ou precipite fosfatos dissolvidos, bem como elimine materiais residuais coloridos em suspensão, utilizando-se nos circuitos, também, tecnologia separativa por *membrana filtrante*.

O processo de separação por membrana filtrante requer força motriz que forneça ao líquido a necessária pressão para atravessar uma membrana semi-impermeável que retenha selectivamente os contaminantes que se pretendem separar. Consoante a dimensão das partículas retidas, o processo de separação por membrana filtrante designa-se por microfiltração, ultrafiltração, monofiltração ou osmose inversa. A água à saída, se for reutilizada, poderá, ainda, requerer desinfecção, por exemplo, com cloro ou radiação Ultra Violeta (UV).

O tratamento terciário torna-se indispensável no caso do meio receptor, onde é efectuada a descarga de água residual tratada, ser um meio sensível, isto é, sujeito a eutrofização (enriquecimento excessivo de algas devido à introdução de nutrientes - azoto e fósforo - provenientes da água residual), necessitando então que seja efectuada a remoção de nutrientes da água residual.

Com o tratamento terciário da água residual é possível reutilizar o efluente tratado, cuja qualidade depende do tipo de reutilização pretendida: usos urbanos, utilizações recreativas, usos industriais, construção, rega ou irrigação ou, mais exigente mas também possível, para consumo humano (Azevedo, 2003).

Todos os sistemas de tratamento devem apresentar resposta, no sentido da redução do volume das descargas e da reutilização dos produtos finais resultantes da solução proposta, como são o caso das lamas de ETAR.

2.2. Tipo de Lamas Produzidas nas ETAR

As lamas produzidas nas ETAR são resíduos de natureza orgânica que resultam do tratamento de águas residuais, domésticas, industriais ou da actividade agro-pecuária, em estações de tratamento próprias.

As lamas caracterizam-se por apresentarem um elevado teor de humidade, de matéria orgânica e nutrientes (azoto, fósforo e potássio) e potencialmente metais pesados (micropoluentes inorgânicos), com uma concentração importante de microrganismos patogénicos. Face a estas características, as lamas têm que ser convenientemente tratadas antes de serem enviadas para destino final (Azevedo, 2004).

As lamas primárias resultam da sedimentação primária a que as águas residuais são sujeitas de forma a retirar os sólidos mais facilmente sedimentáveis – operação muito usada pela maioria das estações de tratamento de águas residuais (Santos, 2001; Saramaga, 2003; Rijo, 2006).

As lamas primárias caracterizam-se por conterem um elevado teor em matéria orgânica, biodegradável na sua maior parte, razões C/N em geral elevadas contribuindo para a imobilização do azoto mineral quando aplicadas ao solo (Pinto, 1995; Santos, 2001).

As lamas primárias, normalmente recebem um tratamento secundário que pode ser por digestão aeróbia ou por digestão anaeróbia. As lamas primárias são facilmente espessadas e desidratadas quando comparadas com as lamas secundárias.

As lamas secundárias constituem as lamas em excesso dos decantadores secundários e, pelo facto de possuírem menor teor em matéria orgânica, são desfavoráveis à digestão anaeróbia. Estas lamas apresentam razão C/N mais baixa em relação às lamas primárias e o elemento azoto encontra-se quase na sua totalidade na forma orgânica (Santos, 2001).

Ainda, segundo Azevedo (2004), em muitos casos, as lamas são obtidas na forma de lama mista (lamas primárias misturadas com lamas secundárias) no decantador primário. Noutras situações, as lamas são separadas em decantadores distintos e só posteriormente processadas em comum. As lamas geradas no tratamento terciário são geralmente em pequena quantidade, exceptuando quando está envolvida a precipitação química para remoção de fósforo.

2.3. Estabilização de Lamas

O elevado grau de humidade das lamas produzidas por depuração origina dificuldades de transporte e aplicação no solo, e a reduzida estabilidade poderá afectar a produção da cultura que se segue à sua aplicação no solo, devido à libertação de fitotoxinas,

provenientes da decomposição da matéria orgânica no solo e do inerente consumo de oxigénio, bem como uma eventual transmissão de microrganismos patogénicos e emissão de maus cheiros.

Além da elevada percentagem em humidade, as lamas possuem: (1) elementos nutritivos: Azoto, Fósforo, e Potássio; (2) compostos orgânicos, sendo possível citar mais de 20 mil diferentes compostos orgânicos poluentes, entre os quais os bifenílos policlorados (PCB), hidrocarbonetos (PAH), pesticidas organoclorados, que constituem os poluentes orgânicos; (3) microrganismos patogénicos, com grande risco de contaminação para o ambiente; (4) materiais potencialmente tóxicos, tais como metais pesados (Brito, 1986).

As lamas são geralmente enviadas para espessamento de modo a ficarem espessas, tal como o nome indica, seguindo para desidratação, onde se reduz o volume de água presente nas lamas. A montante da desidratação as lamas podem ser estabilizadas, consoante o seu destino final (Azevedo, 2004).

O espessamento é um processo utilizado para aumentar o teor de sólidos das lamas, através da remoção de uma porção da fracção líquida que caracteriza o seu grau de humidade, sendo o material resultante fluído. A finalidade principal do processo é a redução do volume a processar, e conseqüentemente os custos de implantação e operação das unidades de digestão, desidratação e secagem, isto é, o espessamento permite reduzir a capacidade dos tanques e equipamentos, a adição de químicos necessária para o condicionamento das lamas, a energia para o aquecimento dos digestores e a quantidade de combustível requerido para a secagem ou incineração, com os conseqüentes benefícios ao nível económico (Pinto, 1995).

O tratamento prévio das lamas é feito com o objectivo de aumentar a eficácia da posterior desidratação. Este tratamento pode ser feito por vários processos, tais como: por floculação química, com adição de electrólitos minerais ou de polímeros orgânicos; por tratamento térmico; por congelação; por electro-osmose ou com adição de materiais inertes desagregados.

O condicionamento por sais minerais conduz a um aumento da massa de sólidos na lama (hidróxidos e carbonatos) a partir dos reagentes químicos que lhe são adicionados, verificando-se aglomeração dos colóides por coagulação (Brito, 1986).

Os polielectrólitos utilizados para flocular as lamas urbanas são geralmente produtos catiónicos, pois são os únicos que apresentam actividade para as partículas de matéria orgânica. O seu efeito catiónico deve ser mais elevado quanto mais rica a fase sólida das lamas em matéria orgânica.

O condicionamento térmico é feito em autoclaves, consistindo na agitação da suspensão de lamas aplicando temperaturas da ordem dos 200 °C às lamas sob pressão fixa, durante

períodos de tempo que podem variar entre 30 e 90 minutos (de acordo com a sua composição), conseguindo assim, com este tratamento a destruição da estrutura coloidal das lamas e a solubilização de alguns materiais em suspensão. Este processo é eficaz para todo tipo de lamas orgânicas, permitindo um espessamento complementar rápido e uma desidratação fácil e garantindo-se também a esterilização das lamas (Brito, 1986).

A congelação é uma solução pouco aplicada, uma vez que está associado a elevados custos.

Quanto à adição de materiais inertes desagregados de pequenas dimensões, essa operação permite aumentar a coesão da lama, facilitando a sua desidratação e aumentar o grau de secura das mesmas. Contudo, este método tem como inconveniente o aumento do teor em sólidos, o que implica o aumento do volume das lamas.

A estabilização destina-se a eliminar microrganismos patogénicos, maus cheiros e agentes de putrefacção (Pinto, 1995; Santos, 2001).

A estabilização de lamas pode ser realizada por via química ou por via biológica. No primeiro caso há adição, em geral, de cal numa razão de 1/3 cal por kg de matéria seca, no segundo a estabilização é realizada utilizando processos microbiológicos, por digestão aeróbia ou anaeróbia, sendo que, em condições aeróbias, existe um menor custo de operação mas maior de funcionamento do sistema de arejamento.

Existem, também, as operações de estabilização pelo calor ou via térmica.

Os processos mais comuns recorrem à utilização de cal e à digestão anaeróbia.

A figura 2.1 representa o esquema do diagrama de abordagem aos processos de tratamento de lamas de forma a permitir obter um material estabilizado, melhorado do ponto de vista da diminuição dos riscos de existência de organismos patogénicos, do teor de humidade e do volume produzido.

Os processos de tratamento de lamas podem-se classificar em biológicos, químicos, térmicos e integrados, estes últimos constituídos por combinações dos anteriores (WEF 1998; Schieder, 1999; Andreoli, 2001), citados por Duarte *et al.*, 2005. Os processos integrados são constituídos por um pré-tratamento + processo base + pós-tratamento ou por um pré-tratamento + processo base ou, ainda, por um processo base + pós-tratamento. Nos processos integrados, o pré-tratamento visa a optimização do processo base e os pós-tratamentos visam, essencialmente, a higienização do bio-sólido estabilizado (Hall, 1995; Oorschot, 2000; Ødegaard, 2002; Mata-Alvarez, 2003), citados, também, pelos mesmos autores.

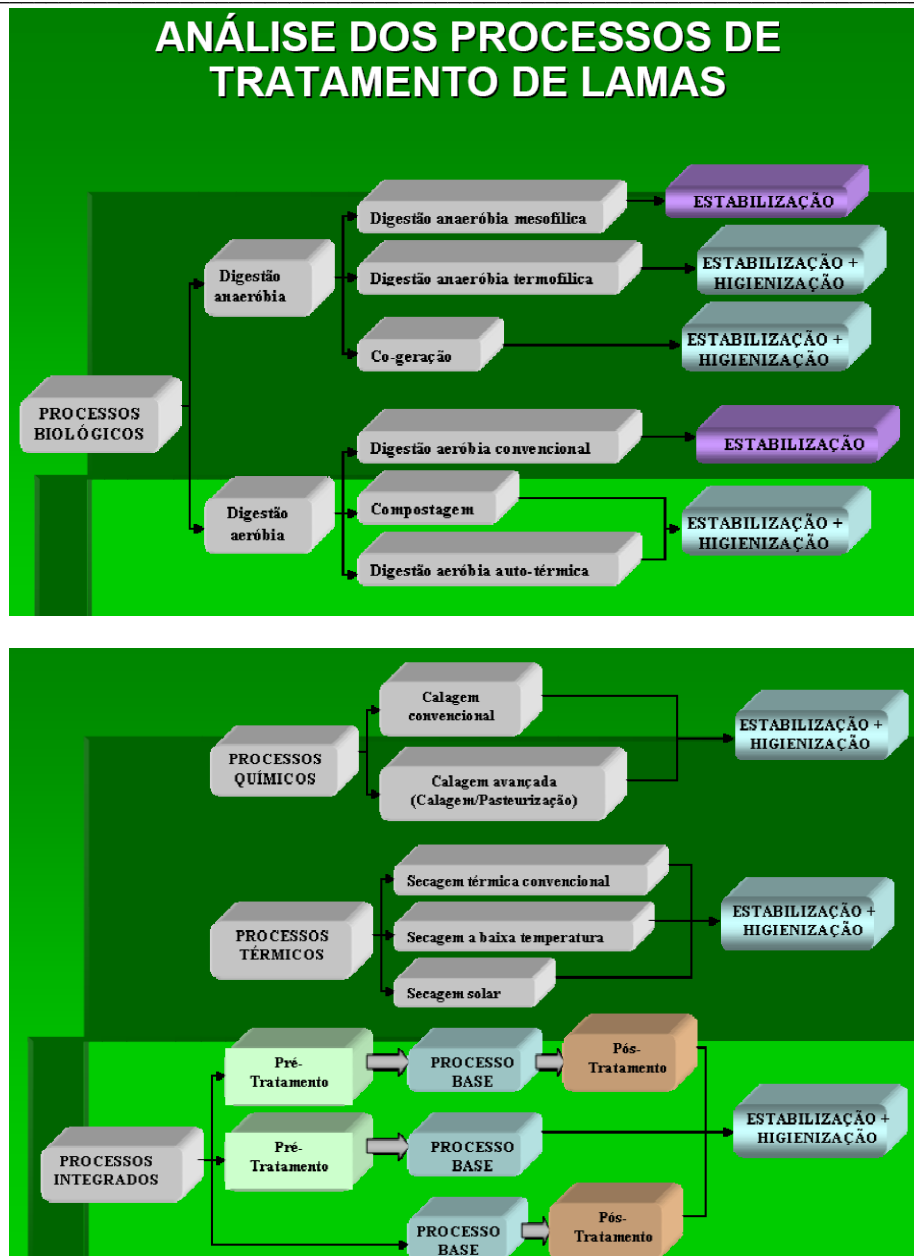


Figura 2.1 – Diagrama dos Processos de Tratamento de Lamas (Fonte: Duarte *et al.*, 2005)

2.3.1. A Via Biológica

A estabilização por via biológica, consiste no uso de microrganismos no processo, o qual pode ocorrer na ausência e ou na presença de oxigénio. Destes processos destacam-se a digestão anaeróbia, que ocorre na ausência de oxigénio, a digestão aeróbia e a compostagem, ambas na presença de oxigénio.

Durante a estabilização biológica, uma parte do material orgânico é decomposta e solubilizada, ficando o azoto dissolvido no líquido intersticial, na forma de sais amoníacais no caso de lamas digeridas anaerobicamente e, parcialmente, na forma nítrica, no caso da

digestão aeróbia. A digestão anaeróbia torna as lamas mais dificilmente mineralizáveis, devido à matéria orgânica mais facilmente hidrolizável ser utilizada durante o processo, ficando os compostos orgânicos remanescentes biologicamente muito mais estáveis (Brito, 1986).

Devido à baixa taxa de crescimento celular e à conversão da matéria orgânica em metano e dióxido de carbono, a matéria sólida resultante desse processo é razoavelmente bem estabilizada (Pinto, 1995).

A temperatura é um factor que influencia consideravelmente os processos biológicos, modificando a taxa de crescimento dos organismos envolvidos, que pode ser descrita através da equação de Arrhenius: $k_T = K_{20}\theta^{T-20}$, onde k é a constante de reacção a uma determinada temperatura (d^{-1}), k_{20} é a constante de reacção à temperatura de 20 °C (d^{-1}) e θ é o coeficiente de temperatura (Gray, 2004) citado por Doutor, 2008.

2.3.1.1 A Digestão Anaeróbia

A Digestão Anaeróbia (DA) é um processo que decompõe a matéria orgânica na ausência de oxigénio.

Os produtos resultantes são o biogás (uma mistura aproximada de 65% de metano e 35% de dióxido de carbono) e, uma pequena quantidade de biomassa bacteriana - lama digerida (cerca de 0,05 g de sólidos suspensos voláteis por g de CQO removido) e um efluente digerido (Duarte, 2007). Ver esquema da Figura 2.2, onde se representa um processo de digestão anaeróbia mesofílica.

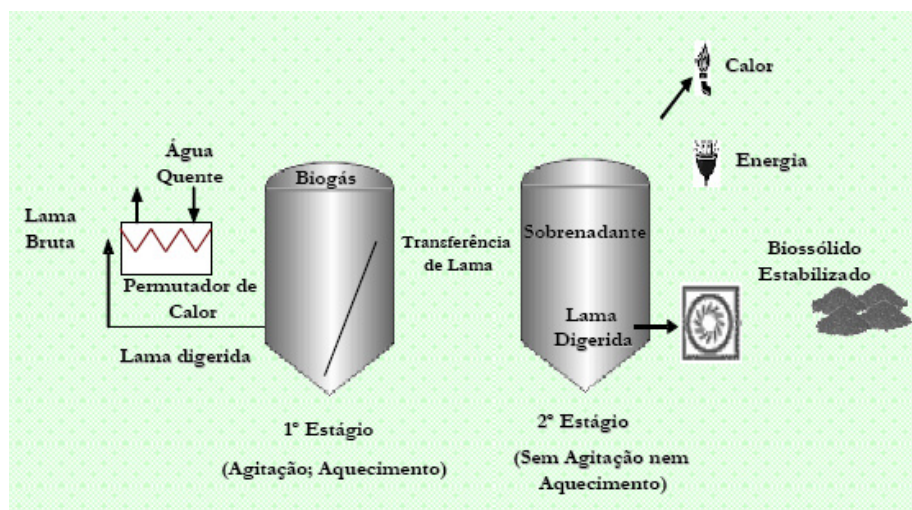
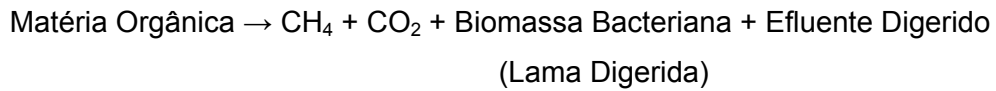


Figura 2.2 - Identificação dos Produtos Obtidos num Processo de Digestão Anaeróbia Mesofílica (Dois Estágios), (Fonte: Duarte, 2007).

Segundo a mesma autora, o esquema da reacção que ocorre durante o processo de DA é o seguinte:



A composição do biogás depende da composição do substrato. Por exemplo, as gorduras dão origem a níveis elevados de produção de metano e, por outro lado, os ácidos oxálico e fórmico produzem níveis baixos de produção de metano.

A DA tem vindo a tornar-se um processo biológico cada vez mais atractivo, no tratamento de efluentes de elevada carga orgânica como as lamas residuais. A matéria orgânica destes efluentes pode sofrer uma série de transformações que dão origem a um gás rico em metano (biogás) passível de ser usado para a produção de energia e um resíduo (5% da biomassa inicial) com um baixo teor em matéria orgânica.

A digestão anaeróbia das lamas consiste num processo bioquímico de várias etapas que pode ser aplicado para a estabilização de diversos tipos de materiais orgânicos. O processo ocorre em três estágios sequenciais:

- 1º Estágio/fase *hidrolítica* – ocorre a hidrólise dos complexos orgânicos sólidos, celulose, proteínas e lípidos que pela acção de enzimas extracelulares são degradados a formas solúveis, ácidos gordos orgânicos, álcoois, dióxido de carbono e amónia;
- 2º Estágio/fase *acidogénea* – as bactérias acidogéneas transformam os compostos anteriormente referidos em ácido acético, ácido propiónico, hidrogénio, anidrido carbónico, sulfureto de hidrogénio e em compostos orgânicos de baixo peso molecular;
- 3º Estágio/fase *metanogénea* – por acção das bactérias metanogéneas ocorre a conversão dos compostos obtidos na fase acidogénea em dióxido de carbono e metano. O biogás produzido, devido ao metano, permite a valorização energética das lamas (Azevedo, 2004).

Tradicionalmente, a DA era usada para o tratamento de efluentes líquidos com ou sem sólidos suspensos, tais como chorumes, água residuais domésticas e industriais, lamas provenientes de tratamento biológicos ou físico-químicos, etc. Contudo, há uma grande quantidade de resíduos sólidos tais como resíduos agrícolas e municipais (RSU) que têm comparativamente atraído menos atenção por parte dos especialistas do processo de DA, no entanto, recentemente, os investigadores têm incidido bastantes estudos que abrangem estes resíduos. Devido ao seu elevado teor de matéria orgânica, estes resíduos oferecem um grande potencial na produção de biogás.

Vários investigadores examinaram a fiabilidade técnica do processo de DA de RSU misturados com outros resíduos como por exemplo, chorumes e lamas de ETAR. Na Europa, o estudo do processo de DA iniciou-se na década de oitenta, e foi dedicado essencialmente, à fracção orgânica dos RSU (FORSU).

A digestão anaeróbia de resíduos complexos pode ser empregue para otimizar a remoção da matéria orgânica [essa degradação pode ser medida, por exemplo, pelo parâmetro carência química de oxigénio (CQO)] e/ou pela produção metano. O nível necessário para a redução da matéria orgânica é função do uso que se quer dar ao resíduo digerido. Isto quer dizer, que os requisitos do processo dependem do destino final do efluente e das lamas digeridas geradas. A produção de metano deve ser encarada como uma fonte alternativa de energia que conduz à redução do consumo de energia na própria unidade de tratamento dos resíduos. Para a concepção dos digestores é necessário avaliar a experiência acumulada resultante dos dados operacionais provenientes dos reactores implementados à escala real e dos estudos realizados à escala piloto e laboratorial. Quando estamos perante resíduos que não temos informação devemos realizar estudos antes de se projectar qualquer digestor à escala industrial (Duarte, 2007).

Na estabilização por via anaeróbia, geralmente levada a efeito nas estações de média e grande dimensão, a decomposição da fracção facilmente biodegradável da matéria orgânica contida nas lamas realiza-se, na ausência de oxigénio, em digestores, onde são asseguradas as condições para a actuação de microrganismos anaeróbios, mantendo-se as lamas a temperaturas da ordem dos 35 °C durante duas semanas; consegue-se, neste caso, uma valorização energética, uma vez que se produz metano. A fracção de matéria orgânica destruída por este tratamento é da ordem de 45%.

A DA é a técnica bem avaliada para o tratamento de vários substratos orgânicos, incluindo a fracção orgânica das águas residuais. A DA termofílica (50 a 57 °C) é eficiente na remoção e ou redução do número de microrganismos patogénicos, para além de permitir a degradação acelerada dos compostos orgânicos voláteis (Turovskiy & Mathai, 2006).

Ainda, de acordo com Duarte (2007), a influência da temperatura nos processos de DA é extremamente importante, quer do ponto de vista cinético quer do ponto de vista termodinâmico. Em particular, a metanogénese é fortemente influenciada por este parâmetro, as taxas de degradação e de coeficientes de crescimento são dependentes da temperatura. A figura 2.3 apresenta um esquema onde se ilustra a influência da temperatura no processo de DA. Como se pode observar, duas gamas óptimas, com máxima actividade, são identificadas: mesofílica (à volta de 35 °C) e termofílica (à volta de 55 °C). A maior parte dos digestores operam nestas gamas de temperatura.

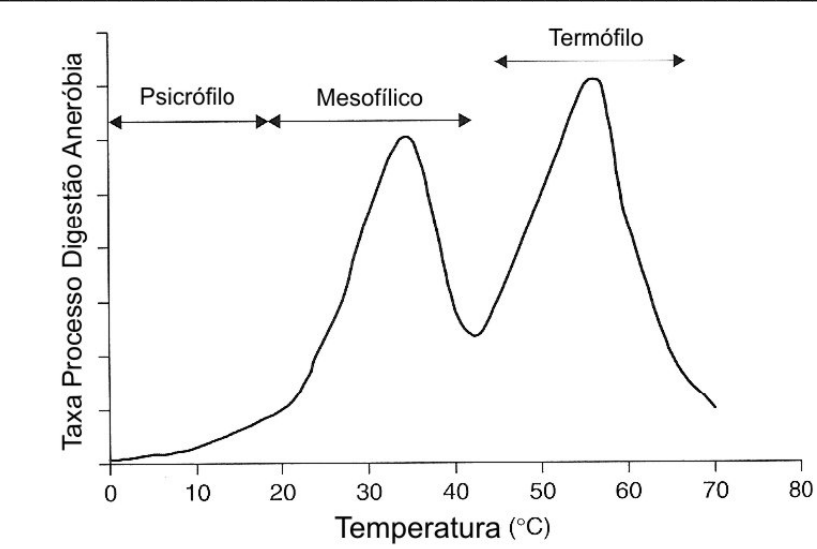


Figura 2.3 - Valores de Temperatura para o Processo de Digestão Anaeróbio. As temperaturas ótimas para as bactérias mesófilas e termófilas são respectivamente 30-35 °C e 55-60 °C. (Fonte: Duarte, 2007)

O valor fertilizante da mistura de resíduos-lamas residuais (em termos de N, P, K) permanece praticamente inalterado à passagem pelo digestor, verificando-se fundamentalmente uma conversão dos nutrientes da sua forma orgânica original para uma forma mineralizada.

2.3.1.2. A Digestão Aeróbia

A digestão aeróbia é um processo de oxidação bioquímica dos sólidos contidos nos esgotos, com abundância do oxigénio dissolvido em toda a massa líquida, favorecendo a actividade de bactérias aeróbias, ocorrendo a formação de subprodutos, tais como: matéria orgânica estabilizada (lama digerida), dióxido de carbono e água.

A estabilização por via aeróbia realiza-se, fundamentalmente, através de um arejamento prolongado das lamas, geralmente entre duas a sete semanas, para criar as condições necessárias ao desenvolvimento e actuação dos microrganismos aeróbios que decompõem a fracção facilmente biodegradável da matéria orgânica (Brito, 1986), processo este efectuado em câmaras abertas - digestores aeróbios. No entanto, o produto é difícil de desidratar.

Os tratamentos de estabilização biológica aeróbia e anaeróbia são acompanhados não só de uma redução do teor de matéria orgânica das lamas como também de uma modificação na natureza e nas propriedades da matéria orgânica residual (Brito, 1986).

Os períodos de digestão aeróbia são normalmente menores do que os da digestão anaeróbia e, acredita-se que a maioria dos parasitas se mantém vivo (Pinto, 1995).

2.3.1.3. A Compostagem

A compostagem de lamas é um processo utilizado para transformar as lamas num produto de valor agronómico de volume reduzido.

De acordo com Cunha-Queda (1999) a compostagem é um processo aeróbio controlado de bioxidação de substratos heterogéneos biodegradáveis, resultante da acção dos microrganismos (bactérias, actinomicetas e fungos) naturalmente associados aos substratos, durante o qual ocorre uma fase termófila, a libertação temporária de substâncias com efeito fitotóxico e a biomassa sofre profundas transformações (mineralização e humificação parciais), sendo o principal produto final, designado "composto", estável, higienizado e homogéneo cuja aplicação ao solo não tenha efeitos adversos para o ambiente.

A compostagem providencia uma maior estabilidade às lamas e uma diminuição significativa dos patogénios e do teor em humidade (Reed *et al.*, 1995).

Segundo Andreoli *et al.* (1998), a eficiência da compostagem na eliminação de patogénios está directamente relacionada com a duração da fase termofílica e com a tecnologia de compostagem empregada. A validação da compostagem como tecnologia de higienização depende de uma série de controlos, esta alternativa continua em estudo, mas com grande perspectiva de aplicação, pois, além de eficiente, o produto final gerado é de alta qualidade agronómica.

Ainda, conforme Tavares *et al.* (2007), a compostagem é uma técnica de tratamento que visa não só a redução do teor em microrganismos patogénicos nas Lamas Residuais Urbanas como, também, a diminuição dos compostos orgânicos tóxicos por degradação bacteriana, permitindo obter um produto final com acrescido valor como correctivo orgânico e mais seguro para o ambiente. Ainda os mesmos autores, ao testarem doses idênticas de aplicação, concluíram que, as LRU não compostadas têm um maior efeito ecotóxico sobre os colêmbolos (a *Folsomia cándida*) comparativamente ao verificado para os seus compostados. Contudo, na aplicação da lama não compostada, observa-se maior produção de biomassa nas culturas de alface e de nabo.

As lamas compostadas podem ter grande utilidade agrícola nos solos Portugueses: (1) São uma importante fonte de nutrientes devido à sua riqueza em azoto, fósforo e cálcio; (2) Podem ser bons correctivos do pH do solo uma vez que, normalmente, têm um pH alcalino.

2.3.2. A Via Química

A via química é um processo pouco recomendado devido ao dispêndio com a elevada quantidade e custo dos produtos químicos. Existem dois tipos de químicos em uso nos processos de estabilização de lamas: o cloro e a cal.

A estabilização com cloro é pouco recorrente porque necessita de doses muito elevadas para a desinfecção, na ordem dos 50 a 150 kg de cloro por tonelada de matéria seca de lama.

Quanto ao uso químico da cal referem-se 2 processos recorrentes:

- A calagem convencional – que permite obter um biossólido estabilizado e higienizado (biossólido de Classe A). Essa estabilização é alcançada misturando cal viva com a lama, destruindo os microrganismos patogénicos.
- A calagem avançada (Pasteurização em Reservatório Fechado (RDP)) – que consiste na adição de cal viva com os biossólidos em recipiente termo-misturador com passagem a um pasteurizador, assegurando, em ambiente fechado, a destruição dos patogéneos, obtendo-se, também, um biossólido de Classe A.

As variáveis que condicionam a eficácia da calagem como processo de estabilização e higienização de lamas de ETAR são as quantidades de cal adicionada à lama, as condições de mistura e o tempo de armazenamento, estas variáveis condicionam o pH final da lama bem como a eficácia do processo de estabilização e higienização (Duarte & Reis, 2002).

A utilização de cal não produz uma redução elevada da matéria orgânica das lamas. A sua acção de estabilização/desinfecção dos microrganismos presentes nas lamas é evidenciada quer através de simples elevação do pH das lamas para valores superiores a 12, com a utilização de cal hidratada $[Ca(OH)_2]$, quer através da conjugação deste fenómeno com o aumento de temperatura para valores superiores a 60 °C, quando utilizada sob a forma de cal viva (CaO) (Frazão & Catarino, 1999).

Na lama adequadamente estabilizada, pouca ou nenhuma decomposição ocorre e, conseqüentemente, os odores não são produzidos. O ajuste do pH pode causar libertação de gás; a pH alto (> 10) o amoníaco é emitido, e a pH baixo (< 6,0) é provável que haja a libertação de sulfureto de hidrogénio. O principal efeito de um pH alto é suprimir a emissão de sulfuretos voláteis e ácidos gordos, enquanto que as aminas e o amoníaco aumentarão (Chagas, 2000).

A eficiência do processo de tratamento químico (calagem) na eliminação de patogéneos foi observada por Andreoli *et al.* (1998) em análises de lama calada a 5% e incubada durante 60 dias, apresentando redução de 100% para coliformes fecais, salmonella, estreptococos, cistos de protozoários e larvas de helmintos; redução de 99,5% de coliforme total e 77,3%

para os ovos de helmintos. Estudos efectuados por Chagas (2000) e Duarte & Reis (2002) testemunham a eliminação de coliformes fecais e totais, e salmonelas em lamas caladas mesmo para valores de pH inferiores a 11.

2.3.3. A Via Física ou Térmica

Existem diversos tipos de sistemas de desidratação, sendo os mais comuns os sistemas de evaporação natural (em leitos de secagem), sistemas mecânicos de centrifugação (centrífugas) e filtração (filtros de banda e filtros de prensas). A escolha do processo deve ser efectuada tendo em conta as características da lama, espaço disponível e as operações de deposição final do resíduo (Brito, 1986).

A desidratação remove a maioria, senão todo, o azoto solúvel presente nas lamas líquidas. Assim, o valor fertilizante azotado das lamas provém da potencial mineralização do azoto orgânico; por isso, as lamas mistas digeridas e centrifugadas (LMDC) terão, em termos de azoto um valor fertilizante mais baixo. As lamas provenientes de leitos de areia (50% de sólidos secos) são mais secas do que as lamas provenientes de filtros e ou centrífugas (20-30% de sólidos secos), podendo estas últimas conter ainda algum azoto amoniacal se tiverem sido previamente digeridas (Pinto, 1995).

A secagem térmica consiste em fazer passar a lama por uma fonte de calor, de modo a provocar a evaporação da humidade existente da lama e, conseqüentemente, alcançar a inactivação térmica dos microrganismos. Os processos convencionais de secagem térmica operam a temperaturas elevadas, superiores a 100 °C, enquanto que a secagem a baixa temperatura visam os mesmos objectivos, mas a temperaturas que operam muito abaixo dos 100 °C.

A secagem térmica de lamas elimina a água ligada e a água livre que resta após a aplicação dos processos mecânicos de desidratação recorrendo-se à importação de energia térmica necessária para a desagregação da rede coloidal, por intermédio da elevação da temperatura da lama. Por conseguinte, permite transformar um produto pastoso (25% de matéria seca) num produto seco, geralmente, em forma de "pellets" ou bola com um diâmetro entre 1 a 3 mm, que pode ser aplicado na agricultura, se as suas características de composição, nomeadamente no que diz respeito a metais pesados o tornarem compatível para esse fim (Mata *et al.*, 2003).

Após a secagem ou a desidratação, as lamas digeridas estão em condições de serem colocadas em aterros sanitários, seguir para a compostagem ou, ainda, para aplicação no solo.

2.3.4. Vias Integradas

A utilização de vias integradas nos processos de estabilização de lamas visa a necessidade de integrar nos processos base complementos de pré-tratamento e/ou pós-tratamento que satisfaçam a optimização das estratégias actuais de gestão de biossólidos.

Deste modo, os processos integrados permitem elevar a eficácia dos processos base ao mesmo tempo que, ao permitirem outro tipo de incorporações de biossólidos, contribuem para o aumento da desidratação e higienização da lama produzida e redução do volume final do biossólido resultante.

A optimização do processo de digestão anaeróbia convencional (regime de mesofília) com co-geração utiliza, em geral, pré-tratamentos com recurso a processos de hidrólise térmica, sonólise, pré-pasteurização e digestão aeróbia termofílica, permitindo aumentar o potencial do biogás produzido e reduzir o volume da biomassa.

Dos pós-tratamentos destacam-se os mais comuns, já descritos, como a compostagem, a calagem, calagem em recipiente fechado e processos de secagem (convencional, baixa temperatura e solar).

Nestes processos integrados obtém-se um produto com elevado grau de estabilização, capacidades de armazenamento e boa maturação.

2.3.5. Matriz de Avaliação dos Processos de Estabilização de Lamas

Os diversos processos e/ou tecnologias de tratamento de “Lamas de ETAR”, referenciados em pontos anteriores, e de acordo com Duarte *et al.* (2005), podem ser associados a critérios de avaliação, como, por exemplo, obtenção de biossólido higienizado (classe A, segundo a EPA), obtenção de produto de elevado valor económico, potencial de emissão de odores da tecnologia, balanço energético, recuperação de nutrientes, contribuição para a não formação de gases com efeito de estufa, potencial de integração de outros substratos orgânicos, exigências de reagentes e/ou materiais estruturantes, minimização da produção de biossólidos gerados versus redução de custos de transporte, necessidade de pessoal especializado, necessidade de confinamento/tratamento da emissão de gases, custos de manutenção, custos de investimento, área requerida para instalação, subsídios ao investimento, entre outros, de forma a construir-se uma matriz de avaliação dos processos de estabilização de lamas que permita seleccionar o (s) processo (s)/tecnologia (s) mais viável (is), enquadrado numa análise do sistema ambiental melhor adequado para a região.

Aos critérios de avaliação são atribuídas classificações de 1 a 5, em que o limite mínimo (1) corresponde à situação menos interessante e o limite máximo (5) corresponde à situação mais favorável.

Posteriormente, para cada região ou subregião, deverá ser estabelecida uma ponderação aos critérios de avaliação, em geral de 1 a 3, para permitir atender à especificidade dessa região ou subregião.

A classificação final dos diversos processos/tecnologias introduzidos na matriz resultam do somatório dos critérios de avaliação, depois de multiplicados pelo factor de ponderação. Os valores mais elevados, por processo/tecnologia, consideram-se como mais adequados e viáveis de adopção.

A matriz de avaliação comparativa dos processos de estabilização de lamas, para uma região genérica, encontra-se descrita, resumidamente, no quadro 2.1 seguinte:

Quadro 2.1 - Matriz de Avaliação dos Processos/Tecnologias de Tratamento de Lamas de ETAR

Processos de Tratamento		Critérios de Avaliação (1 a 5)																Total	
		Obtenção de biossólido higienizado (classe A)	Obtenção de produto de elevado valor económico	Potencial de Emissão de odores da tecnologia	Potencial de Armazenamento	Balanco energético	Recuperação de Nutrientes	Formação de gases com Efeito de Estufa	Potencial de Integração de outros Substratos Orgânicos	Exigência de Reagentes / Materiais Estruturantes	Minimização de biossólidos gerados / Custo de Transportes	Necessidade de Pessoal Especializado	Necessidade de confinamento / Tratamento de emissão de gases	Custos de Manutenção	Custos de Investimento	Área requerida	Subsídios ao Investimento		
Biológicos	Digestão Anaeróbia Convencional																		
	Digestão Anaeróbia Convencional + Co-geração																		
	Digestão Anaeróbia Termofílica																		
	Digestão Anaeróbia Termofílica + Co-geração																		
	Co-digestão com FORSU																		
	Digestão Aeróbia Convencional																		
	Compostagem	Pilha estática																	
		Pilha arejada																	
Reactor																			
	Digestão Aeróbia Auto-térmica (ATAD)																		
Químicos	Calagem convencional																		
	Calagem avançada (RDP)																		
Térmicos	Secagem térmica convencional																		
	Secagem térmica a baixa temperatura																		
	Secagem solar																		
Integrados	Hidrólise Térmica + Digestão Anaeróbia																		
	Pré-pasteurização + Digestão Anaeróbia																		
	Sonólise + Digestão Anaeróbia																		
	Digestão Anaeróbia + Compostagem																		
	Digestão Anaeróbia + Calagem																		
	Digestão Anaeróbia + Secagem																		
	Trat. Aeróbio Auto-térmico + Digestão Anaeróbia																		
Ponderação (1 a 3)																			

2.4. Legislação sobre Utilização das Lamas de ETAR

A reciclagem agrícola das lamas faz-se tirando proveito do seu poder fertilizante devido à matéria orgânica e aos nutrientes que contêm. Para poderem ser utilizadas na fertilização do solo deverão, no entanto, satisfazer determinados padrões de qualidade e a sua aplicação deverá ser tecnicamente correcta, isto é, deverá obedecer a certas regras que visam os seguintes principais objectivos:

- ▶ Salvar a segurança dos utilizadores;
- ▶ Preservar a qualidade do ambiente, minimizando os riscos de poluição do solo, da água e do ar;
- ▶ Minimizar os riscos de saúde pública e respeitar o bem-estar das populações residentes nas áreas da sua utilização;
- ▶ Contribuir para a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo e, como consequência, da sua fertilidade e produtividade (Dias, 2004).

Existem diversos instrumentos legais, tanto a nível nacional como a nível da UE, sobre a utilização das lamas de ETAR.

Analisando apenas os diplomas nacionais, pode constatar-se que os processos de valorização das lamas produzidas nas ETAR são bastante complexos, pois, para que estes se desenrolem dentro dos termos da lei, torna-se necessário que as lamas cumpram um conjunto de requisitos de qualidade.

No controlo da qualidade das lamas depuradas, alguns dos parâmetros muito importantes de analisar são os dos metais pesados, visto serem aqueles que causam maiores preocupações, devido à sua toxicidade para os animais, plantas e seres humanos, resultando eventual introdução na cadeia alimentar.

Como os metais pesados são elementos químicos que não podem ser destruídos, a recuperação e a reutilização representam as únicas formas de evitar a sua libertação no ambiente. Qualquer outra opção resultará na sua transferência entre diferentes meios: águas residuais, efluentes gasosos e aterro.

Nestes termos, o estipulado pelo Decreto-lei n.º 118/2006, de 21 de Junho (que transpõe a Directiva n.º 86/278/CE e clarifica o âmbito do licenciamento da aplicação de lamas em todos os solos), tem por objectivo regulamentar a utilização de lamas de depuração em solos agrícolas, e estabelece os valores limite dos parâmetros, incluindo os principais metais pesados admissíveis nos solos e nas lamas destinadas à agricultura.

No quadro 2.2 seguinte, faz-se referência a esses limites.

Quadro 2.2 – Valores limite da concentração de metais pesados nos solos e nas lamas destinadas à agricultura.

Parâmetros	Valores limite em solos com pH (H ₂ O)			Valores limite de concentração dos metais pesados nas lamas destinadas a agricultura	Valores limite das quantidades anuais que podem aplicar-se ao solo através de lamas
	pH ≤ 5,5	5,5 < pH ≤ 7,0	pH > 7,0		
	miligrama/quilograma de matéria seca (mg/kg ms)				(kg/ha/ano)
Cádmio	1	3	4	20	0,15
Cobre	50	100	200	1000	12
Níquel	30	75	110	300	3
Chumbo	50	300	450	750	15
Zinco	150	300	450	2500	30
Mercúrio	1	1,5	2	16	0,1
Crómio	50	200	300	1000	4,5

Fonte: Decreto-Lei n.º 118/2006, DR - I Série, de 21 de Junho.

2.5. Tendências Actuais de Gestão da Biomassa

2.5.1. Aterro Sanitário Minimizado

Os aterros sanitários foram, até recentemente, os locais escolhidos para o destino final de muitas das lamas produzidas em ETAR em Portugal. Porém, com a publicação do Decreto-Lei n.º 152/2002 de 23 de Maio, que estabelece limites de deposição de resíduos orgânicos biodegradáveis (onde se incluem as lamas de ETAR a 50% em 2009 e 35% em 2016 (referentes aos valores em peso produzidos em 1995)), levantam-se questões ao nível da gestão de aterros, como:

- A produção de biogás com influência no efeito de estufa e produção de odores
- Produção de lixiviados com elevada carga orgânica
- Utilização excessiva de espaço que poderia ser destinado à deposição de outros resíduos
- Ocorrência de assentamentos na massa de resíduos

Assim, a possibilidade do aterro como destino final das lamas de ETAR será cada vez menor, mais cara e limitar-se a acções pontuais, designadamente, em casos de problemas noutros sistemas mais adequados de tratamento e valorização e em épocas de incomparáveis picos de produção.

A deposição em aterro comporta riscos ambientais. A presença de matéria orgânica biodegradável em aterros é indesejável, uma vez que contribui para a produção de emissões de gases com efeito de estufa tais como: o CO₂ e CH₄, e, ainda, pode gerar lixiviados com elevados níveis de matéria orgânica, bem como valores de pH relativamente ácidos. Essas condições levam à mobilização de metais pesados com os lixiviados contaminando o aterro, ou aumentando os seus custos de tratamento (Lopes, 2002).

Todas as estratégias que permitam uma redução da quantidade de produto final, com minimização do volume de biossólidos, redução de manuseamento e transporte, são claramente vantajosas em termos da gestão de lamas.

2.5.2. Valorização Energética

Para além da energia eólica, solar, geotérmica, ondas e marés, e a hidráulica, assumem crescente importância a energia proveniente de biomassa, gases dos aterros e estações de tratamento de lixo e do biogás.

Como estratégia de promoção de energias renováveis, a DGGE do Ministério da Economia aponta metas indicativas para a produção de biogás, em 2010 uma capacidade instalada de 50 MW/ano e uma produção de 200 GW/ano, o que representaria 0,3% do consumo nacional. Em 2004, a capacidade instalada era apenas de 3 MW.

Desta forma, os projectos de energia renovável dispõem, no presente, de incentivos e apoios públicos, como, por exemplo:

- Acção MAPE (Apoio ao Aproveitamento do Potencial Energético), no âmbito do QCA III, onde se incluem os novos projectos de produção de energia eléctrica com base em energias renováveis. Para instalações de saneamento com aproveitamento energético de resíduos, a taxa de incentivo público é de 50%, limitado a 1,5 M Euros por entidade municipal.
- Tarifa de electricidade garantida e subsidiada, face ao preço do mercado grossista, diferenciada para a energia produzida a partir de fontes renováveis, com um interessante horizonte de estabilidade (12 anos para o caso do biogás).
- Investimento de rede para escoamento de energia a partir dos locais de produção.

Face ao referido, a valorização das lamas de ETAR que incluam o seu aproveitamento do potencial energético apresentarão uma maior vantagem em relação à compatibilidade com a estratégia nacional, representando um apoio acrescido na sua gestão.

2.5.3. Valorização Agronómica

Portugal delineou uma estratégia para a redução dos resíduos urbanos biodegradáveis, onde se incluem a incineração, a valorização orgânica, nomeadamente, através da compostagem e da digestão anaeróbia, associada à crescente implementação de mecanismos de recolha selectiva.

A incineração é um processo que, para além de ser dispendioso, é susceptível de transferir uma parte da poluição para atmosfera, até sob formas graves - dioxinas, mercúrio, diversos ácidos, etc. (Santos, 2001).

Dado o elevado risco ambiental que a incineração comporta ao nível das emissões, esta forma de eliminação de resíduos foi objecto de regulamentação comunitária relativa à prevenção da poluição atmosférica proveniente das instalações de incineração. Contudo, esta técnica, nem mesmo após a adopção de processos mais eficazes e sofisticados na depuração dos gases de combustão, que aumentam ainda mais os já elevados custos desta operação, tem tido sucesso na aceitação por parte das populações. Do ponto de vista ambiental, o foco da discussão mundial são as emissões de dioxinas e furanos e a presença de metais pesados nas cinzas. A controvérsia refere-se ao nível de emissões destas substâncias.

A gestão de resíduos privilegia a valorização das lamas produzidas em ETAR, sendo a aplicação em solos agrícolas um dos destinos preconizados.

A aplicação das lamas ao solo permite a utilização dos nutrientes que elas contêm na agricultura, floresta e ou em projectos de recuperação de solos, trata-se de uma forma comum de valorização das lamas resultantes do tratamento de efluentes domésticos e similares. Naturalmente, a dose de lama a aplicar tem como base o teor de nutrientes requeridos pelas plantas (Reed *et al.*, 1995).

Os compostos constituintes dos resíduos orgânicos são utilizados pelos microrganismos do solo como fonte de energia, síntese das suas próprias células e equilíbrio dinâmico. A mineralização bruta dos compostos orgânicos está sempre em equilíbrio com a imobilização bruta na biomassa do solo o que implica a MIT (*mineralisation immobilisation turnover*) de bactérias, fungos e microfauna. Dependendo do teor em azoto e da razão C/N dos compostos e das células formadas, o azoto será libertado ou imobilizado. Os compostos facilmente mineralizáveis (C/N < 10) são rapidamente transformados em CO₂, H₂O e células microbianas. Os compostos mais resistentes, (C/N > 25) são atacados mais lentamente pelos microrganismos e por eles utilizados como fonte de nutrientes e de energia o que resulta numa disponibilização do N a mais longo prazo e na imobilização de quantidades apreciáveis de N em formas estáveis (Cordovil, 2007).

No esquema da figura 2.4 encontra representado o equilíbrio de mineralização/imobilização dos compostos azotados existentes na matéria orgânica dos resíduos quando incorporados no solo.

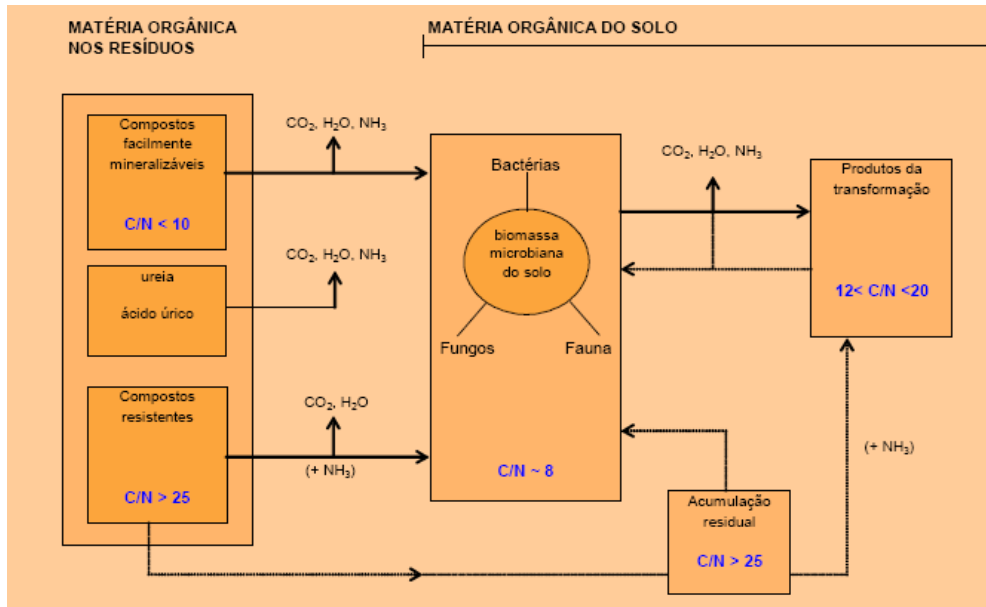


Figura 2.4 - Esquema conceptual da MIT (equilíbrio mineralização/imobilização) dos resíduos orgânicos. (Fonte: Cordovil, 2007)

A alternativa da reciclagem agrícola tem o grande benefício de transformar um resíduo em um importante fertilizante agrícola que fornece matéria orgânica e nutrientes ao solo, trazendo também vantagens indirectas ao Homem e ao meio ambiente. As vantagens são: reduzir os efeitos adversos à saúde causados pela incineração, diminuir a dependência de fertilizantes químicos e melhorar as condições para o balanço do CO₂ pelo aumento da matéria orgânica no solo. Pode ainda, num sentido mais amplo, influenciar as condições da biosfera pela sua integração com políticas globais referentes à dinâmica do carbono atmosférico.

No caso de Portugal, a aplicação agrícola de biossólidos é considerada uma via de uso de alto valor, uma vez que os solos agrícolas são considerados pobres em matéria orgânica e maioritariamente ácidos.

A valorização agronómica das lamas é, pois, crescentemente apontada como preferencial, apesar de reconhecidos os seus possíveis problemas, e a melhor forma de as valorizar face a um conjunto de alternativas com problemas ambientais crescentes.

3. CARACTERIZAÇÃO DO SUBSISTEMA DOS SMAS-SINTRA

3.1. A Rede de Águas Residuais

Com 319,5 km² de território, o município de Sintra tem aproximadamente 1 300 habitantes por km². São os SMAS-Sintra que garantem o abastecimento aos munícipes. Para tal, dispõem de captações próprias, estações de tratamento de água, estações de recloração, estações elevatórias, reservatórios, colectores, estações elevatórias de águas residuais e estações de tratamento.

Para garantir um elevado nível de qualidade na água, dispõem ainda de dois laboratórios, um de Microbiologia e outro de Físico-Química.

A sua rede de Águas Residuais abrange 98% da população do concelho, sendo cerca de 11% dos seus habitantes servidos pelas ETAR do município, e, os restantes, por rede de emissários que drenam para o Sistema de Saneamento da Costa do Estoril (SANEST).

O concelho de Sintra possui 1 000 km de redes e emissários, sendo 11 estações de tratamento, 4 emissários e 8 estações elevatórias (SMAS-Sintra, 2005).

Na figura 3.1 pode observar-se a inserção do concelho de Sintra na Área Metropolitana de Lisboa Norte (AMLN).



Figura 3.1 - Inserção do concelho de Sintra na AMLN. (Fonte: MUNISIG-CMS, 2009)

A gestão destas infraestruturas dos Serviços Municipalizados foi consolidada ao longo de seis décadas, sendo constituídos, actualmente, por uma equipa de aproximadamente 680 colaboradores, que desenvolvem a sua actividade profissional distribuída por 4 departamentos técnicos e administrativos, laboratórios, divisões e gabinetes, na dependência directa do Conselho de Administração, o qual é nomeado pela Câmara Municipal de Sintra.

Da estrutura organizacional referida destaca-se, pela sua importância na qualidade ambiental e no âmbito do enquadramento da presente temática, as competências atribuídas ao Departamento de Exploração e Conservação, que ao gerir e controlar as estações de tratamento e questões ambientais, através da Divisão de Tratamento e Ambiente, contribui, de forma determinante, para a preservação do ambiente, garantia da qualidade de vida e exigências da população residente e flutuante do concelho de Sintra.

3.2. Localização das ETAR do Concelho de Sintra

A figura 3.2 e o quadro 3.1 são ilustrativos da distribuição do sistema de saneamento do concelho de Sintra, onde se observa, também, essa disposição das ETAR pelas respectivas freguesias de Sintra, (cuja referência de coordenadas está de acordo com as utilizadas em Sistemas de Informação Geográfica (SIG)).

Nas zonas Norte e Oeste existem vários sistemas de saneamento com as respectivas estações de tratamento de águas residuais.

A zona Sul do concelho, que corresponde a 75% da população, engloba as bacias das Ribeiras do Jamor, Barcarena, Laje e Manique que drenam para o sistema de saneamento da SANEST.

A breve prazo, vão ser construídas as novas estações de tratamento de águas residuais de Almorquim, Ulgueira, Coutinho Afonso, Cabrela e Arneiro da Arreganha. Está ainda prevista a ampliação da ETAR de Vila Verde (SMAS-Sintra, 2005).

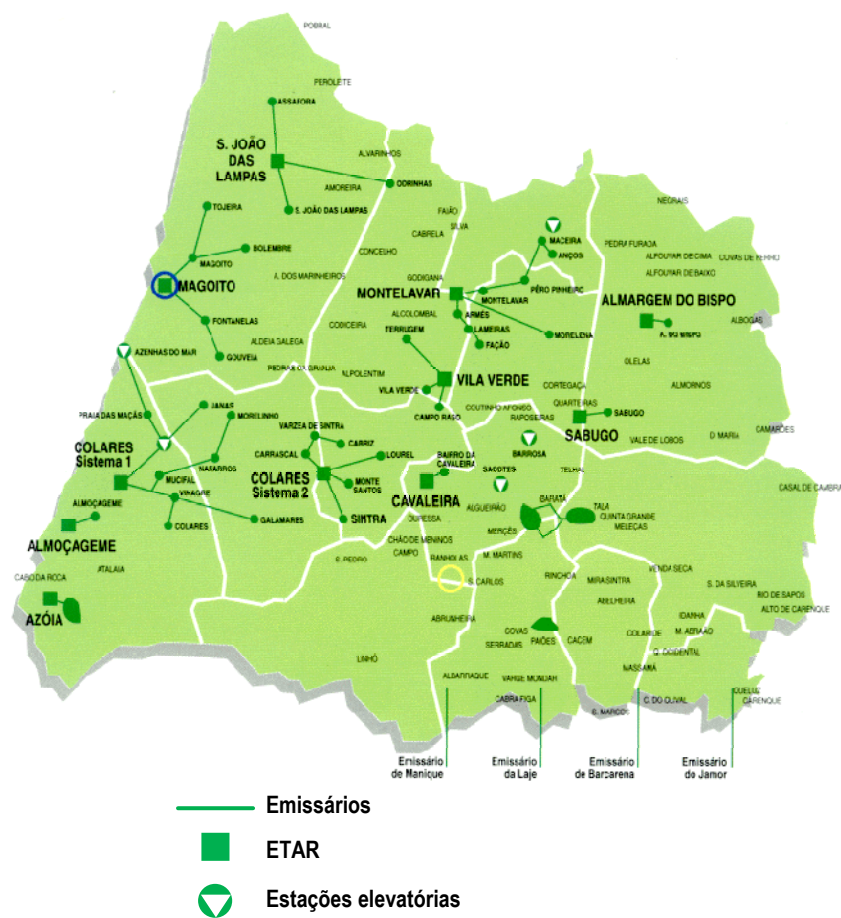


Figura 3.2 - Localização dos emissários e das ETAR do concelho de Sintra. (Fonte: SMAS-Sintra, 2001).

Quadro 3.1 - Localização das ETAR do concelho de Sintra, por freguesia. (Fonte: SMAS-Sintra, 2008).

ETAR	Localidade	Freguesia
Almargem do Bispo	Almargem do Bispo	Almargem do Bispo
Almoçageme	Almoçageme	Colares
Azóia	Azóia	Colares
Cavaleira	Bairro da Cavaleira	Algueirão – Mem Martins
Colares (Sistema 1)	Banzão	Colares
Magoito	Magoito	S. João das Lampas
Montelavar	Montelavar	Montelavar
RibeiraColares (Sistema 2)	Ribeira de Sintra	São Martinho
Sabugo	Palmeiros	Pêro Pinheiro
São João das Lampas	Catribana	São João das Lampas
Vila Verde	Vila Verde	Terrugem

No gráfico da figura 3.3 está projectada a estimativa da população servida pelas ETAR da subregião de Sintra, com base no parâmetro do número de habitantes equivalentes², referenciada no ano 2006.

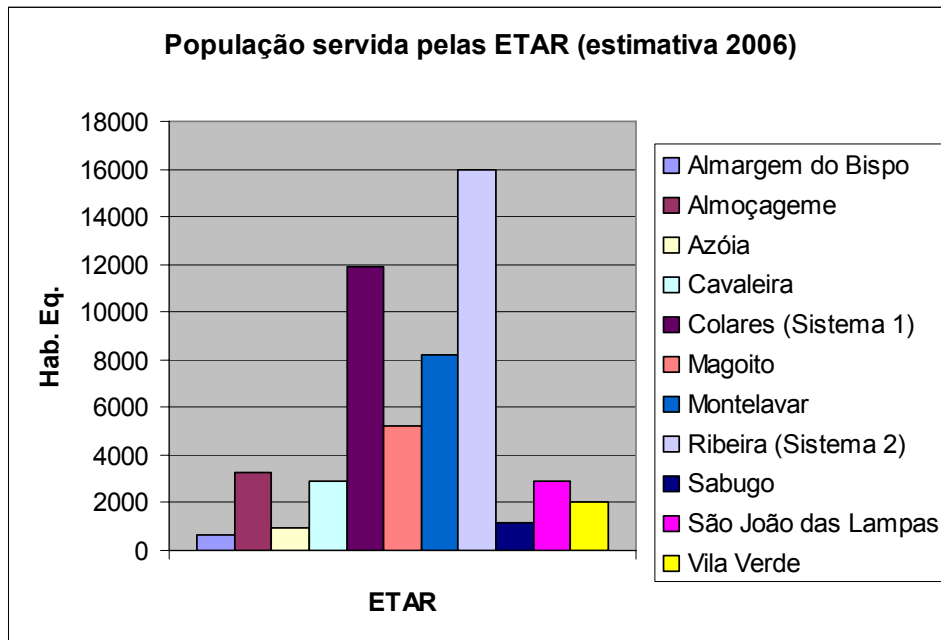


Figura 3.3 - População servida por cada ETAR da subregião de Sintra (Fonte: SMAS-Sintra, 2008)

O somatório estimado pelos SMAS-Sintra sobre a população servida pelas ETAR, para o ano em causa, é de 55 183 HE.

3.3. Caracterização Técnica Individual das ETAR

3.3.1. ETAR de Almargem do Bispo

A ETAR de Almargem do Bispo está localizada junto à bacia da Ribeira do Vale. Está dimensionada para uma população de 1 200 habitantes e um caudal médio em horizonte de projecto de 192 m³/d.

² Define-se o HE como a relação fixa entre a matéria oxidável (MO) numa água residual e a sua carência bioquímica e química de oxigénio para essa degradação, dada pela equação: $MO = (2CBO_5 + CQO)/3$, sendo o HE = 57g de MO/dia. Corresponde, também, a 90g de SST/dia, 15g de azoto reduzido/dia, 4g de fosfato total/dia e 0,05g de compostos clorados/dia.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

O tratamento instalado é por **Lamas Activadas de baixa carga**, no sistema de vala de oxidação, compreende as seguintes unidades de tratamento:

- ❖ Gradagem
- ❖ Desarenador
- ❖ Vala de Oxidação
- ❖ Decantação secundária
- ❖ Secagem de lamas (**leitos de secagem**)

3.3.2. ETAR de Almoçame

Localizada a caminho da Praia da Adraga junto à ribeira da Maceira a ETAR de Almoçame. Está dimensionada para uma população de 3 500 habitantes e um caudal médio em horizonte de projecto de 420 m³/d.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

O esquema de tratamento instalado é por **Discos Biológicos**, conforme o representado no *layout* da figura 3.4, compreendendo as seguintes unidades de tratamento:

- ❖ Gradagem
- ❖ Desarenador
- ❖ Decantação Primária
- ❖ Discos Biológicos
- ❖ Decantação Secundária
- ❖ Digestão Anaeróbia de Lamas
- ❖ Secagem de Lamas (**Sacos Filtrantes e Leitos de Secagem**)

A Estação encontra-se ainda equipada com medidor de caudal e de oxigénio dissolvido e gerador de emergência.

É aproveitado o efluente final para lavagem dos órgãos da ETAR e rega de espaços verdes.

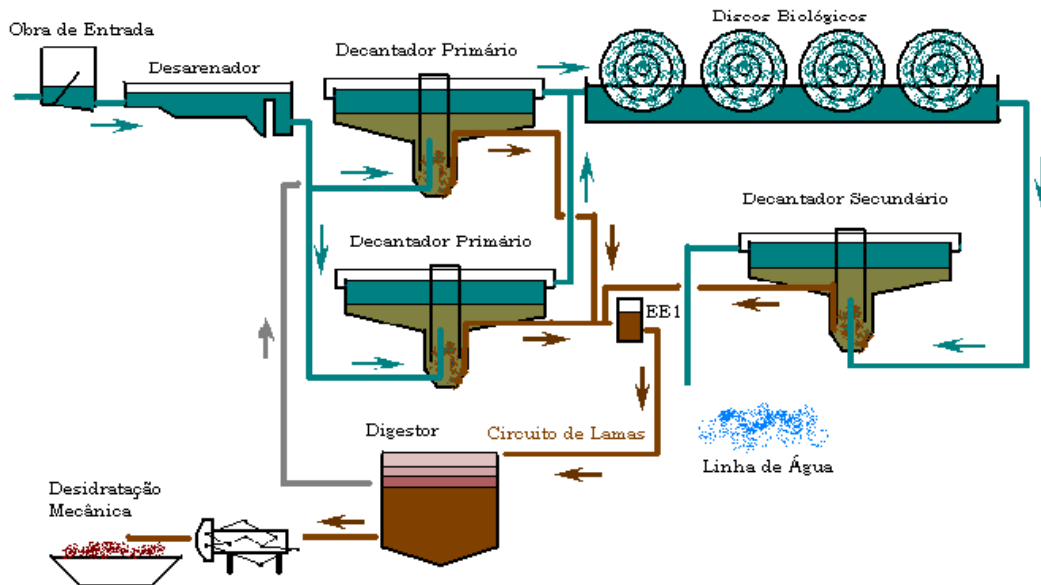


Figura 3.4 - Layout do esquema de tratamento da ETAR de Almoçageme.

3.3.3. ETAR da Azóia

A ETAR da Azóia localiza-se a oeste da povoação da Azóia, junto à bacia da Ribeira do Lourical. Está dimensionada para uma população de 500 habitantes (já ultrapassada, de acordo com as estimativas de 2006, que referem 942 HE) e um caudal médio em horizonte de projecto de $80 \text{ m}^3/\text{d}$.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

O processo instalado é de tratamento biológico aeróbio por **Lamas Activadas de baixa carga**, no sistema de vala de oxidação, compreende as seguintes unidades de tratamento:

- ❖ Gradagem
- ❖ Desarenador
- ❖ Canal de Oxidação
- ❖ Decantação Secundária
- ❖ Espessador
- ❖ Secagem de lamas (**leitos de secagem**)

O sistema elevatório para além de garantir a recirculação das lamas do decantador secundário para o canal de oxidação, terá que permitir a eventual descarga das lamas em excesso para o espessador.

3.3.4. ETAR da Cavaleira

Localizada no Bairro da Cavaleira junto a uma linha de água afluenta da Ribeira da Granja. Encontra-se dimensionada para uma população em ano horizonte de projecto de 9 000 habitantes e um caudal de ponta a afluir à Estação da ordem dos 181,5 m³/h.

O sistema de tratamento instalado é o de **Lamas Activadas em Arejamento Prolongado em Tanque de Arejamento**.

O efluente tratado apresentará uma qualidade que respeita a legislação 74/90. Contribuindo, assim, para a preservação da massa receptora onde é lançado, a Ribeira da Granja.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

A ETAR da Cavaleira apresenta o *layout* que se pode observar na figura 3.5 e é constituída pelas seguintes três etapas de tratamento:

- ❖ Pré-Tratamento
 - ◆ *By-pass* geral à ETAR Comportas de Canal
 - ◆ Gradagem de limpeza mecânica e manual, sendo este *by-pass* da primeira
 - ◆ Desarenador
 - ◆ Medição de caudal (medidor de nível ultra-sónico) num canal de *Parshall*.

- ❖ Tratamento Biológico
 - ◆ Dois Tanques de Arejamento, com turbinas arejadoras de superfície e sondas de oxigénio
 - ◆ Decantação Secundária, com raspadora de fundo
 - ◆ Recirculação de lamas, efectuada por grupos de electrobomba de parafuso excêntrico.

- ❖ Tratamento de Lamas
 - ◆ Elevação das lamas em excesso, por meio de grupos de electrobomba de parafuso excêntrico
 - ◆ **Espessamento gravítico das lamas**
 - ◆ Elevação das lamas espessadas; **condicionamento químico** (unidade de preparação de polímero)
 - ◆ **Desidratação mecânica**, constituída por **filtro de banda**.

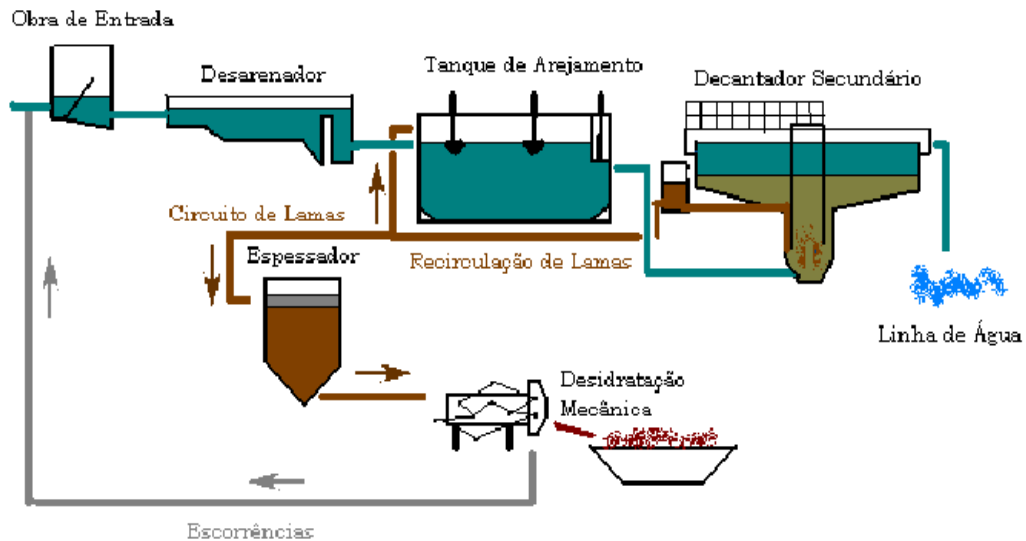


Figura 3.5 - Layout da ETAR da Cavaleira.

3.3.5. ETAR de Colares (Sistema 1)

O saneamento da Bacia da Ribeira de Colares integra 2 sistemas autónomos com as respectivas estações de tratamento de águas residuais domésticas, localizando-se a ETAR do Sistema 1 no Banzão, uma zona privilegiada paisagisticamente, que muito beneficia com a estrutura construída.

Esta ETAR destina-se ao tratamento das águas residuais domésticas dos aglomerados de Galamares, Vinagre, Eugaria, Penedo, Colares, Mucifal, Banzão, Morelinho, Nafarros, Janas, Rodízio, Praia das Maças e Azenhas do Mar, respondendo às exigências mais actualizadas do tratamento de águas residuais domésticas.

A descarga do efluente desta ETAR é efectuada na Ribeira de Colares, na zona do Banzão, em condições que cumpre o estabelecido na legislação em vigor.

A Estação está dimensionada para o tratamento das águas residuais domésticas de uma população de cerca de 30 000 habitantes e um caudal médio de 6 345 m³/d em horizonte de projecto.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

A solução de tratamento instalada, conforme *layout* da figura 3.6, baseia-se no processo de **Lamas Activadas em média carga e digestão anaeróbia**, sem aquecimento das lamas. As lamas produzidas são desidratadas mecanicamente através de filtro prensa de banda.

O tratamento da fase líquida é feito através das seguintes etapas fundamentais:

- ❖ Tratamento Preliminar
- ❖ Tratamento Primário
- ❖ Tratamento Secundário
- ❖ Tratamento Terciário

O tratamento da fase sólida é feito através da digestão anaeróbia das lamas, a frio, seguida da **desidratação mecânica** das mesmas.

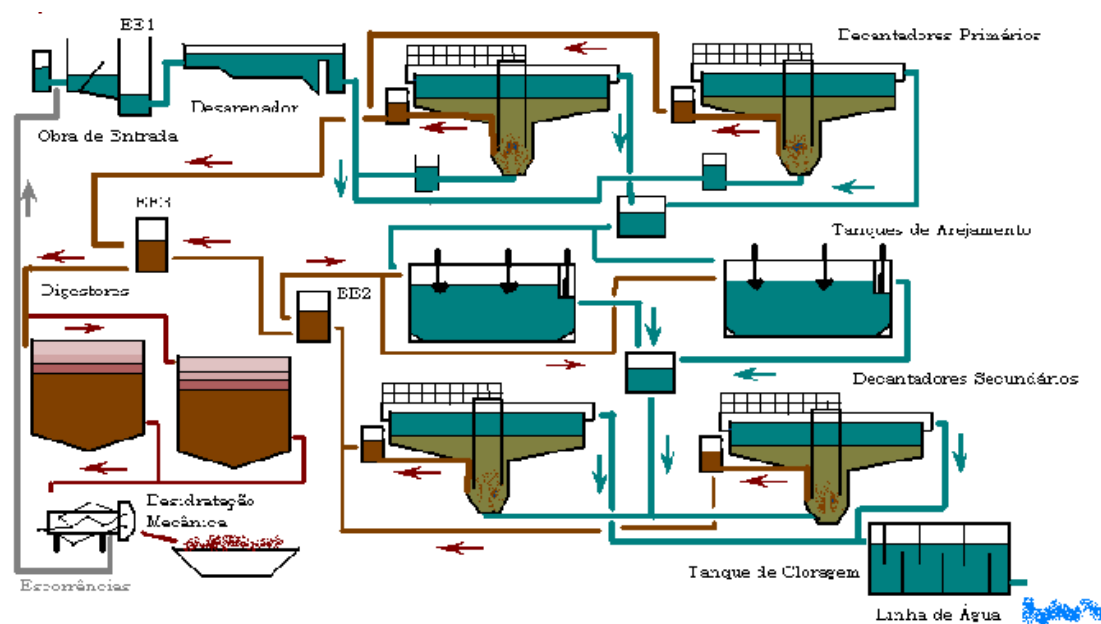


Figura 3.6 - Layout da ETAR de Colares (S1).

A Estação encontra-se equipada com medidores de caudal e medidores de oxigénio dissolvido.

É aproveitado o efluente final para lavagem dos órgãos da ETAR, rega dos espaços verdes e possui um ponto Ecoágua (marco de incêndio para aproveitamento em lavagem de ruas e outras utilizações).

3.3.6. ETAR de Colares (S2) Ribeira

A ETAR da Ribeira de Colares, Sistema 2, assim denominada por se localizar na bacia de drenagem da Ribeira de Colares, na localidade da Ribeira de Sintra.

Esta ETAR destina-se a tratar as águas residuais domésticas das povoações de Sintra, Lourel, Cabriz, Várzea de Sintra, Ribeira de Sintra, Monte Santo e Carrascal.

A descarga do efluente da ETAR é efectuada na Ribeira da Madre de Deus, que é afluente da Ribeira de Colares.

A estação está dimensionada para uma população de 35 000 habitantes, um caudal médio de 7 965 m³/d no horizonte de projecto e possui duas linhas de tratamento.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

O esquema de tratamento instalado, com um *layout* idêntico ao S1, é baseado no processo de **Lamas Activadas em média carga e digestão anaeróbia**, sem aquecimento, das lamas. É efectuada a desidratação mecânica das lamas através de prensa rotativa *Rotamat*.

O tratamento da fase líquida consiste em três etapas fundamentais:

- ❖ Tratamento Preliminar
- ❖ Tratamento Primário
- ❖ Tratamento Secundário

O tratamento da fase sólida consiste na digestão anaeróbia das lamas a frio e **desidratação mecânica** das mesmas.

3.3.7. ETAR do Magoito

Localizada no Magoito, junto à Ribeira da Mata, a ETAR é assim denominada por tratar as águas residuais provenientes do Magoito, estando também previstas as ligações das povoações de Bolembre, Tojeira, Fontanelas, Gouveia e outros aglomerados de menor dimensão englobados nesta bacia. Está dimensionada para uma população de 5 197 habitantes e caudal médio de 1 156 m³/d no ano de horizonte de projecto.

Dada a proximidade da zona costeira foi previsto um sistema terciário com desinfecção do efluente final com um sistema por Ultra Violetas.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

O esquema de tratamento instalado é por **Lamas Activadas em arejamento prolongado em tanque de arejamento**, conforme *layout* representado na figura 3.7, compreendendo as seguintes unidades de tratamento:

- ❖ Gradagem
- ❖ Elevação da água bruta

- ❖ Desarenador
- ❖ Tanque de Arejamento com Turbinas
- ❖ Decantação Secundária
- ❖ Tamisador
- ❖ Desinfecção por Ultra Violetas
- ❖ Secagem de Lamas (**Sacos filtrantes e leitos de secagem**)

A Estação encontra-se ainda equipada com medidor de caudal, medidores de oxigénio dissolvido e gerador de emergência.

É aproveitado o efluente final para lavagem dos órgãos da ETAR e rega dos espaços verdes.

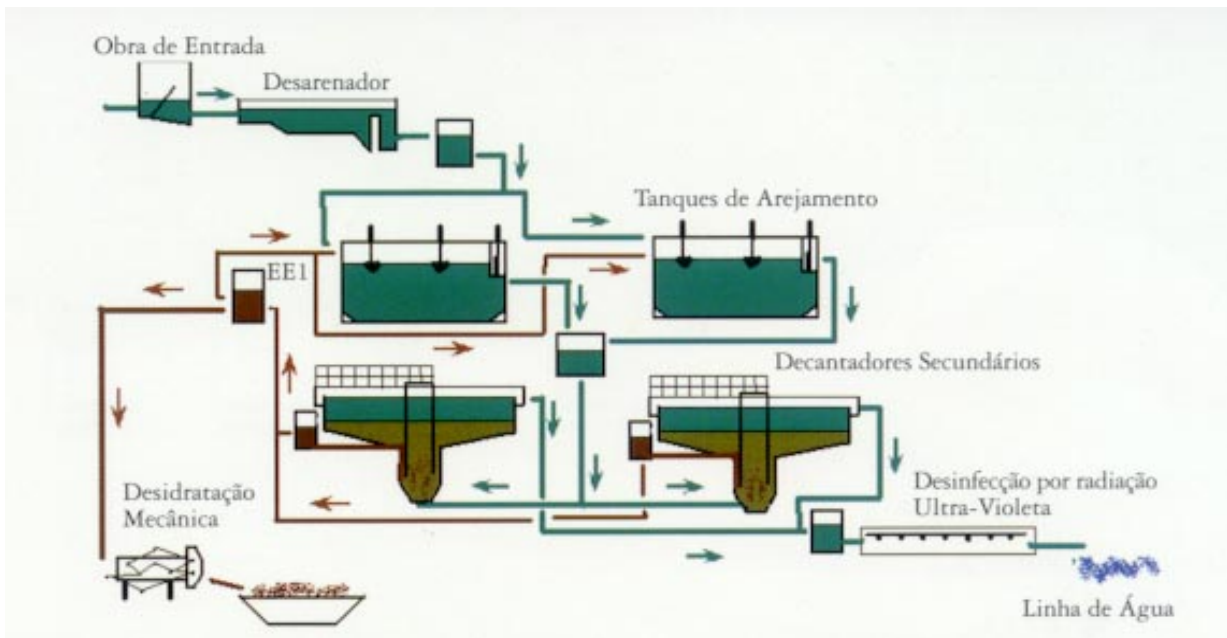


Figura 3.7 - Layout do esquema de tratamento da ETAR do Magoito.

3.3.8. ETAR de Montelavar

A ETAR de Montelavar, localiza-se junto à Ribeira do Adrião afluente do Rio Lizandro. Destina-se a tratar as águas residuais domésticas das povoações de Pêro Pinheiro, Montelavar, Morelena, Lameiras, Fação, Armés, Maceira e Anços.

A estação foi dimensionada para uma população de 9 000 habitantes e foi ampliada, em 2004, para 18 000 habitantes e um caudal médio de 2 218 m³/d no ano de horizonte de projecto.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

O esquema de tratamento instalado é o de lamas activadas do tipo convencional com digestão anaeróbia de lamas compreendendo:

- ❖ Gradagem
- ❖ Desarenamento com remoção de areias e sua posterior lavagem
- ❖ Decantação Primária
- ❖ Depuração biológica pelo processo de lamas activadas, com arejamento efectuado por turbinas
- ❖ Decantação secundária com recirculação de lamas
- ❖ Digestão anaeróbia das lamas
- ❖ Secagem de lamas (**filtros de banda e leitos de secagem**)

A estação depuradora encontra-se ainda equipada com instalações para medição e registo de caudais, bombagem das lamas e edifício de apoio.

É aproveitado parte do efluente final, após filtração em areia e desinfecção com cloro, para lavagem dos órgãos da ETAR, rega dos espaços verdes e ponto Ecoágua (marco de incêndio para aproveitamento em lavagem de ruas e outras utilizações).

3.3.9. ETAR do Sabugo

A ETAR do Sabugo recebe as águas residuais provenientes da povoação do Sabugo. A Estação fica localizada na margem esquerda de uma linha de água afluente da Ribeira dos Ferreiros entre a povoação do Sabugo e a ex-Fábrica Portugal.

Está dimensionada para uma população de 2 500 habitantes e um caudal médio em horizonte de projecto de 613 m³/d, sendo o rendimento total da ETAR no que se refere à remoção de CBO₅ e de SST é de 87,4% e de 88%, respectivamente.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

O tratamento instalado, conforme ilustra a figura 3.8, é por **Leitos Percoladores**, e compreende as seguintes unidades de tratamento:

- ❖ Gradagem
- ❖ Desarenador
- ❖ Tanque Imhoff
- ❖ Leito Percolador

- ❖ Decantação Secundária
- ❖ Secagem de Lamas (**leitos de secagem**)

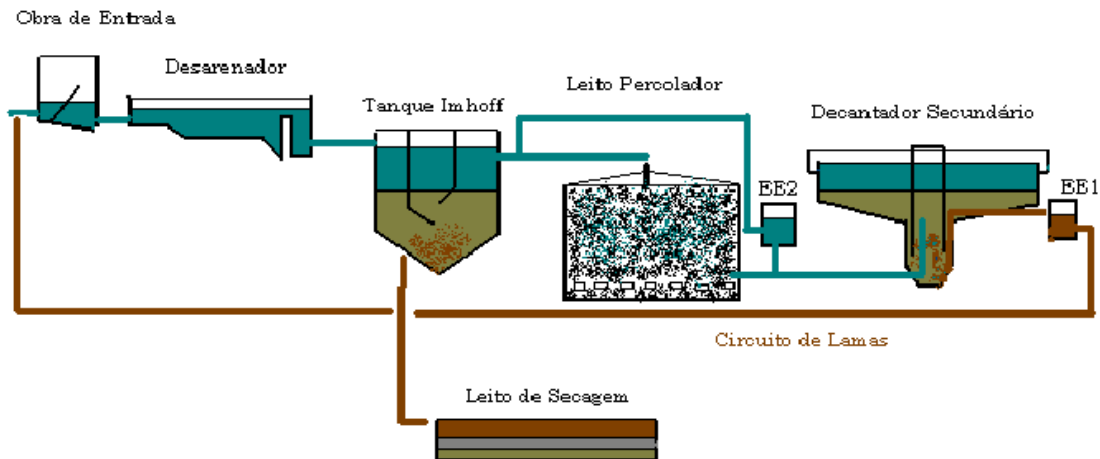


Figura 3.8 - Layout do tratamento efectuado na ETAR do Sabugo.

3.3.10. ETAR de São João das Lampas

Localizada em Catribana, junto à Ribeira de Bolelas, a ETAR é assim denominada por tratar as águas residuais provenientes de S. João das Lampas, das povoações de Assafora, Odrinhas e outros aglomerados de menor dimensão englobados nesta bacia. Está dimensionada para uma população de 7 535 habitantes e um caudal médio de 1 217 m³/d no ano de horizonte de projecto.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

O esquema de tratamento instalado é por **Leitos Percoladores**.

O tratamento da fase líquida consiste em três etapas fundamentais:

- ❖ Tratamento Preliminar
- ❖ Tratamento Primário
- ❖ Tratamento Secundário

O tratamento da fase sólida processa-se nos leitos de secagem.

É aproveitado o efluente final para lavagem dos órgãos da ETAR e rega dos espaços verdes.

3.3.11. ETAR de Vila Verde

A ETAR de Vila Verde, assim denominada por tratar as águas residuais provenientes das povoações de Vila Verde, Ral e Terrugem, localiza-se junto à linha de água que aflui à Ribeira da Fervença, a qual, por sua vez, é afluente da Ribeira do Adrião.

A estação está dimensionada para uma população de 3 000 habitantes e um caudal médio em horizonte de projecto de 900 m³/d.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

O tipo de tratamento instalado é o de **Discos Biológicos** sendo a estabilização anaeróbia das lamas efectuada na zona de digestão do tanque Imhoff.

O esquema de tratamento compreende as seguintes unidades de tratamento:

- ❖ Gradagem
- ❖ Desarenador
- ❖ Tanque Imhoff
- ❖ Discos Biológicos
- ❖ Decantação secundária
- ❖ Secagem de lamas (**leitos de secagem**)

3.4. Síntese das Principais Características Técnicas das ETAR

As principais características das ETAR da subregião de Sintra encontram-se descritas no quadro 3.2, onde se conferem os parâmetros fundamentais que levaram à elaboração dos seus projectos, com ano inicial da obra e estimativa final das condições de funcionamento à data limite do seu período de viabilidade. Assim, referem-se os valores dos extremos para a população, em HE, a capitação, em L/Hab.d, o caudal médio, em m³/d, o caudal de ponta, em m³/h, a carga de CBO₅, em kg/d e carga de SST, em kg/d.

As estimativas à população servida pelas ETAR permitem associar os processos de tratamento ao volume e qualidade das lamas resultantes, tornando possível o delineamento de um modelo a propôr, conforme se procurará demonstrar ao longo dos capítulos seguintes.

Quadro 3.2 - Síntese das Características Técnicas das ETAR do Concelho de Sintra

Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR)	Esquema de Tratamento	ANO INICIAL						ANO FINAL					
		População (Hab. Eq.)	Capitação (L/Hab. d)	Caudal Médio (m ³ /d)	Caudal de Ponta (m ³ /h)	Carga CBO ₅ (kg/d)	Carga SST (kg/d)	População (Hab. Eq.)	Capitação (L/Hab. d)	Caudal Médio (m ³ /d)	Caudal de Ponta (m ³ /h)	Carga CBO ₅ (kg/d)	Carga SST (kg/d)
Montelavar	Lamas activadas / Digestão anaeróbia	2002						2022					
		9.000	114	1277	115	486	810	18.000	154	2218	180	938	1386
Almargem do Bispo	Lamas activadas de baixa carga	1990						2010					
		800	150	96	16	43,2	72	1.200	200	192	32	64,8	108
Azóia	Lamas activadas de baixa carga e digestão aeróbia	1990						2010					
		397	150	47,64	7,94	21,44	35,73	500	200	80	13,33	27	45
Magoito	Lamas activadas / tanque aeróbio	1990						2010					
		3.336	150	485	60,5	182	300,2	5.197	200	1156	115,2	281	468
Vila Verde	Discos biológicos com tanque Imhoff	1990						2010					
		2.000	200	320	40	108	180	3.000	250	600	75	162	270
Sabugo	Leitos percoladores com tanque Imhoff	1990						2015					
		1.350	150	182	15,2	72,9	121,5	2.500	200	613	65,4	194,4	324
Colares (Sistema 2)	Lamas activadas em média carga e digestão anaeróbia	1990						2030					
		16.680	150	2918	307	1198	1997	35.000	200	7965	594	1787	2979
S. João das Lampas	Leitos percoladores com tanque Imhoff	1990						2030					
		5.392	150	657,5	84,7	291,2	485,3	7.535	200	1217,4	156,6	406,9	678,2
Colares (Sistema 1)	Lamas activadas em média carga e digestão anaeróbia	1992						2015					
		8.125	250	1625	162	366	609	30.000	300	6345	634	1312	2187
Cavaleira	Lamas activadas / Digestão aeróbia	1997						2017					
		5.000	200	1035	101,5	270	450	9.000	250	1835	181,5	486	810
Almoçageme	Discos biológicos	1999						2015					
		1.500	150	150	21,6	81	135	3.500	200	420	61,2	189	315

No quadro 3.3 faz-se uma relação dos processos de tratamento em uso nas ETAR com o número de habitantes-equivalente, tendo por base a estimativa do ano 2006.

Quadro 3.3 – População Servida pelas ETAR, por Processo de Tratamento, em 2006.

Processo de Tratamento	Nome da ETAR	HE	Subtotal/Total
Lamas Activadas	Almargem do Bispo	658	45 804 (83%)
	Azóia	942	
	Cavaleira	2 893	
	Colares S1	11 868	
	Colares (Ribeira) S2	15 970	
	Magoito	5 260	
Leito Percolador	Sabugo	1 165	4 075 (9,6%)
	S. João das Lampas	2 910	
Discos Biológicos	Almoçageme	3 247	5 304 (7,4%)
	Vila Verde	2 057	
TOTAL		55 183	

O processo de tratamento por Lamas Activadas é o mais representativo dos processos de depuração em curso, com uma estimativa de população servida equivalente a 45 804 habitantes, a que corresponde cerca de 83% do total da depuração nesse ano. O processo por Discos Biológicos é o que se lhe segue, representando 9,6% da população servida pelos tratamentos e, por fim, o processo por Leito Percolador, a que corresponde os restantes 7,4% dos habitantes-equivalente.

A classe dimensional das ETAR, por HE servidos, resulta no seguinte agrupamento:

- * Classe 1: < 1 000 HE (Almargem do Bispo e Azóia) <> 1 600 HE.
- * Classe 2: > 1 000 e < 10 000 HE (Almoçageme, Cavaleira, Magoito, Montelavar, Sabugo, S. João das Lampas e Vila Verde) <> 25 745 HE.
- * Classe 3: > 10 000 e < 60 000 HE (Colares S1 e S2) <> 27 838 HE.

Estas classes podem oscilar em caso dos valores estimados para a população servida pelas ETAR sofrerem alterações nos limites dos intervalos definidos ou decorrerem alterações funcionais nos emissários afluentes às mesmas por motivos de obras ou caudais indesejados que requeiram procedimentos de tratamento alternativos.

4. TIPOLOGIA DAS LAMAS DA SUBREGIÃO DE SINTRA

4.1. Valores Analíticos das Lamas por ETAR

A recolha e análise de amostras de lamas produzidas nas ETAR é fundamental para a sua caracterização e avaliação dos parâmetros impostos em legislação própria para a sua utilização, designadamente, o Decreto-lei n.º 118/2006, já referido anteriormente.

Também, dessa avaliação resulta uma adequada padronização do produto final obtido na depuração que permite optar pelo encaminhamento da valorização a efectuar, a escolha dos solos susceptíveis de incorporação e o destino final a atribuir às lamas resultantes das diferentes operações tecnológicas.

Nos anos em análise, 2007 e 2008, os valores dos parâmetros das amostras das lamas das 11 ETAR dos SMAS-Sintra, caracterizadas no capítulo 3, foram determinados em laboratório da especialidade, creditado para esse efeito.

Os resultados dos valores obtidos encontram-se descritos nos quadros 4.1. e 4.2. seguintes, referentes, respectivamente, a 2007 e a 2008.

Refira-se que, em relação ao ano de 2007, em duas amostras de lamas da ETAR de Almoçageme, o parâmetro sobre as quantidades de Zinco ultrapassou o valor máximo estipulado na legislação. Sobre as mesmas amostras, o parâmetro Cádmiu ultrapassou o valor admitido uma vez.

Quanto aos valores de 2008, verificou-se que houve, ainda, três valores desenquadrados em relação aos admitidos na legislação, não cumprindo, portanto, com os padrões estipulados. As amostras são referentes à ETAR do Sabugo, com um valor no parâmetro do Azoto amoniacal bastante elevado, e, em relação à amostra da ETAR de S. João das Lampas, com valores em excesso para os parâmetros do Níquel, ainda que por escassa margem, e do Zinco, com um nível bastante acentuado em relação ao máximo admissível no Decreto-lei n.º 118/2006, de 12 de Junho.

Os valores em excesso de Zinco, Cádmiu e Níquel poderão estar relacionados com afluentes mistos, de origem não biodegradável, resultantes da actividades industriais com misturas de tintas ou óleos queimados, os quais importa detectar, logo na obra de entrada da ETAR, para remoção do processo de depuração da fase líquida.

Sobre o excesso do Azoto amoniacal, considera-se ser resultante ou estar associado a um valor de pH relativamente ácido que poderá ser resolvido em processo de calagem, elevando a volatilização do azoto presente na amostra de lama, promovendo a sua higienização por alcanização acentuada.

Quadro 4.1 - Valores dos Parâmetros das Amostras de Lamas das ETAR da Subregião de Sintra em 2007

		Valores das amostras de lamas das ETAR (expressos relativamente à matéria seca) no ano 2007											Valor Limite (decreto - lei n.º 118/2006, de 21 Junho)
		Almargem do Bispo	Almoçagem	Azóia	Cavaleira	Colares (S1)	Magoito	Montelavar	Ribeira Colares (S2)	Sabugo	São João Lampas	Vila Verde	
Parâmetros	Unidades	20-Jun	2Mai/31Out	11-Jul	23Mai/19Dez	30Mai/28Nov	29Ago/26Set	18Abr/19Set	11Abr/10Out	18-Jun	27-Jun	16Mai/14Nov	
Matéria seca	%	63	39/67,1	92	14/41,6	18/81,7	16/87,5	87/9,7	19/80,7	88	82	36/17,5	
Mat. orgânica	%		_/48		_/94,8	_/60,8	_/77,7	_/55,5	_/43,6	_	_	_/60,6	
pH	Esc. Sorensen	8	7,6/6,8	6,4	7,4/6,9	7,5/7	7,7/7,9	3,1/6,8	7,7/7,3	7,2	7,1	7,0/7,2	
Azoto amoniacal	mg/kg NH4	16700	_/68		_/34	_/330	3250/730	_/1100	_/420	_	4110	_/2200	
Azoto kjeldahl	mg/kg N	31000	9480/_	20400	9400/_	7500/_	130/_	20000/_	7140/_	12000	2630	24000/_	
Azoto nitratos	mg/kg NO3	<2,4	15,3/2360	7900	30/<15	2,0/<15	660/<15	47/<15	18/<15	14700	460	<0,6/<15	
Azoto nitritos	mg/kg NO2	<0,4	1,2/_	<0,6	<0,2/_	0,55/_	0,25/_		0,25/_	0,55	350	168/_	
Azoto total	mg/kg N		_/14000		_/14000	_/7100	_/11000	_/34000	_/5600	_	_	_/3300	
Fósforo total	mg/kg P	360	1500/36000	5700	460/4200	410/13000	1300/21000	1200/16000	1400/9700	12500	8230	6,2/12000	
Cálcio	mg/kg Ca		0,86/_					51000/_	14000/_			_/_	
Magnésio	mg/kg Mg		790/_					2680/_	840/_			2700/_	
Potássio	mg/kg K		620/_					1700/_	540/_			_/_	
Cádmio	mg/kg Cd	0,83	860/4,6	2,4	0,25/0,9	0,28/<1	0,22/1,4	2,38/1,1	0,84/1,1	1,59	1,9	2,59/1,9	20
Crómio	mg/kg Cr	12,4	84/36	13,7	3,9/9	3,4/16	<1,85/15	34,2/24	10,1/24	14,5	171	63/24	1000
Cobre	mg/kg Cu	66	59/440	160	17/23	36/210	13,8/130	184/170	41/150	84	256	225/190	1000
Chumbo	mg/kg Pb	10,9	15,4/100	67	7/10	7,4/51	2,8/30	50,6/54	11/110	19,2	43,2	56/43	750
Níquel	mg/kg Ni	8,4	4,6/39	13,4	2,4/<3	2,5/13	<1,85/14	17,4/16	5,3/16	7,9	200	21,3/13	300
Zinco	mg/kg Zn	272	360/2600	880	215/350	194/1000	84/750	1000/1100	230/900	410	729	1500/1300	2500
Mercúrio	mg/kg Hg		_/0,9		_/<0,2	_/0,6	_/0,4	_/1,4	_/1,8	_	_	_/0,4	16
Alumínio	mg/kg Al		5800/_		1700/_	3000/_		18000/_	5600/_			23000/_	
Ferro	mg/kg Fe		1100/_		670/_	980/_		8700/_	100/_			6900/_	
Manganês	mg/kg Mn		50/_		14,7/_	122/_		151/_	45/_			171/_	

Nota: _ ou _/_ Análise não realizada pelo laboratório

Quadro 4.2 - Valores dos Parâmetros das Amostras de Lamas das ETAR da Subregião de Sintra em 2008

		Valores das amostras de lamas das ETAR (expressos relativamente à matéria seca) no ano 2008											Valor Limite (decreto - lei n.º 118/2006, de 21 Junho)
		Almargem do Bispo	Almoçagem	Azóia	Cavaleira	Colares (S1)	Magoito	Montelavar	Ribeira Colares (S2)	Sabugo	São João Lampas	Vila Verde	
Parâmetros	Unidades	16Jan/16Jul	31Mar/13Ago	07-Fev	21Mai/22Out	28Mai/1Out	23Abr/26Nov	16Abr/21Ago	9Abr/10Set	18-Jun	25-Jun	15-Mai	
Matéria seca	%	71/10	92,3/84,8	13,4	89,8/87,5	80,8/79,5	84,5/86,5	84,4/81,2	88,2/85,4	10,6	82,9	47,8	
Mat. orgânica	%	86,1/67,6	97,2/57,9	53,8	92,8/97,3	60,3/91,6	74,1/80	68,1/68,9	96,7/60	52	72,4	11,7	
pH	Esc. Sorensen	6,7/6,8	7,2/7,2	6,9	6,8/7,1	7/7	7,5/6,8	7,2/7,2	7,2/7,4	6,6	6,7	7,2	
Azoto amoniacal	mg/kg NH4	340/620	310/690	930	330/1200	410/2400	1900/6900	45/930	76/520	248000	480	2700	
Azoto kjeldahl	mg/kg N												
Azoto nitratos	mg/kg NO3	450/140	<15/<15	290	381/<9	14/<9	<15/<9	<15/<9	131/<15	3400	166	<15	
Azoto nitritos	mg/kg NO2												
Azoto total	mg/kg N	13000/58000	3800/6200	11000	8000/76000	7100/39000	9600/61000	6500/33000	5400/5300	17000	6000	16000	
Fósforo total	mg/kg P	19000/18000	17000/21000	17000	17000/23400	12000/19000	16000/17000	13000/14000	8800/15000	11000	8700	12000	
Cálcio	mg/kg Ca												
Magnésio	mg/kg Mg												
Potássio	mg/kg K												
Cádmio	mg/kg Cd	<0,9/<5	2,2/<5	1,1	<2,8/<4,8	<2,5/<5	<3,1/<5	<1,7/<5	0,8/<5	<4,7	4,8	3,8	20
Crómio	mg/kg Cr	21/20	24/23	14	10/13	13/19	10/14	18/21	11/23	19	150	40	1000
Cobre	mg/kg Cu	84/95	220/330	140	82/110	150/220	82/120	160/170	23/180	190	310	150	1000
Chumbo	mg/kg Pb	23/23	66/79	33	21/23	36/51	19/33	39/40	34/64	42	61	42	750
Níquel	mg/kg Ni	16/20	19/17	15	8/9	10/15	7/15	16/16	7/17	16	320	11	300
Zinco	mg/kg Zn	640/720	1000/1800	760	1300/1900	760/990	480/630	850/910	660/960	1200	6300	990	2500
Mercuríio	mg/kg Hg	1/1,3	1,8/2,8	1,1	0,4/0,5	0,3/<0,3	0,6/0,5	1,3/0,9	0,3/1,1	0,5	<0,3	<0,3	16
Alumínio	mg/kg Al												
Ferro	mg/kg Fe												
Manganês	mg/kg Mn												

Os dados microbiológicos das amostras (sem calagem) das lamas geradas nas ETAR e estabilizadas por calagem (apenas referente a 2007), encontram-se registados nos quadros 4.3 e 4.4, em relação, respectivamente, aos anos de 2007 e 2008.

Quadro 4.3 - Caracterização Microbiológica das Lamas das ETAR do Concelho de Sintra - Ano 2007

ETAR	Data	Parâmetro	Unidade	Amostra	Amostra + 1% cal	Amostra + 5% Cal
Ribeira (S2)	10-10-2007	E. Coli	UFC/1 g	11500	-	-
		Salmonella	UFC/10g	Presente	-	-
Sabugo	17-10-2007	E. Coli	UFC/1 g	0	-	-
		Salmonella	UFC/10g	Presente	-	-
Montelavar	17-10-2007	E. Coli	UFC/1 g	6100	6000	480
		Salmonella	UFC/10g	Ausente	Ausente	Ausente
Magoito	24-10-2007	E. Coli	UFC/1 g	275000	170000	66400
		Salmonella	UFC/10g	Presente	Presente	Presente
Almoçageme	31-10-2007	E. Coli	UFC/1 g	0	0	0
		Salmonella	UFC/10g	Ausente	Ausente	Ausente
Vila Verde	14-11-2007	E. Coli	UFC/1 g	22000	-	31900
		Salmonella	UFC/10g	Presente	-	Ausente
S. João das Lampas	21-11-2007	E. Coli	UFC/1 g	117000	-	32800
		Salmonella	UFC/10g	Ausente	-	Ausente
Azóia	28-11-2007	E. Coli	UFC/1 g	240000	-	60000
		Salmonella	UFC/10g	Ausente	-	Ausente
Colares (S1)	28-11-2007	E. Coli	UFC/1 g	33400	-	5320
		Salmonella	UFC/10g	Ausente	-	Ausente
Almargem do Bispo	12-12-2007	E. Coli	UFC/1 g	5100	-	30
		Salmonella	UFC/10g	Presente	-	Ausente
Cavaleira	19-12-2007	E. Coli	UFC/1 g	34100	-	46
		Salmonella	UFC/10g	Presente	-	Ausente

Quadro 4.3 - Caracterização Microbiológica das Lamas das ETAR do Concelho de Sintra - Ano 2008

ETAR	Data	Semestre	Parâmetro	
			E. Coli (UFC/1 g)	Salmonella (UFC/10g)
Almargem do Bispo	16-01-2008	1º	50.000	Presente
Almargem do Bispo	21-07-2008	2º	3.200	Ausente
Azóia	07-02-2008	1º	1.820	Ausente
Almoçageme	12-03-2008	1º	5.460	Ausente
Almoçageme	13-08-2008	2º	4.210	Ausente
Ribeira (S2)	09-04-2008	1º	52.300	Presente
Ribeira (S2)	10-09-2008	2º	13.500	Ausente
Montelavar	16-04-2008	1º	28.200	Presente
Montelavar	20-08-2008	2º	30.500	Presente
Magoito	23-04-2008	1º	705.000	Ausente
Magoito	26-11-2008	2º	304.000	Presente
Vila Verde	14-05-2008	1º	40.000	Ausente
Cavaleira	21-05-2008	1º	34.000	Ausente
Cavaleira	19-11-2008	2º	8.500	Presente
Colares (S1)	28-05-2008	1º	15.300	Ausente
Colares (S1)	01-10-2008	2º	50.000	Ausente
Sabugo	18-06-2008	1º	54	Ausente
S. João Lampas	25-06-2008	1º	355.000	Presente

Dos valores determinados, conclui-se que existe a necessidade de algum controlo sobre os parâmetros respeitantes à *Salmonella*, sobretudo nas ETAR do Magoito, em 2007, e de Montelavar, em 2008, onde se registaram dois valores positivos consecutivos.

Como se pode verificar em relação aos resultados de 2007, positivos para a presença de *Salmonella*, a adição de cal torna menos viável a presença do microrganismo, sobretudo, para níveis de concentração de cal crescentes e valores do pH da lama fortemente alcalinos.

4.2. Produção de Lamas nas ETAR de Sintra

De acordo com os dados fornecidos pelos SMAS-Sintra, os valores da produção de lamas secas, por ETAR da subregião de Sintra, foram registados ao longo dos anos de 2007 e 2008, encontrando-se discriminados nos quadros 4.5 e 4.6 (em anexo I e II), sendo a unidade de medição a tonelada (t).

Verificando as quantidades de lamas produzidas em 2007, representadas no gráfico da figura 4.1, o valor anual do somatório de todas as ETAR da subregião de Sintra atingiu um total de 3 759,2 t, correspondendo o valor mais significativo, de 1 080,0 t à ETAR da Ribeira de Colares (Sistema 2) e o menor, de 32,3 t à ETAR de Almargem do Bispo.

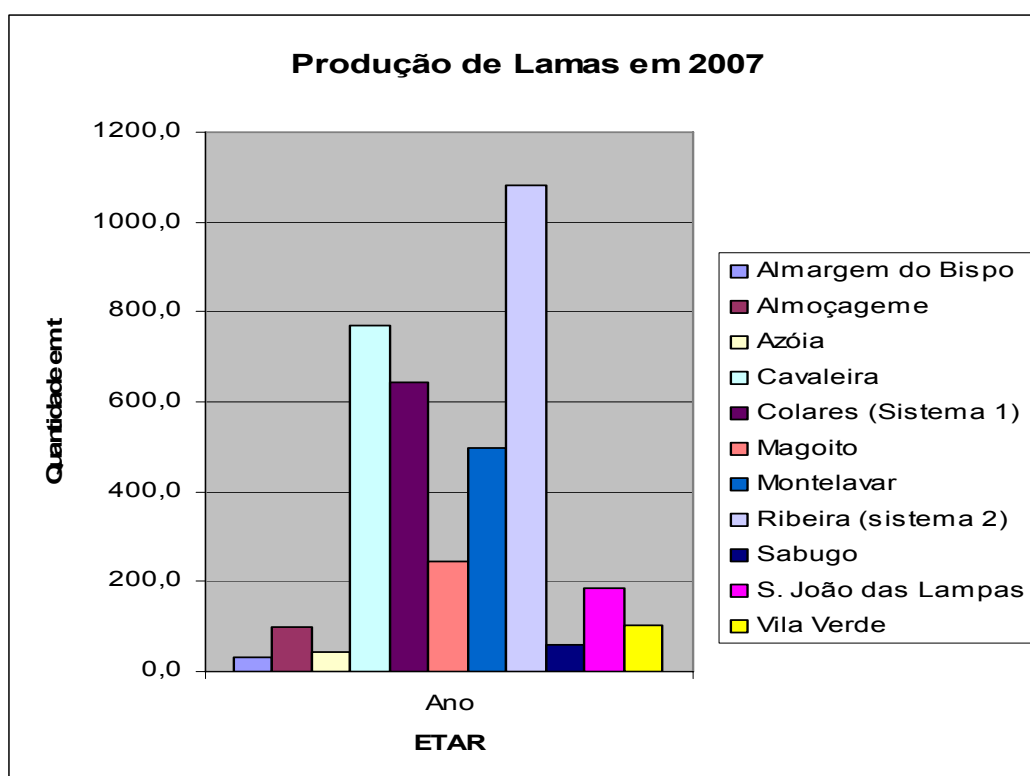


Figura 4.1 – Quantidade da produção de lamas em 2007, por ETAR.

Quanto às quantidades produzidas ao longo do mesmo ano, pelas ETAR do subsistema de Sintra, e observáveis no gráfico da figura 4.2, apresentam alguma variação, sendo essa oscilação mais significativa nas ETAR de maior produção quantitativa, sobretudo, na ETAR da Ribeira de Colares (Sistema 2), cujo diferencial, do mês de Janeiro para o mês de Junho, é da ordem das 75 t.

As ETAR onde se verifica menor oscilação dos seus valores produtivos de lamas secas, ao longo do ano, têm diferenciais de maior amplitude na ordem das 4 a 10 t, como, por exemplo, a ETAR de Almargem do Bispo, cuja variação do mês de Abril para o mês de Setembro é de 4,3 t.

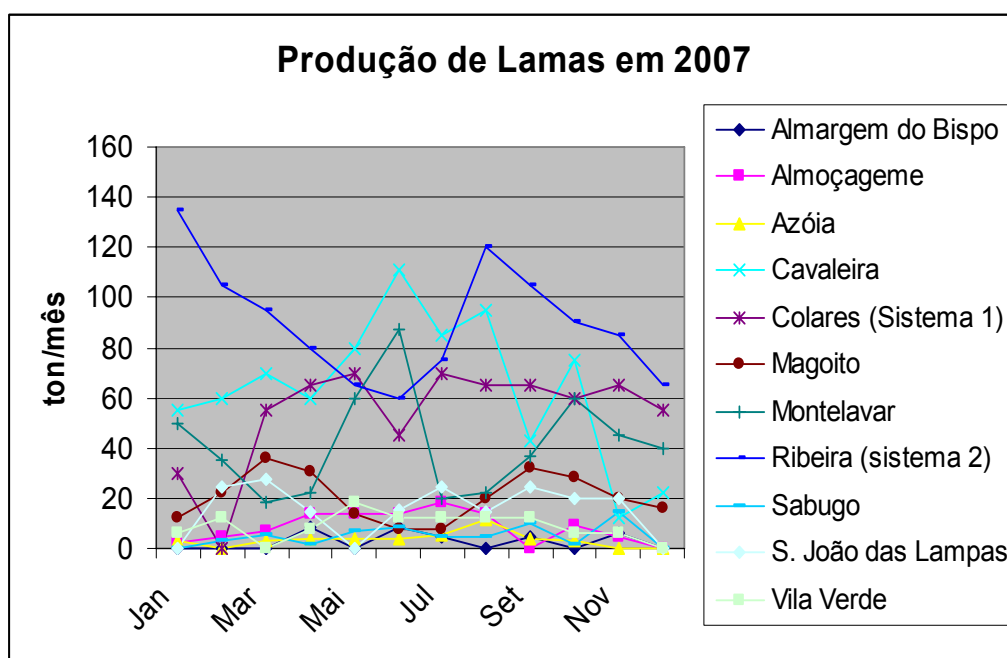


Figura 4.2 - Variação da produção de lamas, em t por ETAR, ao longo de 2007.

Os picos de maior produção de lamas, em 2007 e, de modo geral, na maioria das ETAR, são os meses de Verão, sobretudo, os de Junho e Agosto, correspondendo valores quantitativos de 372,6 t e 378,3 t, respectivamente. Quanto aos valores de menor produção de lamas correspondem aos meses de Dezembro e Fevereiro, com quantidades, respectivamente, de 198,5 t e 265,9 t. No somatório mensal não se verificam grandes oscilações, sendo o mês de Janeiro o de maior valor para a ETAR de Colares (S2).

Em relação às quantidades de lamas produzidas em 2008, representadas no gráfico da figura 4.3, o valor anual do somatório de todas as 11 ETAR da subregião de Sintra atingiu um total de 4 156,0 t, correspondendo o valor mais significativo, de 1 432,0 t, também, à ETAR da Ribeira de Colares (S2) e o menor dos valores, de 7,0 t, agora, à ETAR da Azóia.

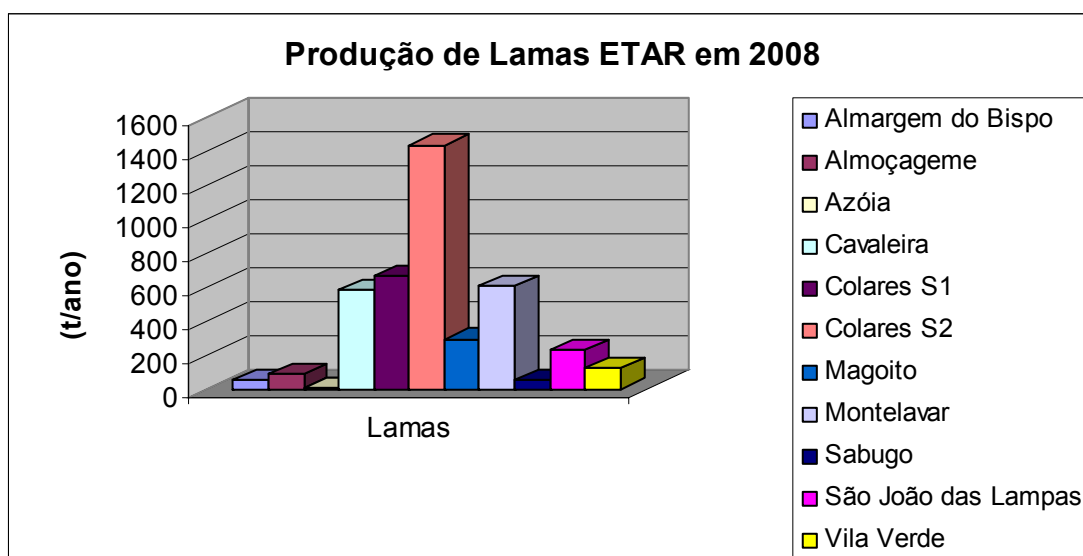


Figura 4.3 – Quantidade de produção de lamas anual, por ETAR, em 2008.

É de salientar que o valor da produção de lamas na ETAR da Ribeira de Colares (S2), em 2008, corresponde a cerca de 35% do total das lamas geradas nos subsistemas de Sintra. Refira-se, ainda, que o somatório das lamas geradas pelas 4 maiores ETAR (Colares (S2), Colares (S1), Montelavar e Cavaleira), representam uma produção de cerca de 80% da produção total do ano.

Face aos diferentes processos de tratamento existentes nas ETAR, avaliando a produção de lamas em 2008, verifica-se, de acordo com o observado na figura 4.4, que o valor mais representativo dos tratamentos está associado aos subsistemas com depuração por Lamas Activadas, a que correspondem produções de 3 649 t de lamas (cerca de 88% do total gerado), seguindo-se o processo por Leito Percolador, com 292 t e, por fim, o processo por Discos Biológicos, representando 215 t.

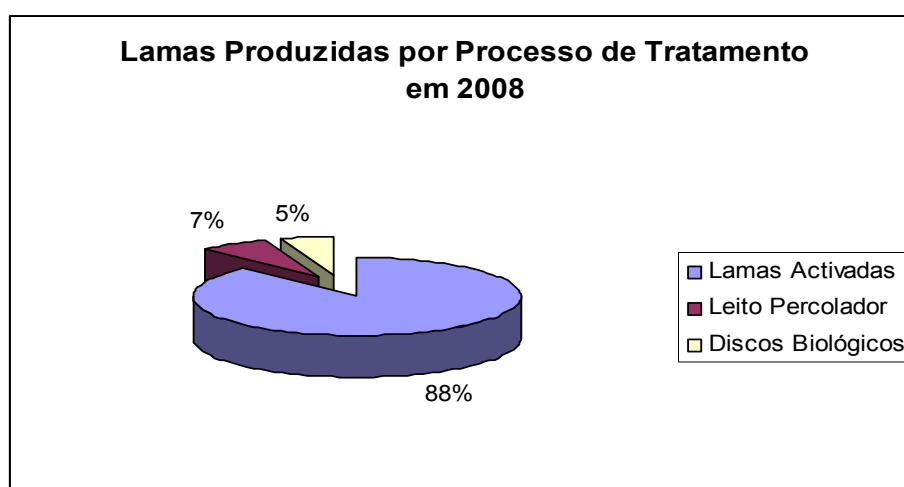


Figura 4.4 – Percentagem da produção de lamas, por processo de tratamento, em 2008.

A média anual da produção de lamas secas, por ETAR da subregião de Sintra, e em relação aos anos referenciados da recolha de dados, 2007 e 2008, encontra-se representada no gráfico da figura 4.5.

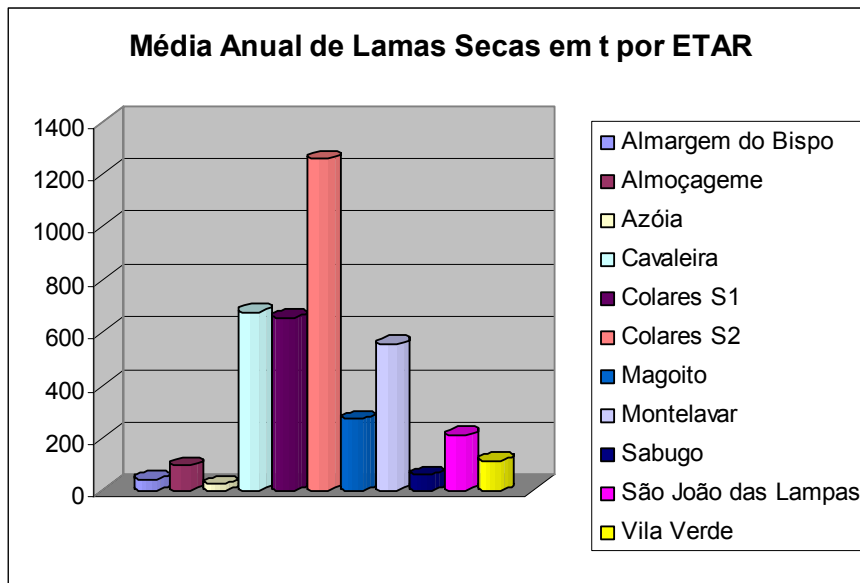


Figura 4.5 – Gráfico da produção média anual de lamas, 2007 e 2008, em t, por ETAR.

Da sua análise verifica-se que existe uma tipificação de três grupos distintos de ETAR, em função das quantidades de produção de lamas, onde um primeiro grupo (ETAR de Colares (S2), Cavaleira, Colares (S1) e Montelavar), com valores médios anuais perto ou superiores a 600 t, embora, Colares (S2) obtenha uma média de 1 200 t, que representam no conjunto 3 141 t (correspondentes a uma estimativa de população servida de **77 450 HE**, considerando que 1 HE produz 35 g de MS de lama por dia e a lama possui, em média, 25% MS), ou seja, 79,4% da produção média total. Depois, verifica-se a existência de um segundo grupo (ETAR do Magoito, S. João das Lampas e Vila Verde), com valores médios anuais de cerca de 200 t, correspondendo a 595,4 t (estimativa de de **14 681 HE**), isto é, 15% da média total gerada. Por fim, o grupo de menor valor produtivo de lamas (as restantes ETAR de Almargem do Bispo, Almoçageme, Azóia e Sabugo), com valores médios anuais inferiores a 100 t, representando 221,2 t (estimativa de **5 454 HE**) e cerca de 5,6% da média anual de produção de lamas.

A estimativa calculada excede a anterior, de 2006, em 42 402 HE (aumento de 76,8% dos totais estimados). Este valor é revelador de possível subdimensionamento das ETAR a curto/médio prazo.

Estes valores produtivos deverão ser enquadrados com a localização geográfica das ETAR no concelho, atendendo à eventual procura e destino final de aplicação das lamas, visando determinar distâncias e custos de transporte inerentes.

4.3. Destino Final das Lamas nas ETAR de Sintra

A composição e a qualidade das lamas, como subproduto das ETAR, variam, não apenas com as características do afluente de que provêm, mas, sobretudo, também, da tecnologia e do tratamento a que foram sujeitas. A sua composição química, além de poder variar consoante a ETAR, varia dentro de cada uma, como consequência da variação da composição desses afluentes ao longo do ano.

Aliás, essa variação é perceptível nos valores obtidos nos diferentes parâmetros analisados para as amostras de lamas das ETAR da subregião de Sintra e inseridos nos quadros 4.1. e 4.2 anteriormente referidos. A variação da quantidade e da qualidade dos caudais afluentes às ETAR determinaram, quase inevitavelmente, essas oscilações dos padrões analíticos das lamas recolhidas.

Ora, dado que existe a possibilidade de variações da composição das lamas depuradas e, para se dar cumprimento ao estabelecido no Decreto-lei n.º 118/2006 de 21 de Junho, a valorização agronómica só é viável se forem avaliadas e conhecidas as composições químicas quer das lamas, como dos solos a que se destinam na incorporação, de forma a que não exista qualquer impedimento legal que comprometa a qualidade desses subprodutos das ETAR, bem como a do próprio Homem, por via directa ou indirecta, através da água, dos solos, da vegetação e dos animais.

Com essa preocupação ambiental, os SMAS-Sintra confiam a gestão dessas lamas de depuração das ETAR à empresa Terra Fértil, Lda. A empresa ao desenvolver a actividade da valorização agronómica das lamas tem de proceder conforme se explicitou no parágrafo anterior, por questões legais, e, além disso, também, fornecer o acompanhamento e apoio técnico decorrente da incorporação dos biorresíduos em solos culturais.

Da gestão faz parte o registo da data, identificação e localização das parcelas ou explorações agrícolas, a cultura praticada e as quantidades de lamas valorizadas na agricultura em relação à sua proveniência, neste caso, as ETAR de Sintra.

Em relação às quantidades de lamas produzidas nas ETAR desta subregião, no ano 2007, a que corresponderam cerca de 3 759,2 t, foram valorizadas na agricultura, pela empresa Terra Fértil, um total de 3 125 t, distribuídas pelos dois semestres em quase igual volume, conforme se pode observar nos valores do gráfico da figura 4.6. A estes valores corresponde uma eficácia de valorização agronómica de cerca de 83% para o ano 2007.

Os valores despendidos na valorização das lamas das ETAR de Sintra, para o mesmo período em avaliação, tiveram um custo de cerca de 36 250,00 €, de acordo com informação prestada pelos SMAS-Sintra.

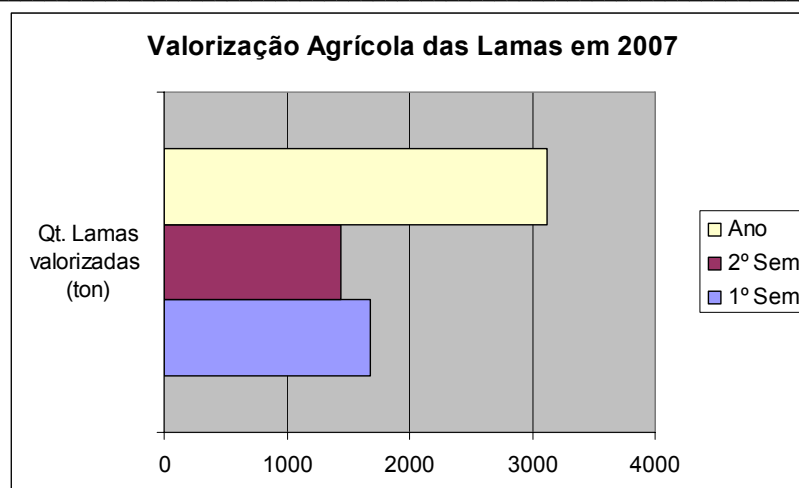


Figura 4.6 - Quantidade de lamas das ETAR de Sintra valorizadas pela empresa Terra Fértil em 2007. (Fonte: SMAS-Sintra, 2008).

Quanto ao destino final das lamas valorizadas na agricultura, os relatórios da empresa Terra Fértil, cujos valores podem ser observados na figura 4.7, demonstram que houve, em 2007, um predomínio de incorporação de lamas em explorações com práticas de culturas arvenses, cerca de 59%, seguindo-se-lhes explorações com culturas mistas (milho e tomate), 29%, prado, 9% e, por último, culturas de hortícolas, com 3%.

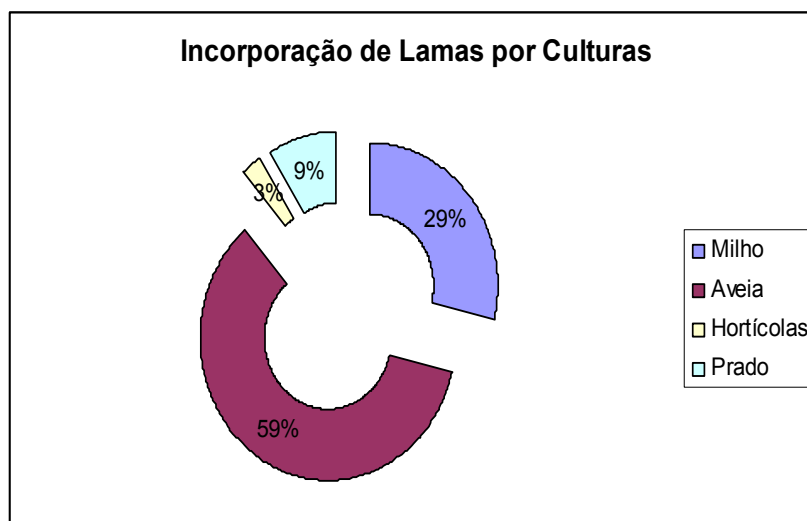


Figura 4.7 - Percentagem de incorporação de lamas por cultura praticada em 2007. (Fonte: SMAS-Sintra, 2008).

O destino das lamas para valorização agrónómica, com localização da parcela, cultura realizada e quantidades aplicadas por mês, no período em análise, encontra-se descrito no quadro 4.5 seguinte.

Quadro 4.5 - Identificação da exploração, cultura realizada e quantidades incorporadas para valorização agronómica das lamas das ETAR do concelho de Sintra em 2007.

Mês	Localização Parcela	Cultura realizada	Quantidade (t)
Janeiro	Palmela	Milho	265
Fevereiro	Montijo	Milho	305
Março	Coruche	Aveia	220
	Palmela	Aveia	30
Abril	Palmela	Aveia	240
Maio	Coruche	Aveia	120
	Palmela	Aveia	145
Junho	Palmela	Aveia	360
Julho	Branca, Coruche	Hortícolas	90
	Palmela	Aveia	180
Agosto	Palmela	Aveia	150
	Couço, Coruche	Milho, Tomate	120
Setembro	Couço, Coruche	Milho, Tomate	210
Outubro	Samora Correia	Prado	270
	Palmela	Aveia	60
Novembro	Palmela	Aveia	180
Dezembro	Branca, Coruche	Aveia	60
	Branca, Coruche	Aveia	120
Total			3125

(Fonte: SMAS-Sintra, 2008).

A distribuição pelos concelhos de destino final está apresentada na figura 4.8, onde se verifica que o concelho com maior destino para incorporação de lamas valorizadas é o de Palmela, com 51% das lamas, seguido do concelho de Coruche com 30%.

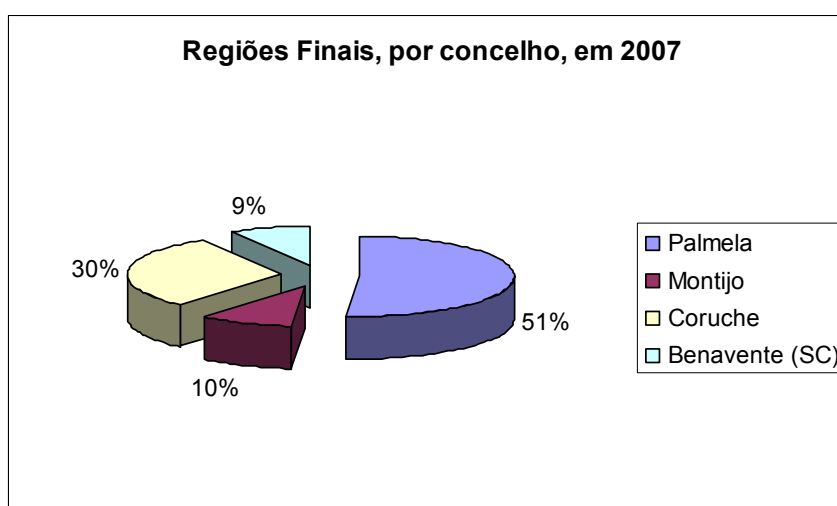


Figura 4.8 - Destino final das lamas valorizadas na agricultura, por concelho de incorporação em 2007. (Fonte: SMAS-Sintra, 2008).

A totalidade das lamas produzidas em 2008, pelas diferentes ETAR da subregião de Sintra, foi destinada a valorização agronómica. Resultou, assim, uma total incorporação no solo das 4 156 t geradas ao longo do ano, representando uma eficiência de incorporação de 100%. Os custos com essa valorização continuaram a ser da ordem dos 11,00 € por tonelada de lama produzida, o que fez um total dispendido de 45 716,00 €.

No essencial, mantiveram-se os valores percentuais da aplicação das lamas nas culturas praticadas, bem como dos destinos de incorporação nessa valorização agronómica, conforme se pode observar nos valores inscritos nas figuras 4.9 e 4.10, respectivamente.

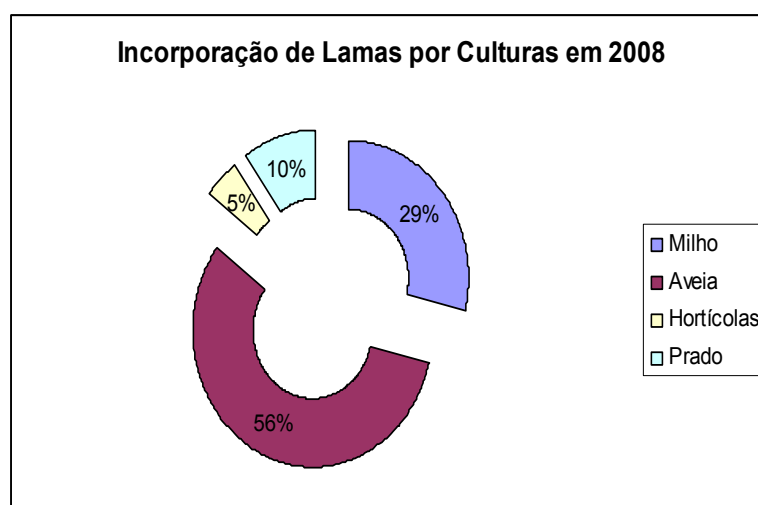


Figura 4.9 - Percentagem de incorporação de lamas por cultura praticada em 2008. (Fonte: SMAS-Sintra, 2008).

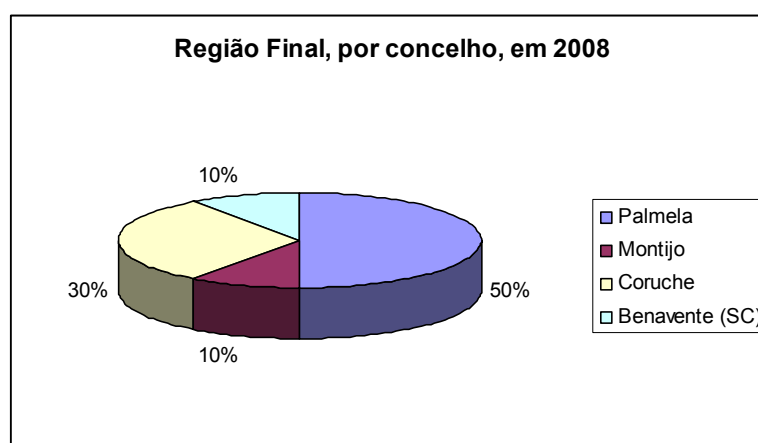


Figura 4.10 - Destino final das lamas valorizadas na agricultura, por concelho de incorporação em 2008. (Fonte: SMAS-Sintra, 2008).

5. CONCEPTUALIZAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO DE LAMAS

5.1. Caracterização da Subregião de Sintra

Segundo o censo de 2001 e alguma extrapolação dos indicadores de crescimento e desenvolvimento do concelho de Sintra, abordados no Plano Estratégico de Desenvolvimento de Sintra (PEDS, 2006) pela Câmara Municipal de Sintra, pode afirmar-se que estamos perante uma subregião que apresenta as seguintes características mais marcantes:

5.1.1. Evolução Demográfica

No contexto da Grande Lisboa, Sintra passou de 14,2% para 19,4% da população residente. Crescimento efectivo da população residente entre 1991 e 2001 de 39,4%.

No gráfico da figura 5.1 está representada a tendência de evolução da população de Lisboa e Sintra nos últimos anos.

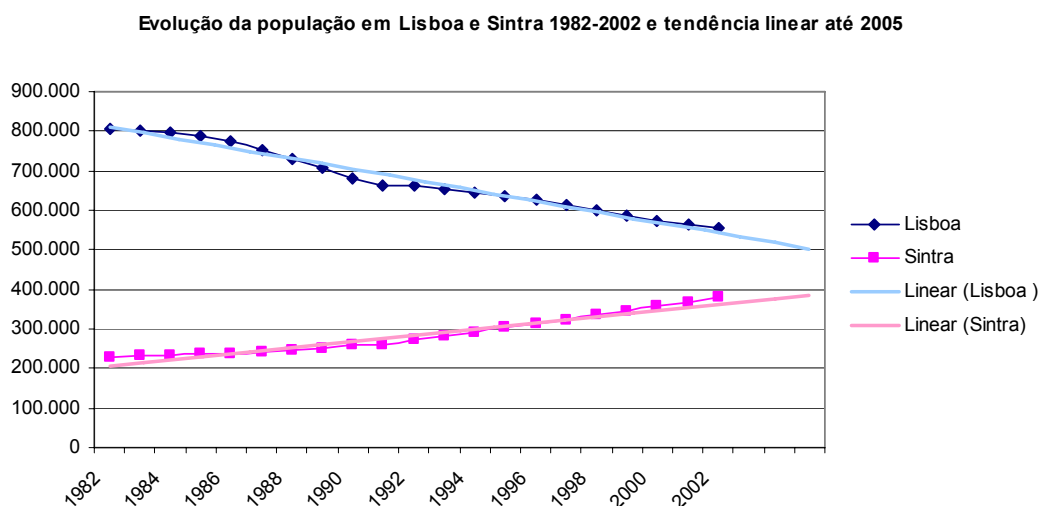


Figura 5.1 – Tendência de evolução da população de Lisboa e Sintra nos últimos anos.

(Fonte: PEDS, 2006)

Embora se observe um aumento no índice de envelhecimento (47,2 em 1991 e 56,5 em 2001), Sintra é o concelho com a estrutura etária mais jovem em toda a Área Metropolitana de Lisboa (AML). Predominam no concelho os indivíduos com idades entre os 30 e os 39 anos, de ambos os sexos.

As freguesias do corredor urbano Queluz/Portela de Sintra passaram a concentrar 82% da população de Sintra.

Refira-se que, estimativas mais recentes de dados, do ano 2008, referentes ao recenseamento eleitoral, apontam para uma população concelhia acima dos 450 mil habitantes.

5.1.2. Urbanidade do Território Concelhio

As áreas classificadas no Plano Director Municipal (PDM, 1999) como urbanas representam 55,4 km² (cerca de 17,4% do território concelhio), sendo as urbanizáveis da ordem dos 30 km² (cerca de 9,5%).

Considera-se que cerca de 35% da população reside em lugares com dimensões entre 50 mil e 100 mil habitantes.

Existe uma forte urbanização nas freguesias ancoradas ao eixo de acessibilidades orientado pela Linha de Sintra e pelo IC19 (Queluz, Agualva-Cacém, Algueirão-Mem Martins, Rio de Mouro e Belas).

Em termos de emprego, o concelho apresentou uma evolução mais dinâmica que a nacional nos sectores dos serviços de apoio às empresas, serviços sociais e de saúde, construção e obras públicas e actividades imobiliárias, além do turismo e papel/artes gráficas

- Comparativamente à AML, de destacar a dinâmica positiva mais forte no comércio a retalho, nas actividades agrícolas, além do comércio por grosso e turismo;
- Crescimento abaixo do verificado a nível nacional e da AML em sectores de especialização no concelho (químico, minerais não metálicos e metalurgia de base);
- Semelhança com o padrão nacional e metropolitano no forte crescimento dos serviços de apoio às empresas, dos transportes e comunicações, das actividades imobiliárias e da construção civil.

Semelhança com o padrão nacional e metropolitano nas actividades agrícolas, produtos minerais não-metálicos e metálicos e nos outros serviços.

5.1.3. Unidades de Paisagem e Uso do Solo

Na subregião de Sintra podem ser identificadas e sintetizadas quatro unidades de paisagem principais:

1. *Zona Saloia*: parte norte do concelho, ainda com características tipicamente agrícolas; a área agro-florestal da Serra da Carregueira.
2. *Faixa Litoral*, com grande diversidade de *habitats*, mas sujeita a crescente pressão urbanística.
3. *Serra de Sintra*, com um coberto vegetal ainda com espécies autóctones, mas que tem vindo a alterar-se devido à actividade agrícola e aos incêndios.
4. *Zona Sul Urbana*, com um elevado índice de espaço artificializado, em especial no eixo Amadora-Sintra.

No gráfico da figura 5.2 encontram-se representadas as classes principais do uso do solo, por superfície, em km², da área concelhia de Sintra.

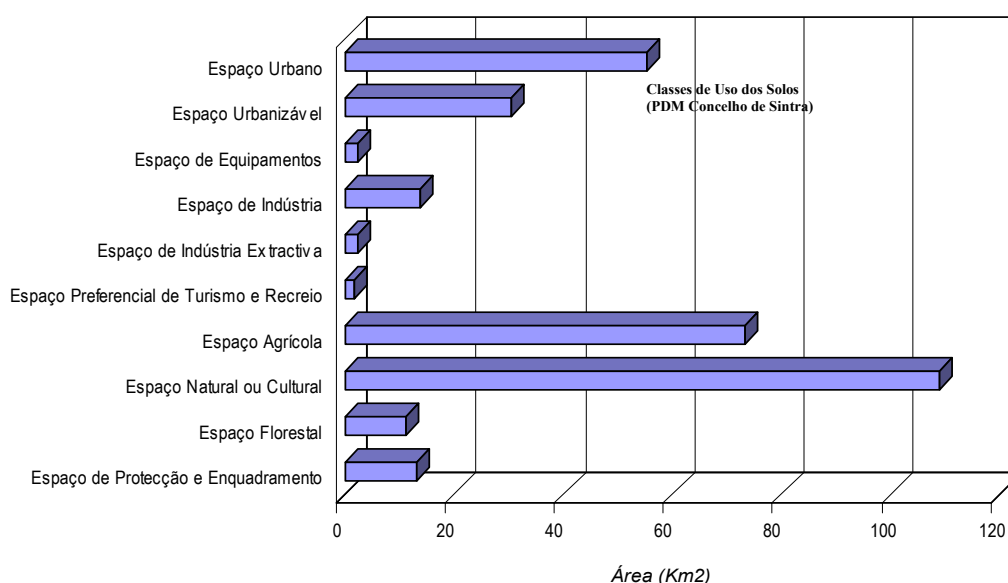


Figura 5.2 – Representação das Classes Principais do Uso do Solo na Subregião de Sintra (Fonte: PEDS, 2006).

Os espaços naturais ou com valências culturais constituem a principal classe de uso do solo do concelho, seguindo-se os espaços agrícolas. Grande parte dos espaços naturais estão protegidos, quer pelas servidões e condicionantes previstas nos vários planos de ordenamento do território, quer através de instrumentos legais específicos de conservação da natureza, em função das características particulares que apresentam.

Cerca de 12% dos solos do concelho são de elevada qualidade do ponto de vista agrícola, destacando-se a parte norte do concelho, nomeadamente a região de Almargem do Bispo. Solos com excelente aptidão agrícola.

A Serra de Sintra, a região vinícola de Colares e as zonas hortícolas das Azenhas do Mar e Pêro Pinheiro, são áreas específicas, com importância reconhecida no Programa Regional de Ordenamento Territorial da Área Metropolitana de Lisboa. De destacar os calcários em

Negrais, Pêro Pinheiro, Morelena, Lameiras e Belas, e, os arenitos, em Vale de Lobos e Belas (PEDS, 2006).

A carta de uso e ocupação do solo na área geográfica do concelho de Sintra encontra-se identificada na figura 5.3 seguinte.

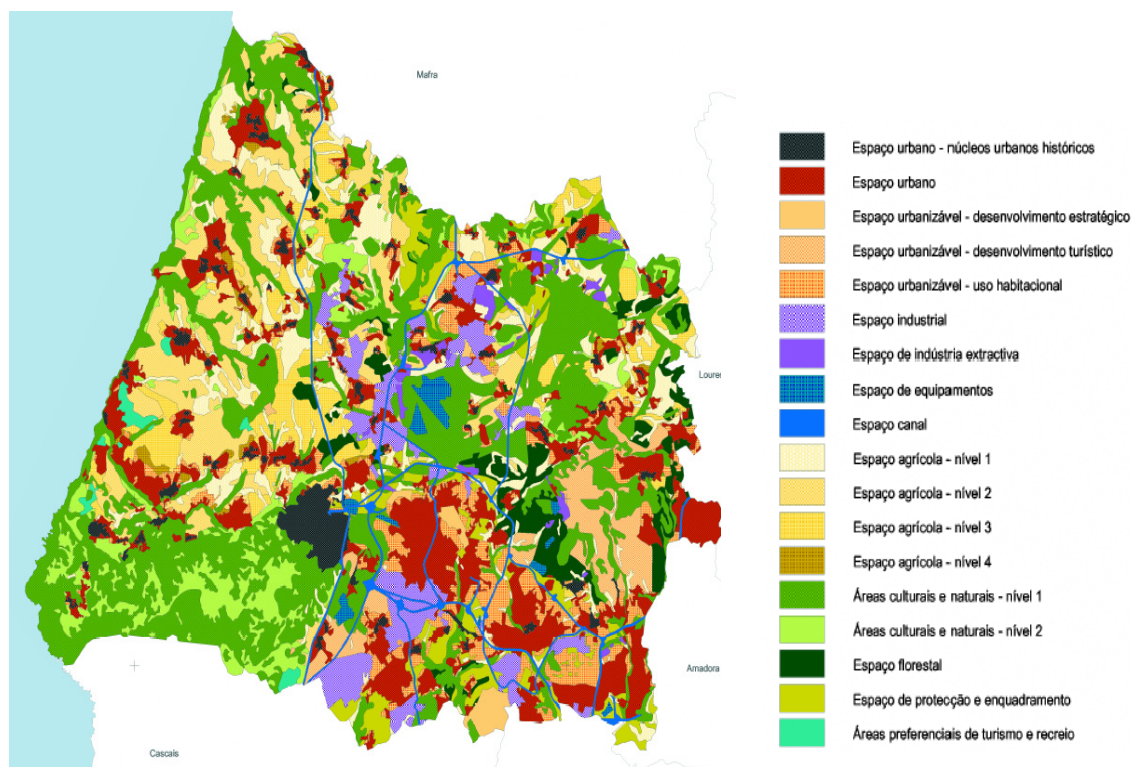


Figura 5.3 – Carta do Uso do Solo do Concelho de Sintra. (Fonte: PEDS, 2006).

5.2. Áreas Agrícolas e Similares de Possível Uso de Lamas

5.2.1. Zonas Agrícolas

Os valores estatísticos registados pelo INE para o Recenseamento Geral da Agricultura (RGA), em 1999, revelam, para o concelho de Sintra, a existência de uma Superfície Agrícola Utilizada (SAU) total de 9 284 ha, em que 1 233 explorações, com 1 ha ou mais, utilizam 7 616 ha. Existem, ainda, 317 explorações, de área inferior a 1 ha, que repartem uma SAU total de 301 ha, mas apenas utilizam 167 ha dessa SAU. Estes dados são reveladores de explorações agrícolas com uma dimensão média de cerca de 5 ha por

exploração, sendo as dimensões das menores (< 1 ha) da ordem de 0,53 ha por exploração, as quais representam, aproximadamente, 20,5% das existentes com superfície agrícola.

Porém, dados mais recentes apontam para que as áreas agrícolas do município de Sintra, com alguma continuidade de superfície, e, com base nos valores apresentados no PEDS, 2006, representam cerca de 7 000 ha de superfícies agrícolas utilizáveis.

Quanto ao tipo de culturas, novamente com base nos dados estatísticos do RGA de 1999, do INE, verifica-se que existiam 1 440 explorações com culturas temporárias, a que correspondia uma superfície de 5 367 ha (conferir a representatividade destas culturas no quadro 5.1).

Quadro 5.1 – Principais Culturas Temporárias no concelho de Sintra.

Culturas Temporárias	N.º Explorações	Área (ha)
Culturas hortícolas	982	1080
Culturas forrageiras	596	2557
Cereais para grão	573	1304
Leguminosas secas para grão	292	61
Batata	242	100
Sementes e propágulos	128	31
Prados temporários	48	129
Flores e plantas ornamentais	43	26
Culturas industriais	40	69
Outras culturas temporárias	15	6
Sementes e culturas forrageiras	10	3

(Fonte: INE, 2001)

As 669 explorações com culturas permanentes ocupam uma superfície de 479 ha, sendo as áreas culturais mais representativas as da vinha (219 ha), secundadas pelas de frutos frescos (173 ha), depois, surgem as áreas de citrinos (40 ha), seguidas pelas de olival (32 ha) e, menos representativas, as áreas de frutos secos (10 ha) e de viveiros (6 ha).

Atentos a dados mais recentes, das Estatísticas Agrícolas de 2007 (INE, 2008), verifica-se que, áreas agrícolas tradicionais estão a ser afectadas ao sector da agricultura biológica por “crescente consciencialização dos consumidores pelos problemas da segurança alimentar e pelas questões ambientais, tem contribuído para o desenvolvimento da agricultura biológica nos últimos anos”.

Embora representando apenas cerca de 7% da superfície agrícola utilizada, a agricultura biológica constitui, presentemente, um dos mais dinâmicos sectores agrícolas, para o qual não serão também alheios os apoios envolvidos, sendo que, a produção vegetal em 2006 representou 6,9% da SAU de 1999.

Entre 1993 e 2007, o sector da agricultura biológica desenvolveu-se a uma taxa média de crescimento anual de cerca de 34%.

Desta forma e para 2007, a área convertida a este modo de produção já atingia 233 475 ha, distribuída por 1 949 produtores, a nível do continente, enquanto que em 2006 existia uma superfície de 269 374 ha repartida por 1 696 explorações.

Contudo, estes valores deverão ser diminutos na aplicabilidade das lamas de depuração para valorização, em virtude das restrições de aplicação por cultura, por questões de segurança, e do parcelamento acentuado condicionarem o seu uso, ou mesmo não o permitirem para estes fins.

5.2.2. Zonas de Espaços Verdes

Os espaços verdes urbanos do concelho de Sintra caracterizam-se por apresentarem desde superfícies diminutas, correspondentes a pequenos canteiros em arruamentos urbanos, a superfícies com dimensões superiores a 10 000m², que estão directamente relacionadas com zonas de parques urbanos ou matilhas a envolver os perímetros habitacionais.

Quanto ao valor superficial dos espaços verdes urbanos existentes no presente, podem-se considerar os dados tratados pela CMS/Departamento de Ambiente e Intervenção Local, em 2008, após um levantamento no terreno.

Os mesmos foram registados em programação SIG e estão disponíveis em mapeamento em página web da CMS em MUNISIG, via intranet, onde estão localizados, por georeferenciação, todos os espaços verdes públicos por freguesias do concelho.

Desta forma, foram obtidos os valores descritos no quadro 5.2 da página seguinte, onde se constata o número de espaços verdes urbanos existentes e a área associada, que poderão contribuir para a produção de resíduos orgânicos biodegradáveis (ROB), distribuídos por cada freguesia do concelho.

Quadro 5.2 – Número e Áreas de Espaços Verdes Urbanos por Freguesia.

Freguesias do Concelho	Áreas de Espaços Verdes (m ²)	N.º de Espaços
Aqualva	116 664	545
Algueirão-Mem Martins	239 714	1 286
Almargem do Bispo	6 053	34
Belas	207 045	509
Cacém	125 394	303
Casal de Cambra	74 745	176
Colares	16 226	121
Massamá	204 678	476
Mira Sintra	101 722	301
Monte Abraão	185 745	507
Montelavar	13 513	31
Pero Pinheiro	7 722	69
Queluz	522 636	341
Rio de Mouro	358 936	1 086
S. João das Lampas	34 709	127
Santa Maria e S. Miguel	60 023	513
São Marcos	165 667	341
São Martinho	113 495	236
São Pedro de Penaferrim	38 420	177
Terrugem	10 970	78
TOTAL	2 604 077	7 257

Fonte: Levantamento de Espaços Verdes referenciados em MUNISIG-CMS, 2009.

A dimensão média geral das superfícies de espaços ajardinados apresenta um valor da ordem dos 359 m².

Analisando os dados da tabela dos registos SIG, por dimensão superficial, verifica-se que as 10 maiores superfícies verdes têm uma área correspondente a 515 782 m², representando 19,8% do geral e sendo referentes ao parque urbano de Casal de Cambra, à matinha de Queluz, à urbanização da cooperativa “O Nosso Lar” em Queluz, à urbanização Casal da Barota em Belas, à urbanização Cidade Desportiva em Monte Abraão, ao parque urbano da Bela Vista no Cacém, ao talude do parque infantil do Moínho em Mira Sintra, à quinta Nova da Assunção em Belas, ao parque da Liberdade e ao parque das Merendas, ambos em São Martinho.

Por sua vez, os espaços ajardinados com área maior ou igual a 10 000m² correspondem a 16 superfícies, perfazendo uma área de 584 336 m², representando cerca de 22,4% do total dos espaços verdes. Isto significa que as áreas verdes urbanas do concelho, com dimensão inferior a 1ha, são, aproximadamente, 78% das existentes. Entre estas, obtemos uma área de 315 524 m² correspondentes a jardins com dimensão maior ou igual a 5 000 m² e inferiores a 10 000 m² e que representam 12,1% das áreas de espaços verdes.

Para um intervalo compreendido entre dimensões superiores ou iguais a 500 m² e inferiores a 5 000 m², existe uma superfície de 1 078 242 m², representando cerca de 41,1%.

Considerando, também, um intervalo de superfícies entre valores maiores ou iguais a 50m² e inferiores a 500 m², ainda representativo da realidade dimensional dos espaços verdes do concelho de Sintra, obtemos uma área de 565 821 m², correspondente a 21,7% dessas superfícies verdes.

É de salientar que, este conjunto de espaços verdes produz um volume significativo de resíduos orgânicos biodegradáveis, resultantes de intervenções de manutenção periódicas, sobretudo, as relacionadas com operações de corte de relvados e mondas de infestantes, além das operações de poda e limpeza anual de árvores e arbustos.

Área de espaços verdes * 0,65 (% de superfícies de relvados e similares) * 5000 kg/ha * 24 (operações por ano) = Peso de ROB anual referentes a espaços verdes públicos de possível incorporação.

Obtemos, assim, por estimativa, cerca de 20 280 t de ROB anuais provenientes de resíduos de jardins públicos municipais.

A localização das zonas de espaços verdes urbanos do município de Sintra encontra-se representada no mapa da figura 5.4. a tom verde-claro.

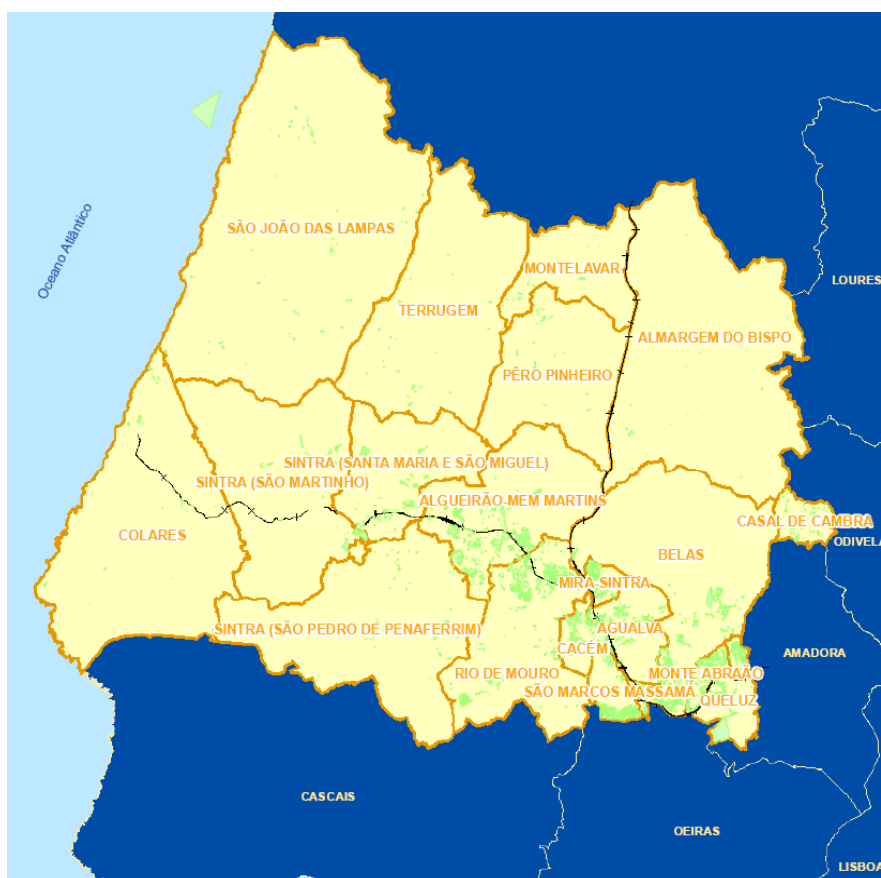


Figura 5.4 - Localização das zonas de espaços verdes urbanos no concelho de Sintra.

De salientar que as freguesias do eixo mais urbano, ao longo da linha de comboio Lisboa-Sintra, possuem maior área de espaços verdes urbanos, enquanto as freguesias de índole mais rural, sobretudo, a nordeste do concelho, apresentam menores áreas de espaços verdes.

A localização destes espaços verdes e a produção de resíduos que lhes está subjacente deverá ser tida em consideração na localização de um sistema centralizado de incorporação com lamas depurativas das ETAR.

5.2.3. Zonas Florestais

As zonas florestais, como um todo ou contínuo, representam no concelho de Sintra um valor superficial de cerca de 10 km². Porém, à área florestal mais genuína poderá ser adicionada cerca de 105 km² referentes a espaços naturais ou culturais, mas de índole predominantemente agro-florestal, perfazendo um total de 115 km², cerca de 36% do território concelhio.

Isto significa que, existiria uma área de possível incorporação de lamas de depuração para valorização agronómica de cerca de 11 500 ha, que, contudo, representará apenas 40% desse valor, em virtude das grandes zonas de declive acentuado e da integração da zona florestal da Serra de Sintra na área do Parque Natural Sintra-Cascais, onde parte dos espaços naturais estão protegidos.

As espécies mais representadas no município de Sintra são os pinheiros bravos e mansos (16% da área), seguida do cedro do Buçaco (12%). Os locais ocupados por acácias em situação de dominância correspondem a 10%, enquanto o pinheiro de alepo, eucaliptal, outras folhosas e povoamentos mistos de folhosas e resinosas contribuem com outros 10%. Há ainda 7% de área classificada como de regeneração ou plantações. Os restantes são incultos e áreas ardidas (PECSAC, 2009).

Para o cálculo da quantidade de resíduos florestais provenientes de povoamentos, devem ser tidas em consideração as seguintes convenções produtivas:

Pinheiro: os resíduos de biomassa proveniente do pinheiro são de 37,2 t/ha em 35 anos, ou seja, 1 060 kg/ha.ano.

Sobreiro: para resíduos de biomassa proveniente do sobreiro obtemos 1 350 kg/ha.ano.

Eucalipto: O total obtido para a biomassa residual com origem em eucaliptos é de 875 kg/ha.ano.

Azinheira: para a biomassa residual proveniente da azinheira é de 475 kg/ha.ano.

De grosso modo, e admitindo que os povoamentos seriam mistos e homogêneos em relação às espécies presentes, poderia afirmar-se que a média dos resíduos de povoamentos florestais, para estimativa de cálculo, é de 934 kg/ha.ano.

Para o valor superficial considerado das zonas florestais do concelho de Sintra poderemos estimar uma média anual de 4 296,4 t de resíduos florestais e similares, dos quais, à volta de 5% em regime público, o que colocaria disponíveis cerca de 215 t para incorporação em processos de aproveitamento do biogás em co-geração.

5.3. Modelo Conceptual para a Gestão das Lamas de Sintra

5.3.1. Análise do Escoamento

Atendendo aos valores de produção anual de lamas nas diferentes ETAR de Sintra e ao seu escoamento para valorização na agricultura nos anos em análise, as eficiências de encaminhamento e incorporação em solos agrícolas deste subproduto de depuração são bastante elevadas. Os resultados obtidos demonstram que, do ano 2007 para o ano 2008, houve um aumento da incorporação ao passar de valores de 83% para 100%, conforme se analisou no ponto 4.3 do presente documento.

Apesar da elevada eficácia na resolução da valorização das lamas geradas, verifica-se que é necessário encontrar, ou existir, um destino final capaz de promover a incorporação dessas lamas no solo.

As parcelas agrícolas onde foi efectuada a valorização das lamas estão a algumas dezenas de quilómetros de distância da fonte de origem, o que implicou aumentar os custos com o seu transporte e, conseqüentemente, diminuir os ganhos da valorização, em termos ambientais, por emissão, também, de maiores quantidades de gases com efeito de estufa.

Este facto induz à procura de soluções que passem pela diminuição das distâncias a percorrer para deposição de lamas em solos adequados à incorporação, implicando maior dinâmica local na divulgação destes produtos depurativos e no contacto com eventuais agricultores interessados.

Na área geográfica do concelho de Sintra existe uma estrutura fundiária onde é possível encontrar zonas com parcelas de dimensão muito variada, desde áreas médias de 0,5 a 5,2 ha.

Esta conjuntura de avaliações trás, como consequência, a ponderação para se desenvolverem processos de tratamento da fase líquida das águas residuais minimizadores da produção de grandes volumes de lamas, mas que tenham em conta as boas práticas ambientais.

5.3.2. Conceptualização dos Núcleos de Produção de Biomassa

Os núcleos de produção de biomassa (lamas ou bioresíduos) das ETAR acentam em tratamento por processos de degradação biológica como: lamas activadas, leito percolador e discos biológicos.

Aplicando a metodologia adoptada por Duarte *et al.* (2005), assume-se que o regime de produção diária de lamas é contínuo, incluem-se no modelo de gestão todas as ETAR cujo *layout* tenha essa característica e sirvam uma população equivalente a 10 000 HE/dia e inferior a 60 000 HE/dia (Classe 3, casos de Colares S1 e S2).

Pode-se incluir as ETAR com processo de secagem móvel, do tipo leito de secagem, não contínuo, e que servem populações equivalente inferiores a 10 000 HE/dia, sobretudo, em cenários futuros de renovação das estações já existentes.

5.3.3. Cenários de Gestão de Lamas

Para delinear um cenário de gestão das lamas de ETAR devem ser ponderadas todas as características avaliadas até agora, designadamente, os núcleos de produção de lamas existentes na região, para definição das ferramentas tecnológicas disponíveis para o delineamento do modelo, balizando-se opções de integração de outros tipos de resíduos, nos casos em que a opção seja a gestão conjunta com sistemas complementares de tratamento, ou, em casos onde a gestão individualizada seja a escolha mais adequada, ou, ainda, para opções mistas, face à realidade da região considerada.

Assim, de acordo com a bibliografia referenciada anteriormente no capítulo 2, quando as lamas das águas residuais são manuseadas no local da sua produção, considera-se que as MTD são a utilização de uma ou várias das seguintes opções:

- Operações preliminares;
- Operações de espessamento de lamas;
- Estabilização de lamas;
- Condicionamento de lamas;
- Técnicas de desidratação de lamas;
- Operações de secagem;
- Oxidação térmica de lamas;
- Aterro de lamas *in situ*.

No caso da subregião de Sintra, considera-se ser correcto avaliar um cenário base de gestão individualizada para as ETAR de menor produção anual de lamas e um cenário alternativo, capaz de conduzir à integração de sistemas de tratamento avançados, para as ETAR de maior capacidade de produção de lamas (Classe 3).

5.3.3.1. Cenário de Base

Num cenário base está implícita a gestão individualizada das lamas geradas em cada ETAR, tal como decorre presentemente, onde a incorporação da quase totalidade das lamas produzidas tem como destino final as culturas extensivas, logo, grandes parcelas. Porém, este aspecto determina a coexistência de aglomerados populacionais muito concentrados, o que, actualmente, só será, ainda, viável na zona situada a Nordeste do concelho de Sintra, onde existem propriedades agrícolas com alguma dimensão, embora, com práticas culturais de domínio predominante hortícola, mas em regime intensivo, como é verificável na freguesia de Almargem do Bispo, e na freguesia de S. João das Lampas, contudo, neste último caso, situada na zona Norte litoral, também, pressionada por avanços urbanísticos de índole habitacional e recreativa ou turística.

Deste modo, considera-se que os factos presentes não são compatíveis para um todo das estações de tratamento existentes, sobretudo, com cenários de aumento da densidade populacional da subregião, pelo menos a médio/longo prazo, em conjugação com uma crescente diminuição da superfície agrícola utilizada, que estaria disponível para essa combinação valorizativa das lamas de ETAR.

Contudo, existe, ainda, a possibilidade de se considerarem áreas de aplicação de lamas depuradas referentes à SAU e às superfícies de espaços verdes públicos de maior dimensão parcelar.

A tecnologia de base a aplicar para estes processos resultará do valor mais favorável da matriz de avaliação explicitada no ponto 2.4.5 deste estudo, depois de ponderados todos os vectores determinantes existentes na região de Sintra.

De um modo geral, e sem atender à ponderação, o processo base que garante uma melhor higienização e estabilização das lamas de modo integrado é a calagem avançada (RDP - calagem com pasteurização em recipiente fechado), conforme o defendido por alguns estudos de autores referenciados no capítulo 2.

5.3.3.2. Cenário Alternativo

Atendendo ao crescimento populacional que se tem vindo a verificar nos últimos anos na subregião de Sintra e ao alargamento do saneamento básico a zonas isoladas, o sistema de saneamento está a sofrer profundas alterações com a construção de novas ETAR, remodelação e ampliação das já existentes, e fecho de algumas pequenas ETAR situadas em zonas próximas dos grandes sistemas.

Face ao exposto, os resíduos mais ricos em matéria orgânica biodegradável, podem e devem ser contabilizados em termos do potencial de produção de biogás por DA.

A opção tecnológica a considerar neste cenário, resultará, também, da avaliação matricial das MTD que se adequem à realidade da região de Sintra depois de ponderadas. É de referir, no entanto, que o processo integrado de hidrólise térmica adicionado de DA mesofílica com co-geração constitui um dos tratamentos melhor avaliados.

A DA aplicada às lamas primárias decantadas e também às lamas secundárias geradas em processos de tratamento secundário, de natureza aeróbia, a que é sujeita a fracção líquida nas ETAR, oferece um meio de redução significativa da carga orgânica do esgoto, com produção de biogás com um valor económico apreciável, se aproveitado para produção de energia eléctrica e/ou térmica.

Como exemplo destas preocupações ambientais na gestão das lamas das ETAR de Sintra, houve uma articulação, desenvolvida pelos SMAS-Sintra, com outras empresas municipais, de natureza pública ou público/privada, para a valorização energética do biogás a produzir na ETAR da Ribeira de Colares (S2).

Trata-se de um projecto desenvolvido pelos SMAS-Sintra, Agência Municipal de Energia de Sintra (AMES), Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (INETI) e Gabinete de Estudos Técnicos, Lda (GRADUS), que consiste na reconversão dos dois digestores anaeróbios existentes na ETAR, que funcionam a frio e em regime aberto, para os colocar a funcionar em série, aquecendo o digestor primário e utilizar o biogás produzido num grupo de co-geração de 60 kW constituído por motor-gerador dotado de sistema de recuperação de calor. Ainda em fase preliminar, o projecto pretende, também, fornecer energia eléctrica ao sistema eléctrico de serviço público em regime de autoconsumo e fornecer energia térmica para aquecimento do digestor e estufas.

5.3.4. Avaliação Económica das Soluções Propostas

Por razões económicas, ligadas aos custos dos equipamentos de co-geração, o aproveitamento energético do biogás produzido só se justifica nas ETAR de média ou, de preferência, de grande dimensão.

Quando não haja essa justificação deverá proceder-se à queima do biogás, libertado numa tocha, para minimizar a passagem do metano para a atmosfera, a qual, a ocorrer, tem uma contribuição muito negativa em termos ambientais.

Considerando que, a 1 HE corresponde a uma produção de cerca de 20 litros de biogás/dia, apresentam-se, no quadro 5.3, os potenciais de produção de biogás, correspondentes à população servida, em 2006, num ano intermédio e no final dos projectos, nas ETAR do subsistema de Sintra.

Quadro 5.3 – Valor Potencial da Produção de Biogás no Total das ETAR

Ano	Total HE	Biogás (m ³ /d)
2006	55 183	1 103,66
Intermédio	85 307	1 706,14
Final	115 432	2 308,64

As conversões em energia determinam que à composição média do biogás produzido nas ETAR corresponde um poder calorífico de cerca de 23 027 kJ/m³ (5 500 kCal/m³).

Então, o valor energético diário estimado para o biogás perdido, no ano de 2006, terá sido de:

$$1\ 103,66\ \text{m}^3/\text{d} * 23\ 027\ \text{kJ}/\text{m}^3 = 25\ 413\ 978,82\ \text{kJ}/\text{d} = 25,4 * 10^6\ \text{kJ}/\text{d}.$$

Ou,

$$1\ 103,66\ \text{m}^3/\text{d} * 5\ 500\ \text{kCal}/\text{m}^3 = 6,07 * 10^6\ \text{kCal}/\text{d}.$$

Como 1 kWh <> 859,85 kCal, obtemos cerca de 7,06 * 10³ kWh/d. Isto é, cerca de 2 576,9 * 10³ kWh/ano.

Atendendo a que o equipamento de co-geração tem uma disponibilidade anual de cerca de 300 dias o factor de utilização será 300/365 = 0,822 e o total da energia eléctrica produzida será: 2 118,21 * 10³ kWh/ano.

Considerando, igualmente, que o rendimento de conversão do biogás em electricidade é, em regra, de 30%, tem-se: 635,46 * 10³ kWh/ano.

Portanto, se considerarmos como 0,1 €/kWh o valor médio de venda da energia à rede pública, a receita bruta será:

$$\text{Valor total da energia eléctrica} = 635\ 460 * 0,1 = 63\ 546\ \text{€}$$

Como estimativa do custo de manutenção do equipamento de co-geração considera-se o valor de 0,01 €/kWh produzido.

Assim, o valor de receita líquida prevista para o ano de 2006 teria sido:

$$\begin{aligned} & \text{Receita da venda da energia eléctrica produzida (estimativa de 2006)} = \\ & = 63\,546 \text{ €} - 6\,355 \text{ €} = 57\,191 \text{ €/ano.} \end{aligned}$$

Simulando, agora, uma produção média anual de biogás referente ao ano intermédio, de cerca de $9,38 * 10^6$ kCal/d. Este valor é equivalente a cerca de $982,29 * 10^3$ kWh/ano, atendendo, já, ao factor de utilização da co-geração e ao rendimento de conversão do biogás em electricidade.

Prevê-se, então, como receita líquida da produção de energia eléctrica, por esta via alternativa, um valor de 88 406 €.

O biossólido resultante é mais estável, a percentagem de matéria seca atinge quase o dobro do processo básico e apresenta nível superior de maximização da reutilização agrícola com menores volumes de lamas produzidas.

A receita líquida, referida no processo anterior, corresponde a aproximadamente 65% dos gastos energéticos dispendidos com o tratamento dos mesmos resíduos por processo básico de calagem avançada, ou seja, além da incorporação de cal viva no tratamento, a energia dispendida com a pasteurização teria um valor de cerca de 136 009 €.

A estes valores do balanço energético resultante da biomassa da lama de ETAR, podem-se adicionar, pelo menos, valores do potencial energético proveniente da biomassa gerada em espaços de gestão pública, estimada em cerca de 20 495 t de ROB, susceptíveis de incorporação em processos de integração de sistemas de tratamento avançados, nas ETAR de maior capacidade de produção de lamas.

Para se consolidar todo um conjunto de custos e benefícios que levem à tomada de decisão de forma sustentável em termos ambientais, económicos e sociais torna-se necessário aprofundar ao máximo a informação existente, rever estimativas, desenvolver outros estudos que permitam confirmar as exactas biomassas e superfícies disponíveis na região de Sintra, delinear estratégias com flexibilidade suficiente que garantam adaptação a novos conhecimentos ou tecnologias.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o tratamento de efluentes domésticos nas ETAR são produzidas lamas de depuração, que resultam da matéria orgânica extraída ao efluente e do crescimento de microrganismos. A gestão de lamas de ETAR deve ser baseada numa análise rigorosa e desagregada das suas principais características de produção, do tipo de solos disponíveis e actividades culturais efectuadas, da possibilidade de integração de outro tipo de resíduos orgânicos e da susceptibilidade ambiental da região.

A reciclagem agrícola das lamas faz-se tirando proveito do seu poder fertilizante devido à matéria orgânica e aos nutrientes que contêm.

No controlo da qualidade das lamas depuradas, alguns dos parâmetros muito importantes de analisar são, sobretudo, os dos metais pesados, visto serem aqueles que causam maiores preocupações, devido à inibição da nitrificação no solo e à sua toxicidade, com, eventual, introdução na cadeia alimentar.

A classe dimensional das ETAR do subsistema de Sintra, por HE servidos, resulta no seguinte agrupamento:

- * Classe 1: < 1 000 HE = (2 ETAR) <> 1 600 HE.
- * Classe 2: > 1 000 e < 10 000 HE = (7 ETAR) <> 25 745 HE.
- * Classe 3: > 10 000 e < 60 000 HE = (2 ETAR) <> 27 838 HE.

Da análise efectuada verificou-se que o processo de tratamento por Lamas Activadas é o mais representativo dos processos de depuração em curso na subregião de Sintra e corresponde a cerca de 83% do total de HE servidos.

Contudo, face a estimativas efectuadas com os valores das lamas produzidas em 2007 e 2008, considera-se existir um crescimento acentuado desses valores, quase o dobro dos HE estimados em 2006, o que poderá revelar subdimensionamento das ETAR em funcionamento no subsistema de Sintra a curto/médio prazo.

Os dados microbiológicos das amostras das lamas geradas e estabilizadas por calagem nas ETAR de Sintra permitem concluir que existe a necessidade de controlo sobre o parâmetro respeitante à presença de *Salmonella*. A presença de bactérias, ou outros patogéneos, na matéria orgânica biodegradável de aterros ou parques de lamas é indesejável, uma vez que contribui para a produção de odores e emissões de gases com efeito de estufa, ao favorecer a formação de CO₂ e do CH₄, além do risco de doenças.

Em relação às quantidades de lamas produzidas em 2007 e 2008, o somatório anual mais elevado das 11 ETAR da subregião de Sintra atingiu um máximo de 4 156,0 t, correspondendo o valor mais significativo, de 1 432,0 t, à ETAR da Ribeira de Colares (S2),

o qual representa cerca de 35% do total das lamas geradas no subsistema, e o menor dos valores, de 7,0 t, pertenceu à ETAR da Azóia.

Verificou-se, ainda, que o somatório das lamas geradas pelas 4 maiores ETAR (Colares (S2), Colares (S1), Montelavar e Cavaleira), representam uma produção de 80%.

O processo de tratamento nestas estações é por Lamas Activadas e este tipo de depuração corresponde a produções de 3 649 t de lamas.

Quanto ao destino final das lamas de Sintra há um predomínio de incorporação em explorações com práticas de culturas arvenses, cerca de 59%, seguindo-se-lhes explorações com culturas mistas (milho e tomate), 29%, prado, 9% e, por último, culturas de hortícolas, com 3%.

O principal concelho da Região de Lisboa e Vale do Tejo destinatário das lamas das ETAR de Sintra para valorização agronómica é o de Palmela, com 51% do destino final das lamas, seguido pelo concelho de Coruche com 30%. Os concelhos de Montijo e Benavente repartem, aproximadamente, a restante quantidade.

Foram indicados pelos SMAS-Sintra como custos de encaminhamento das lamas, para valorização na agricultura, verbas da ordem dos 11,00 € por tonelada de lama produzida.

As parcelas agrícolas onde foi efectuada a valorização das lamas estão a algumas dezenas de quilómetros de distância da fonte de origem, o que implicou aumentar os custos com o seu transporte e, conseqüentemente, diminuir os ganhos da valorização, em termos ambientais, por emissão de maiores quantidades de gases com efeito de estufa.

Este facto induz à procura de soluções que passem pela diminuição das distâncias a percorrer para deposição de lamas em solos adequados à incorporação, implicando maior dinâmica local na divulgação destes produtos depurativos e no contacto com eventuais agricultores interessados.

Porém, as explorações agrícolas do concelho de Sintra apresentam uma dimensão média de cerca de 5 ha por exploração, sendo as dimensões das menores (< 1 ha) da ordem de 0,53 ha por exploração, representando, aproximadamente, 20,5% das existentes com superfície agrícola utilizada.

Cerca de 12% dos solos são de elevada qualidade do ponto de vista agrícola, destacando-se a parte norte e nordeste do concelho, nomeadamente, a freguesia de Almargem do Bispo. Esta localização dos solos com aptidão agrícola coincide com os locais de instalação da maioria das ETAR.

Quanto ao tipo de culturas, verificou-se que existiam 1 440 explorações com culturas temporárias, a que correspondia uma superfície de 5 367 ha, referentes a culturas forrageiras, de cereais para grão e hortícolas. As 669 explorações com culturas permanentes ocupam uma superfície de 479 ha, sendo as culturais mais representativas as

da vinha (219 ha), secundadas pelas de frutos frescos (173 ha), depois, surgem as áreas de citrinos (40 ha), seguidas pelas de olival (32 ha) e, menos representativas, as áreas de frutos secos (10 ha) e de viveiros (6 ha).

Da análise ao levantamento dos espaços verdes urbanos constatou-se que a subregião de Sintra possui uma área total de 260,4 ha, sendo os de área maior ou igual a 10 000 m² referentes a 16 superfícies, perfazendo esses espaços verdes 584 336 m², representando cerca de 22,4%. A dimensão média geral das superfícies de espaços ajardinados apresenta um valor da ordem dos 359 m².

Para estas superfícies obtivemos, por estimativa, cerca de 20 280 t de ROB anuais provenientes de resíduos de manutenções dos jardins públicos municipais.

As zonas florestais, representam no concelho de Sintra um valor superficial de 10 km². Porém, à área florestal mais genuína poderá ser adicionada cerca de 105 km² referentes a espaços naturais ou culturais, mas de índole predominantemente agro-florestal, perfazendo um total de 11 500 ha, cerca de 36% do território concelhio.

A esta área poderemos estimar uma produção anual média de 4 296,4 t de resíduos florestais e similares, sendo 5% em regime público, o que colocaria disponíveis cerca de 215 t de ROB para incorporação em processos avançados de aproveitamento do biogás em co-geração.

Na conceptualização dos núcleos de produção de biomassa assume-se que o regime de produção diária de lamas é contínuo, incluem-se no modelo de gestão todas as ETAR cujo *layout* tenha essa característica e sirvam uma população equivalente a 10 000 HE/dia e inferior a 60 000 HE/dia (casos das ETAR de Colares S1 e S2).

Pode-se incluir as ETAR com processo de secagem móvel, do tipo leito de secagem, não contínuo, e que servem populações equivalente inferiores a 10 000 HE/dia, sobretudo, em cenários futuros de renovação das estações já existentes.

Os diversos processos e/ou tecnologias de tratamento de “Lamas de ETAR”, podem ser associados a critérios de avaliação, de forma a construir-se uma matriz de avaliação das MTD para os processos de estabilização de lamas, que permita seleccionar o processo / tecnologia mais viável, enquadrado numa análise do sistema ambiental melhor adequado para a região.

No caso da subregião de Sintra, considera-se ser correcto avaliar um cenário base de gestão individualizada para as ETAR de menor produção anual de lamas e um cenário alternativo, capaz de conduzir à integração de sistemas de tratamento avançados, para as ETAR de maior capacidade de produção de lamas.

A gestão individualizada das lamas geradas em cada ETAR, tal como decorre presentemente, onde a incorporação da quase totalidade das lamas produzidas tem como

destino final as culturas extensivas em grandes parcelas, só será, ainda, viável na zona situada a nordeste do concelho de Sintra, onde existem propriedades agrícolas com alguma dimensão, embora, com práticas culturais de domínio predominante hortícola, em regime intensivo, como é verificável na freguesia de Almargem do Bispo e na freguesia de S. João das Lampas.

Todas as estratégias que permitam uma redução da quantidade de lamas produzidas, com minimização do volume de biossólidos, redução de manuseamento e transporte, são claramente vantajosas em termos conceptuais da gestão de lamas. Os resíduos mais ricos em matéria orgânica biodegradável, podem e devem ser contabilizados em termos do potencial de produção de biogás por DA.

A DA aplicada às lamas primárias decantadas e também às lamas secundárias geradas em processos de tratamento secundário, de natureza aeróbia, a que é sujeita a fracção líquida nas ETAR, oferece um meio de redução significativa da carga orgânica do esgoto, com produção de biogás com um valor económico apreciável, se aproveitado para produção de energia eléctrica e/ou térmica.

É exemplo de preocupações ambientais a articulação desenvolvida pelos SMAS-Sintra com outras empresas municipais, para a valorização energética do biogás a produzir na ETAR da Ribeira de Colares (S2). Diligências similares serão de incentivar e valorizar, porém, estes projectos carecem de sustentabilidade aprofundada e enquadrarem-se na susceptibilidade ambiental da região.

Por razões económicas ligadas aos custos dos equipamentos de co-geração o aproveitamento energético do biogás produzido só se justifica nas ETAR de média ou, de preferência, de grande dimensão. Quando não haja essa justificação deverá proceder-se à queima do biogás, libertado numa tocha, para minimizar a passagem do metano para a atmosfera, a qual, a ocorrer, tem uma contribuição muito negativa em termos ambientais.

Dos dados recolhidos calculou-se o valor energético diário estimado para o biogás perdido nas ETAR de Sintra, no ano de 2006, $25,4 * 10^6$ kJ/d, ou seja, cerca de $2 576,9 * 10^3$ kWh/ano. Considerando, também, que do rendimento da co-geração e da conversão do biogás em electricidade obtem-se $635,46 * 10^3$ kWh/ano, determinou-se que o valor de receita líquida, prevista para o ano de 2006, teria resultado em 57 191 €.

Simularam-se, também, valores de produção de energia, através do biogás em processo integrado de tratamento de lamas por DA + co-geração, referente a um ano intermédio, com os gastos energéticos dispendidos com o tratamento dos mesmos resíduos por processo básico de calagem avançada. A receita líquida esperada, no primeiro processo, corresponde a cerca 65% dos gastos energéticos dispendidos com o tratamento dos mesmos resíduos por processo básico de calagem avançada, ou seja, além da

incorporação de cal viva no tratamento, a energia dispendida com a pasteurização teria um valor de cerca de 136 009 €.

Considera-se, ainda, que aos valores do balanço energético resultante da biomassa da lama de ETAR, podem-se adicionar, pelo menos, valores do potencial energético proveniente da biomassa gerada em espaços de gestão pública, a qual foi estimada em 20 495 t de ROB, susceptíveis de incorporação em processos de integração de sistemas de tratamento avançados, nas ETAR de maior capacidade de produção de lamas.

A concluir, considera-se, igualmente, que para se consolidar todo um conjunto de custos e benefícios que levem à tomada de decisão de forma sustentável em termos ambientais, económicos e sociais, torna-se necessário aprofundar ao máximo a informação existente, desenvolver toda uma monitorização de avaliação de resultados, rever estimativas, avançar com outros estudos que permitam confirmar as exactas biomassas e superfícies disponíveis na região de Sintra, delinear estratégias com flexibilidade suficiente que garantam adaptação a novos conhecimentos ou tecnologias, pelo que, o delinear de um modelo conceptual de gestão, de lamas ou qualquer que seja, deverá ser sempre um documento dinâmico, adaptável e capaz de incorporar novos saberes oriundos dos diversos vectores que constituem o nosso mundo global.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguado-Monsonet, M. A. (2005). *Prevenção e Controlo Integrados da Poluição. Resumo do Documento de Referência sobre as Melhores Técnicas Disponíveis para as Indústrias de Tratamento de Resíduos*. Comissão Europeia. Instituto de Estudos de Prospectiva Tecnológica. Seville. 11 Pp. Disponível em: <http://ejppcb.jrc.es>. Acesso em: 12/07/2008.

Andreoli, C. V.; Lara, A. I.; De.; Ferreira, A. C.; Bonnet, B. R. P.; Pegorini, E. S. (1998). *Gestão dos Biossólidos Gerados em Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico*. Engenharia e Construção, Curitiba, Setembro/98, N.º 24. Disponível em: http://www.sanepar.com.br/Sanepar/Gecip/Congressos_Seminarios/Lodo_de_Esgoto/gestao_biossolidos_ETEs.pdf Acesso em: 12/07/2008.

Azevedo, R. T. (2003). *Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Urbanas*. Disponível no Portal Naturlink. Acesso em: 05/10/2007.

Azevedo, R. T. (2004). *Gestão e Valorização de Lamas de ETAR*. Disponível no Portal Naturlink. Acesso em: 05/10/2007.

Brito, J. M. C. (1986). *As Lamas Pretas como Fertilizante: contribuição para o seu estudo*. Tese de Doutoramento. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

Castanheira, E. G.; Fernandes, P.; Ferreira, C. M. (s/data) – *Compostagem de lamas mistas: caso de estudo para a ETAR de Coimbra*. Coimbra. 13 Pp. Disponível em: http://www.esac.pt/Jornadas/Sess%C3%A3o%204/comunicacao_lamas%20de%20ETAR.pdf. Acesso em: 05/10/2007.

Chagas, W. F. (2000). *Estudo de Patogéneos e Metais Pesados em Lodo Digerido Bruto e Higienizado para Fins Agrícolas, das Estações de Tratamento da Ilha de Governador e da Penha no Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro. Disponível em: www.prtalteses.cict.fiocruz.br. Acesso em 05/10/2007.

Consiste. (2007) - *Tecnologias de Informação e da Comunicação*. Lisboa. 50 Pp. Disponível em: http://www.enangola.com/stiangola2007/intervencoes/11jebravo_consiste.pdf. Acesso: 06/10/2007.

Cordovil, C. (2007). *Aplicação de Resíduos. Acção dos Microrganismos do Solo*. Apontamentos de Apoio da Unidade de Créditos de Valorização Agronómica e/ou Energética de Resíduos do 2º Ciclo em Engenharia do Ambiente. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa. 74 Pp.

Cunha-Queda, A. C. F. (1999). *Dinâmica do azoto durante a compostagem de matérias biológicas putrescíveis*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Agro-Industrial. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. 257 Pp.

Decreto-Lei n.º 152/2002. Diário da República – I Série, de 23 de Maio, estabelece limites de deposição de resíduos orgânicos biodegradáveis em aterros.

Decreto-Lei n.º 118/2006. Diário da República – I Série, de 21 de Julho, transpõe para o Direito Interno a Directiva n.º 86/278/CE, do Conselho de 12 de Junho.

Dias, J.C.S. (2004). *Guia de boas práticas – Aplicação de Lamas na Agricultura*. Lisboa. Reciclamas Multigestão Ambiental, S.A., Lisboa. 159 Pp.

Directiva 2003/30/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 8 de Maio de 2003, relativa à promoção da utilização de biocombustíveis ou de outros combustíveis renováveis nos transportes. UE.

Doutor, J. R. C. (2008). *Tecnologia NeredaTM aplicada à ETAR de Frielas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente – Perfil Sanitária. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

Duarte, E. A. (2007). *Biomassa: Características e Valorização Energética*. Apontamentos de Apoio da Unidade de Créditos de Valorização Agronómica e/ou Energética de Resíduos do 2º Ciclo em Engenharia do Ambiente. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa. 84 Pp.

Duarte, E. A.; Reis, I. B. (2002). *A calagem como processo de estabilização e higienização de lamas de ETAR*. Disponível em www.apda.pt Acesso em: 06/10/2007.

Duarte, E. A.; Reis, I. B.; Martins, M. B. O.; Trindade, C. P. (2005). *Optimização da gestão de lamas: tratamento, armazenamento e destino final*. DQAA, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa. 17 Pp.

EEA (European Environmental Agency) (2001). – *Environmental Signals environmental assessment report*. N.º 8. Luxemburgo, 2001. ISBN 92-9167-271-8. (Cit. in Castanheira *et al.*, s/data).

Frazão, A.; Catarino, L. (1999). Lamas, a sua valorização. Revista trimestral do Ambiente.

Gray, N. F. (2004). *Biology of wastewater treatment*. Imperial College Press, Second Edition, London. (Cit. in Doutor, 2008).

Inácio, M. F. M. (1995). Tratamentos Preliminares e Tratamentos Primários. **In: Tratamentos Físicos e Físico-Químicos em Águas Residuais**. APEMETA. Ed. INETI. Lisboa. 14 Pp.

INE. IP. (2001). *Recenseamento Geral da Agricultura. 1999*. Ribatejo e Oeste. Ed. Instituto Nacional de Estatística I.P. Lisboa. Portugal.

INE. IP. (2008). *Estatísticas Agrícolas 2007*. Ed. Instituto Nacional de Estatística I.P. Lisboa. Portugal.

Lopes, M. H. S. D. (2002). *Estudo do comportamento de metais pesados na combustão de lamas residuais urbanas em leito fluidizado*. Dissertação de Doutoramento. FCT/UNL. Lisboa. 317 Pp.

Martinho, A. P. (2008) - Renováveis em crescimento. **In Ingenium**. N.º 105, II série. Ed. Ingenium Edições Lda. Lisboa. Pp 18-20.

Mata, A.; Paulo, I.; Álvaro, P.; Alves, R. (2003). *Gestão de lamas da SIMTEJO . Situação actual e futura*. Disponível em <http://www.apda.pt>. Acesso em: 12/07/2008.

MetCalf & Eddy. (1991). *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*. 3.^a Edição. Singapore: Mc-Graw-Hill International Editions. ISBN 0-07-100824-1. (Cit. in Castanheira *et al.*, s/data).

MUNISIG-CMS. (2009). *Sistema Municipal de Informação Geográfica da Câmara Municipal de Sintra*. Ed. Câmara Municipal de Sintra, Sintra.

PDM. (1999). *Plano Director Municipal do Concelho de Sintra*. Ed. Câmara Municipal de Sintra, Gabinete do Plano Director de Sintra, Sintra.

PEAASAR II. (2007). *Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007-2013*. Ed. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa. 171 Pp.

PECSAC. (2009). *Alterações Climáticas - Sintra. Plano Estratégico do Concelho de Sintra face às Alterações Climáticas. Relatório Executivo e Integrador*. F. D. Santos e R. Aguiar (Editores). Câmara Municipal de Sintra, Sintra. 48 Pp.

PEDS. (2006). *Plano Estratégico de Desenvolvimento de Sintra*. Ed. Câmara Municipal de Sintra, Departamento do Plano Estratégico, Sintra.

Pinto, A. P. M. (1995). *Alguns aspectos do interesse fertilizante das lamas de ETAR*. Mestrado em Nutrição Vegetal, Fertilidade dos Solos e Fertilização. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. 130 Pp.

Reciclamas. (2007). Tecnologias para a Água – Lamas de ETA e ETAR crescem 400 por cento. *In Água & Ambiente*. 4 Julho 2007.

Reed, S. C.; Crites, R. W.; Middlebrooks, E. J. (1995). *Natural Systems for waste management and treatment*. 2.^a Edition, McGraw-Hill, Inc.

Rijo, J.P.B.C. (2006). *Estudo do potencial de valorização de lamas geradas em ETAR: caso de estudo: ETAR de Fátima*. Relatório do trabalho de fim de curso da licenciatura em Engenharia do Ambiente. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 50 Pp.

Santos, J. Q. (2001). *Fertilização e Ambiente. Reciclagem Agroflorestal de resíduos e afluentes*. Edições Europa-América, Mem Martins.

Saramaga, I. N. S. (2003). *Estudo de optimização das condições de estabilização química de lamas primárias de ETAR*. Relatório de fim de curso de Licenciatura em Engenharia Agronómica. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.

SMAS-Sintra. (2001). *Água é o futuro da vida*. Folheto Informativo. Ed. SMAS-Sintra. Sintra.

SMAS-Sintra. (2005). *Águas Residuais Domésticas*. Ed. Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Sintra. Sintra. 12 Pp.

SMAS-Sintra. (2008). Valores das Produções de Lamas das ETAR 2007 e 2008. Documento Interno do DCE/Divisão de Tratamento e Ambiente. Sintra.

SMAS-Sintra. (2009). Registos dos Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos das Amostras de Lamas das ETAR 2007 e 2008. Documento Interno do Laboratório. Sintra.

Tavares, L.; Luz, T.; Natal, D.; Torres, A.; Fernandes, A.; Costa, M.; Russo, M.; Sousa, J. P. (2007). *A utilização de bio sólidos e dos respectivos compostados como fertilizantes orgânicos: efeito na fertilidade biótica do solo*. Ensaio de campo vs simulação em laboratório. O solo, a Paisagem e o Uso da Terra. Encontro anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo. UTAD.

Turovskiy, I.; Mathai, P. K. (2006). *Wastewater sludge processing*. A John Wiley & Sons, Inc. Publication. 354 Pp.

ANEXOS

Lamas secas produzidas durante o ano de 2007 (ton)

ETAR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
Almargem do Bispo	-	-	-	8,6	-	8,6	4,3	-	4,3	-	6,45	-	32,3	
Almoçageme	2,16	4,32	6,66	13,5	13,5	13,5	18,0	13,5	-	9,00	4,50	-	98,6	
Azóia	2,8	-	2,8	4,2	4,2	4,2	5,6	11,2	4,2	2,8	-	-	42,0	
Cavaleira	55	60	70	60	80	111	85	95	42,5	75	12,5	22,5	768,5	
Colares (Sistema 1)	30	-	55	65	70	45	70	65	65	60	65	55	645,0	
Magoito	12,16	21,92	35,84	30,64	13,6	7,8	8	20	32	28	20	16	246,0	
Montelavar	50	35	18,5	22,5	60	87	20	22,5	37	60	45	40	497,5	
Ribeira (sistema 2)	135	105	95	80	65	60	75	120	105	90	85	65	1080,0	
Sabugo	-	2,84	5,68	1,42	7,1	8,52	4,26	4,26	9,94	1,42	14,2	-	59,6	
S. João das Lampas	-	24,8	27,6	14,8	-	15	24,8	14,8	24,8	20	19,6	-	186,2	
Vila Verde	6	12	-	7,5	18	12	12	12	12	6	6	-	103,5	
	1	2	1	2	4	5	5	5	3	1	1	0		
	6	4	3	3	3	3	2	2	2	3	3	8		
Total por mês	293,12	265,9	317,1	308,16	331,4	372,62	326,96	378,3	336,74	352,22	278,25	198,5		
													Total	3759,2

Anexo I

Anexo II

Lamas secas produzidas durante o ano de 2008

ETAR	Lamas (ton/ano)	Destino
Almargem do Bispo	56	Valorização agrícola
Almoçageme	89	Valorização agrícola
Azóia	7	Valorização agrícola
Cavaleira	585	Valorização agrícola
Colares S1	665	Valorização agrícola
Colares S2	1432	Valorização agrícola
Magoito	295	Valorização agrícola
Montelavar	609	Valorização agrícola
Sabugo	58	Valorização agrícola
São João das Lampas	234	Valorização agrícola
Vila Verde	126	Valorização agrícola
Total	4.156	