



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Contribuição para o Estudo dos Subprodutos de uma ETAR – Gradados e Areias

EVANDRA SOFIA BARBOSA VARELA

(Licenciada em Engenharia Civil)

Trabalho final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, na
área de especialização de Hidráulica

Orientadores:

Doutora Maria Teresa Loureiro dos Santos

Doutora Ana Maria Garcia Henriques Barreiros Joanaz de Melo

Júri:

Presidente: Coordenador do ciclo de estudos

Vogais: Doutora Ana Maria Garcia Henriques Barreiros Joanaz de Melo

Doutora Maria Helena Gomes de Almeida Gonçalves Nadais

Junho de 2015

AGRADECIMENTOS

Quero aqui expressar os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço às minhas orientadoras, Doutora Maria Teresa Loureiro dos Santos e a Doutora Ana Maria Garcia Henriques Barreiros Joanaz de Melo, pela orientação e apoio prestado durante a realização do trabalho.

A todas as entidades gestoras pela disponibilização de dados para a realização do trabalho.

À minha Família, em especial aos meus Pais e aos meus Irmãos, agradeço pela confiança, motivação e por me apoiarem em mais esta etapa da vida académica.

Ao meu Companheiro e aos meus amigos, pelo apoio, motivação, incentivo e disponibilidade.

Agradeço também aos meus colegas de curso e amigos da faculdade, pela força e companheirismo demonstrado ao longo desta etapa.

A todos, um Muito Obrigada.

RESUMO

Atualmente o tratamento de águas residuais urbanas (ARU) é uma temática pertinente de modo a compatibilizar essas águas com o meio recetor, cumprindo a legislação (Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho). No entanto no tratamento das ARU nas Estações de Tratamentos de Águas Residuais (ETAR) são produzidos subprodutos, gradados/tamisados, areias e lamas, os quais têm que ser devidamente tratados/valorizados e encaminhados para destino final de modo a evitar os impactos ambientais. Assim é de extrema importância desviar dos aterros sanitários tais resíduos, indo ao encontro da legislação nacional (Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho) e comunitária em matéria de gestão de resíduos.

No presente Trabalho Final de Mestrado pretendeu-se abordar a temática dos subprodutos de uma ETAR – gradados e areias. O principal objetivo deste trabalho foi quantificar a produção de gradados/tamisados e areias no tratamento de ARU em Portugal Continental. Pretendeu-se ainda estudar a possibilidade de reutilização dos referidos resíduos apresentando proposta de valorização e de encaminhamento adequado, de modo a minimizar os impactos ambientais.

A realização do trabalho teve por base dados recolhidos em relatórios e dados obtidos por inquéritos às Entidades Gestoras (EG) de tratamento de ARU. Assim, caracterizaram-se os seguintes aspetos: a população servida, o caudal de ARU tratado e as produções de gradados/tamisados e de areias. Deste modo realizaram-se diversos cálculos, como por exemplo a determinação das capitações de produção de gradados/tamisados e de areias. No presente estudo os dados compilados correspondem a 80% da população servida pelo tratamento de ARU abrangendo 16 EG.

Assim, foram analisadas as evoluções de população servida, os caudais tratados, as quantidades de gradados/tamisados e de areias e as suas capitações. De entre os anos estudados 2011 é ano em que se obtiveram mais valores. Verificou-se que as capitações calculadas para o ano 2011 variam de EG para EG, situando-se nas seguintes gamas: 1,1 a 5,7 g/(hab.d) para gradados/tamisados e 1,5 a 10,2 g/(hab.d) para areias. Contudo tendo em conta os resultados mais detalhados das EG verificou-se que de 2009 para 2013 o valor máximo das gamas de capitações de gradados/tamisados diminuíram de 4,4 g/(hab.d) para 3,9 g/(hab.d), verificando-se o mesmo para as areias de 9,8 g/(hab.d) (areias) para e 8,9 g/(hab.d).

Pelas repostas obtidas nos inquéritos das várias EG constata-se que os gradados/tamisados e as areias são normalmente enviados para a valorização ou eliminação consoante as suas características e a entidade que gere o aterro para onde são encaminhadas. Contudo, o destino final dado aos gradados/tamisados e às areias, a nível nacional, é na maioria dos casos o seu envio para o aterro sanitário.

Relativamente a deposição em aterro sanitário de qualquer resíduo está sujeita a uma tarifa, deste modo foi estimado o custo da deposição em aterro. Verificou-se que a estimativa do custo de deposição de gradados/tamisados e areias nas EG estudadas, para o ano de 2011, foi de 222.656 €/ano e de 207.957 €/ano respetivamente.

Algumas das soluções para a reutilização de gradados/tamisados provenientes das ETAR passam por tratamento biológico, por compostagem ou digestão anaeróbia. No entanto, é necessário previamente remover a componente de matéria inorgânica que normalmente aparece nos gradados/tamisados (têxteis sanitários, plásticos, vidro e metais).

As areias podem ser valorizadas através da sua utilização por exemplo em aterro sanitário (terra de cobertura diária e selagem final); almofadas de assentamento; construção de estradas (terraplenagens e pavimentos) e fabrico de betão e argamassas. Contudo, é de salientar que a valorização e reutilização dos gradados/tamisados e das areias, só é possível se estiverem em boas condições técnicas, e se do seu manuseamento e aplicação não resultar qualquer risco para a saúde pública.

Palavras-chave: Águas Residuais, ETAR, gradados/tamisados, areias e resíduos

ABSTRACT

Nowadays, Municipal Wastewater (MWW) treatment is a relevant issue because it is necessary to ensure the environmental impact minimization of wastewater discharge, compliant with the legal standards (Decree–Law nr 152/97). However in Wastewater Treatment Plant (WWTP) by-products are generated, such as screenings, grits and sludge's, which must be properly treated/recycled and sent to final destination to avoid environmental impacts. So it is extremely important to deviate this kinds of wastes from landfills to meet the National (Decree-Law nº 73/2011) and European legislation on waste management.

The aim of this study was to quantify the screenings and grits production in MWW treatment in Portugal. Also it was intended to explore the waste reuse by presenting a recovery proposal and an appropriate disposal in order to minimize environmental impacts.

The work was based on data collected using specific surveys to treatment management entities (ME) as well using the financial statements and other legal reports of ME. Therefore, the following aspects were characterized: the served population, the flow treated and the screenings and grits productions. Thereby several calculations were carried out such as, the per capita screenings and grits productions. In the present study, the collected data correspond to 80% of the population served by MWW treatment, comprising 16 ME.

Thus, several parameters were analysed: served population evolution, treated flow, screenings and grits amounts and per capita values.

Across all years studied the 2011 is the year which more values were obtained. In 2011 the wastes per capita values presents a variation from ME to ME within the following ranges: 1.1 to 5.7 g/(inhab.d) to screenings and 1.5 to 10.2 g/(inhab.d) to grits. However taking into account the more detailed results from ME it was found that from 2009 to 2013 the screenings maximum per capita value decreased from 4.4 g/(inhab.d) to 3.9 g/(inhab.d), the same occurred for grits from 9.8 g/(inhab.d) to 8.9 g/(inhab.d).

Data collected from the surveys demonstrate that most of the wastes are sent to landfill. The estimated cost of landfilling screenings and grits in Portugal, for the year 2011 were 222,656 €/year and 207,957 €/year respectively.

In order to reduce the amount of waste deposited in the controlled landfilled was necessary to study alternatives solutions.

Alternative solutions to reuses screenings go through biological treatment by composting or anaerobic digestion. However, it is necessary first to remove the inorganic material component that usually appears in the screening (sanitary textiles, plastics, glass and metals).

The grits can be recovered through using in: landfill daily casing material and final sealing; settlement pads; road construction (earthworks and pavement) and manufacture of concrete and mortar.

However, it is noteworthy that the valorisation and reuse of screenings and grits is only possible if they are in good technical conditions, and would not result in a risk to health.

Key-words: Wastewater, WWTP, screenings, grits and wastes

LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS

AdP - Águas de Portugal

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

AR - Águas Residuais

ARD – Águas Residuais Domésticas

ART - Águas Residuais Tratadas

ARU - Águas Residuais Urbanas

CBO - Carência Bioquímica de Oxigénio

CBO₅ - Carência Bioquímica de Oxigénio ao final de 5 dias à temperatura de 20°C

COT - Carbono. Orgânico Total

CQO - Carência Química de Oxigénio

DL - Decreto-Lei

EG - Entidades Gestoras

EPA- Environmental Protection Agency

ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos

ETA - Estação de Tratamento de Águas

ETAR - Estação de Tratamento de Águas Residuais

INSAAR - Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais

LER - Lista Europeia de Resíduos

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

RASARP - Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal

SDT - Sólidos Dissolvidos Totais

SMAS - Serviços Municipalizados de Água e Saneamento

SST - Sólidos Suspensos Totais

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	ENQUADRAMENTO	1
1.2.	OBJETIVOS.....	2
1.3.	METODOLOGIA.....	3
1.4.	ESTRUTURA.....	3
2.	TRATAMENTO DAS ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS.....	4
2.1.	AS ARU.....	4
2.2.	A FILEIRA DE TRATAMENTO	6
2.3.	OPERAÇÕES DE GRADAGEM E TAMISAÇÃO	11
2.3.1.	Tipos de Grades e Tamisadores.....	12
2.3.2.	Gradados e tamisados	14
2.3.3.	Operações de tratamento/valorização e de destino final de gradados/tamisados ..	16
2.4.	OPERAÇÃO DE DESARENAÇÃO.....	20
2.4.1.	Tipos de Desarenadores.....	20
2.4.2.	Areias.....	26
2.4.3.	Operações de tratamento/valorização e destino final de areias	27
3.	CARACTERIZAÇÃO DAS EG DE AR.....	32
4.	CASO DE ESTUDO	35
4.1.	EG ABRANGIDAS PELO ESTUDO	35
4.2.	PRODUÇÃO DE GRADADOS/TAMISADOS E AREIAS EM PORTUGAL CONTINENTAL.....	36
4.2.1.	Exemplo de EG - SIMTEJO.....	40
4.3.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	42
4.4.	TRATAMENTO, VALORIZAÇÃO E DESTINO FINAL DE GRADADOS/TAMISADOS E AREIAS.....	51
4.5.	PROPOSTA DE VALORIZAÇÃO DOS SUBPRODUTOS (GRADADOS/TAMISADOS E AREIAS).....	54
4.6.	VANTAGENS AMBIENTAIS E ECONOMICAS	56
5.	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	61
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
	ANEXOS.....	75
	ANEXO I - Inquérito enviado às E G.	77
	ANEXO II - Resumo e Poster	78

ANEXO III - Tipos de solo para construção de aterros em estradas.....	80
ANEXO IV - Entidades selecionadas para o estudo	81
ANEXO V - Entidades contatadas e respostas obtidas	82
ANEXO VI.- Lista e descrição das EG abrangidas pelo estudo	84
ANEXO VII - Os resultados detalhados das restantes EG	89
VII.1. Águas de Zêzere e Côa.....	89
VII.2. SIMARSUL	90
VII.3. Águas do Algarve.....	92
VII.4. Águas do Sado	93
VII.5. SIMDOURO	95
VII.6. AGERE	96
VII.7. SIMLIS	98
VII.8. SANEST	99
VII.9. Águas do Oeste	100
VII.10. Águas do Noroeste	101
VII.11. SMAS de Almada	103
VII.12. SMAS Caldas da Rainha.....	104
VII.13. Águas Trás-os-Montes e Alto Douro	105
VII.14. Águas de Santo André	107
VII.15. SIMRIA.....	108
ANEXO VIII - Indicação do destino final do resíduo de acordo com o DL n.º 73/2011, que altera o Regime Geral de Gestão de Resíduo	110
ANEXO IX - Tarifas aprovadas para as EG que prestam serviços de gestão de resíduos urbanos (alta) para o ano de 2011	114

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Alguns dos resíduos produzidos nas ETAR e o respetivo código LER (Portaria nº 209/2004, de 3 de março 2004)	2
Tabela 2: Características físicas, químicas e biológicas das ARU e suas origens (adaptado de Marecos do Monte e Albuquerque, 2010)	4
Tabela 3: Níveis de tratamento de ARU (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003).....	7
Tabela 4: Valores típicos dos parâmetros das ARU com diferentes níveis de tratamento (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).....	8
Tabela 5: Valores médios de eficiências de remoção (adaptado de Santos, 2011)	8
Tabela 6: Requisitos para as descargas das estações de tratamento de ARU (adaptado do DL nº 152/97, de 19 de junho)	10
Tabela 7: Requisitos para as descargas das ETAR de ARU em zonas sensíveis (adaptado do DL nº 152/97, de 19 de junho).....	11
Tabela 8: Critérios de dimensionamento para a gradagem, com limpeza manual e mecânica (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003)	13
Tabela 9: Dados típicos de eficiência de remoção de CBO e SST em tamisadores usadas para substituir decantação primária (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003).....	14
Tabela 10: Características e quantidades de gradados (Metcalf & Eddy, 2003)	15
Tabela 11: Características e quantidades de tamisados (Metcalf & Eddy, 2003)	15
Tabela 12: Quantidades de gradados/tamisados em ETAR dos EUA (EPA, 2004).....	16
Tabela 13: Principais tipos de desarenadores (adaptado de Pereira, 2008).....	21
Tabela 14: Critérios de dimensionamento de desarenadores de fluxo horizontal (adaptado Metcalf & Eddy, 2003)	21
Tabela 15: Critérios de dimensionamento dos desarenadores arejados (Metcalf e Eddy, 2003).....	23
Tabela 16: Critérios de dimensionamento de um desarenador tipo vórtice (adaptado Metcalf & Eddy, 2003).....	25
Tabela 17: Classificação de tamanhos de partículas inertes (areias) em AR (Santos, 2011).....	26
Tabela 18: Estimativa da quantidade de areias removidas das ARU em sistemas unitários e mistos (adaptado de Metcalf e Eddy, 2003 e Davis, 2010)	27
Tabela 19: Quantidades de areias de várias ETAR (EPA, 2004)	27

Tabela 20: Requisitos exigidos para cada aplicação em aterro sanitário (Levy e Cabeças, 2006)	30
Tabela 21: Requisitos dos materiais para cada zona de aterro (Estradas de Portugal S.A, 2009).....	31
Tabela 22: Serviços de saneamento de AR em <i>alta</i> em 2011 (adaptado de RASARP, 2012).....	32
Tabela 23: Serviços de saneamento de AR em <i>baixa</i> em 2011 (adaptado de RASARP, 2012).....	33
Tabela 24: População abrangida pelo estudo, dados de 2011	36
Tabela 25: Dados de gradados/tamisados recolhidos e enviados pelas EG para os anos de 2007 a 2013.....	38
Tabela 26: Dados de areias recolhidos e enviados pelas EG para os anos de 2007 a 2013	39
Tabela 27: Quantidades de gradados/tamisados removidos de ARU tratadas referentes ao ano de 2011	43
Tabela 28: Quantidades de areias removidas por volume de ARU tratadas referente ao ano de 2011.....	44
Tabela 29: Caudal de ARU e quantidades de areias removidas	46
Tabela 30: Produção estimada de areias removidas nas ETAR a nível nacional	47
Tabela 31: Estimativa da quantidade mínima, máxima e real de gradados/tamisados por EG de 2007 a 2013	49
Tabela 32: Estimativa da quantidade mínima, máxima e real de areias por EG de 2007 a 2013	50
Tabela 33: Custo da deposição de gradados/tamisados em aterro, a nível nacional e das EG referente ao ano de 2011.	58
Tabela 34: Custo da deposição das areias em aterro, a nível nacional e das EG referente ao ano de 2011.....	59

ÍNDICE DE TABELAS DOS ANEXOS

Tabela III.1: Classes e tipos de solos aplicáveis na construção das diferentes zonas de aterro em estradas (Estradas de Portugal S.A, 2009)	80
Tabela IV.1: Entidades selecionadas para o estudo (representam cerca de 86% da população servida por tratamento de ARU.)	81
Tabela V.1: Entidades contatadas e respostas obtidas.....	82
Tabela VI.1: Descrição das EG abrangidas pelo estudo. Erro! Marcador não definido.	
Tabela VII.1: Evolução dos caudais afluentes, da população e da quantidade de gradados/tamisados e de areias de 2013	98
Tabela VII.2: Evolução dos Caudais afluentes, população e da quantidade de gradados e de areias de 2007, (SMAS de Almada, 2007).....	103
Tabela IX: Tarifa de deposição aprovadas pela ERSAR.....	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de tratamento de uma ETAR (adaptado de Dias, 2004)	9
Figura 2: Grades a) limpeza manual (Azevedo <i>et al.</i> , 2010); b) limpeza mecânica (Mara, 2003)	12
Figura 3: Tamisadores a) estáticos b) tambor rotativo c) por passos (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003).....	13
Figura 4: Compactador de gradados/tamisados (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003) .	17
Figura 5: Desintegrador/triturador : a) de velocidade lenta com dois conjuntos de lâmina; b) montado num canal aberto; c) com uma grelha (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003).....	18
Figura 6: Hierarquia da gestão de resíduos (Figueiredo, 2013).	19
Figura 7: Vista em corte longitudinal de um desarenador de fluxo horizontal (Pereira, 2008).....	22
Figura 8: Desarenador arejado (adaptado de Davis, 2010 e Metcalf & Eddy, 2003) ...	24
Figura 9: Desarenador tipo vórtice (Metcalf & Eddy, 2003)	25
Figura 10: Classificador de areias COANDA RoSF 4 (Huber Technology, 2014)	28
Figura 11: Distribuição das EG de saneamento de AR por modelo de gestão em 2011 (adaptado de RASARP, 2012).....	34
Figura 12: Evolução do nível de cobertura dos serviços de saneamento de AR em Portugal Continental (RASARP, 2012).....	34
Figura 13: Evolução a) da população e b) dos caudais afluentes às ETAR de SIMTEJO de 2007 a 2013.....	40
Figura 14: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados e b) areias por caudal de ARU tratado de 2007 a 2013 (SIMTEJO, 2014).....	41
Figura 15: Capitação de a) gradados/tamisados e b) areias de 2007 a 2013	41
Figura 16: Evolução da quantidade de valorização a) gradados/tamisados e b) areias por caudal de ARU tratado de 2009 a 2013.....	53
Figura 17: Evolução da quantidade de eliminação a) gradados/tamisados e b) areias por caudal de ARU tratado de 2009 a 2013	53

ÍNDICE DE FIGURAS DOS ANEXOS

Figura VII.1: Evolução a) da população e b) dos caudais tratado no período de 2009 a 2013.	89
Figura VII.2: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados e b) areias por caudal de ARU tratado de 2009 a 2013.	90
Figura VII.3: Capitação de a) gradados/tamisados e b) areias de 2009 a 2013.	90
Figura VII.4: Evolução a) da população e b) dos caudais tratado de 2009 a 2013.	91
Figura VII.5: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados e b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2009 a 2013.	91
Figura VII.6: Capitação de a) gradados/tamisados e b) areias no período de 2009 a 2013.	92
Figura VII.7: Evolução a) da população e b) da quantidade de Caudais no período de 2009 a 2013.	92
Figura VII.8: Evolução da quantidade de a) gradados/tamisados e b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2009 a 2013.	93
Figura VII.9: Capitação de a) gradados/tamisados e b) areias no período de 2009 a 2013.	93
Figura VII.10: Evolução a) da população e b) da quantidade de Caudais no período de 2007a 2013.	94
Figura VII.11: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2008 a 2013.	94
Figura VII.12: Capitação de a) gradados/tamisados e b) areias no período de 2008 a 2013.	95
Figura VII.13: Evolução a) da população e b) da quantidade de Caudais no período de 2011a 2012.	95
Figura VII.14: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2008 a 2013.	96
Figura VII.15: Capitação de a) gradados/tamisados b) areias no período de 2011 a 2012.	96
Figura VII.16: Evolução a) da população e b) da quantidade de Caudais no período de 2012a 2013.	97
Figura VII.17: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2012 a 2013.	97
Figura VII.18: Capitação de a) gradados/tamisados b) areias no período de 2012 a 2013.	98
Figura VII.19: Evolução a) da população e b) da quantidade de Caudais no período de 2009a 2012 (SANEST, 2009 a 2012).	99

Figura VII.20: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2009 a 2012 (SANEST, 2009 a 2012)	99
Figura VII.21: Capitação de a) gradados/tamisados b) areias no período de 2009 a 2012 (SANEST, 2009 a 2012).....	100
Figura VII.22: Evolução a)da população e b)da quantidade de Caudais no período de 2009a 2012 (Águas do Oeste, 2009 a 2012).....	100
Figura VII.23: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2009 a 2012 (Águas do Oeste, 2009 a 2012)	101
Figura VII.24: Capitação de a) gradados/tamisados b) areias no período de 2009 a 2012 (Águas do Oeste, 2009 a 2012)	101
Figura VII.25: Evolução a)da população (AdP, 2010 a 2012) e b)da quantidade de Caudais no período de 2010a 2012 (Águas do Noroeste, 2010 a 2012)	102
Figura VII.26: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2010 a 2011 (Águas do Noroeste, 2010 a 2011).....	102
Figura VII.27: Capitação de a) gradados/tamisados b) areias no período de 2010 a 2011 (Águas do Noroeste, 2010 a 2011)	103
Figura VII.28: Evolução a)da população e b)da quantidade de Caudais no período de 2009a 2012 (SMAS Caldas da Rainha, 2009 a 2012)	104
Figura VII.29: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2010 a 2011 (SMAS Caldas da Rainha, 2009 a 2012).....	104
Figura VII.30: Capitação de a) gradados/tamisados b) areias no período de 2009 a 2012 (SMAS Caldas da Rainha, 2009 a 2012).....	105
Figura VII.31: Evolução a)da população (AdP, 2010 a 2012) e b)da quantidade de Caudais no período de 2010a 2012 (Águas Trás-os-Montes e Alto Douro, 2010 a 2012)	105
Figura VII.32: Evolução da quantidade de gradados/tamisados e areias por caudal de ARU tratado no período de 2009 a 2012 (Águas Trás-os-Montes e Alto Douro, 2009 a 2012).....	106
Figura VII.33: Capitação de gradados/tamisados e areias no período de 2010 a 2012 (Águas Trás-os-Montes e Alto Douro, 2010 a 2012)	106
Figura VII.34: Evolução a)da população (AdP, 2010 a 2012) e b)da quantidade de Caudais no período de 2010a 2012 (Águas de Santo André, 2010 a 2012)	107
Figura VII.35: Evolução da quantidade de gradados/tamisados e areias por caudal de ARU tratado no período de 2007 a 2012 (Águas de Santo André, 2007 a 2012)	107
Figura VII.36: Capitação de gradados/tamisados e areias no período de 2010 a 2012(Águas de Santo André, 2010 a 2012).....	108

Figura VII.37: Evolução a)da população e b)da quantidade de Caudais no período de 2007a 2012 (SIMRIA, 2007 a 2012)	108
Figura VII.38: Evolução da quantidade de gradados/tamisados e areias por caudal de ARU tratado no período de 2011 a 2012 (SIMRIA, 2011a 2012)	109
Figura VII.39: Capitação de gradados/tamisados e areias no período de 2011 a 2012 (SIMRIA, 2011 a 2012).....	109

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

A água é um bem essencial à vida na terra tal como a conhecemos hoje. O Homem e os outros seres vivos não sobrevivem sem água. A água tem um papel central e crítico em todos os aspetos da vida, sendo um bem social, económico e ambiental.

À contínua circulação da água no nosso planeta entre os três estados físicos: sólido, líquido e gasoso, dá-se o nome de ciclo hidrológico da água ou ciclo natural da água. A água circula entre os oceanos, os continentes e a atmosfera, devido a este facto a água é considerada um recurso renovável. No entanto é um recurso limitado que é necessário preservar e cuidar. As alterações climáticas, o consumo excessivo e crescente e o uso para fins não adequados podem conduzir à escassez de água, o que já se verifica em determinadas regiões do planeta.

A utilização que o Homem faz da água pode ser traduzida pelo ciclo urbano da água. O ciclo urbano engloba a captação, o tratamento nas Estações de Tratamento de Água (ETA) e a distribuição de água de abastecimento; até à recolha e envio para tratamento nas Estações de Tratamento de Água Residual (ETAR) e posterior descarga no meio receptor. A ETAR tem um papel fundamental no ciclo urbano da água, promovendo a defesa da saúde pública e a preservação do meio ambiente.

Nas ETAR as Águas Residuais Urbanas (ARU) sofrem vários processos que visam a preparação para a descarga no meio receptor, de acordo com os critérios e normas de qualidade da água e se possível a reutilização para diversos usos.

O Decreto-Lei (DL) nº 152/97, de 19 de junho que transpõe para a legislação nacional a Diretiva nº 91/271/CEE, de 21 de maio impõe normas de qualidade de descarga das Águas Residuais Tratadas (ART) no meio ambiente. Esta Diretiva constituiu uma ferramenta importante na melhoria da qualidade da água quer em Portugal quer na União Europeia (PENSAAR, 2014).

No processo de tratamento de ARU nas ETAR são gerados resíduos que podem provocar impactos negativos para o meio ambiente se não forem devidamente tratados e enviados para o destino final adequado.

Os resíduos produzidos nas ETAR são classificados na Lista Europeia de Resíduos (LER) (Portaria nº 209/2004, de 3 de março) (Tabela 1).

Tabela 1: Alguns dos resíduos produzidos nas ETAR e o respetivo código LER (Portaria nº 209/2004, de 3 de março 2004)

Código LER	Resíduo
19 08 01	Gradados
19 08 02	Resíduos do desarmenamento *
19 08 05	Lamas do tratamento de ARU
19 08 09	Misturas de gorduras e óleos, da separação óleo/água, contendo apenas óleos e gorduras alimentares

* Resíduos da desarenação

Uma das principais preocupações na gestão das ETAR urbanas é qual o destino final dado aos diferentes resíduos.

Já existe legislação para a valorização agrícola das lamas, o DL nº 276/2009, de 02 de outubro (que revogou o DL nº 118/2006, de 21 de junho) que transpôs para a legislação nacional a Diretiva nº 86/278/CEE, de 12 de junho. O referido DL estabelece o regime jurídico da utilização agrícola das lamas de depuração. Para os gradados/tamisados e as areias ainda não existe legislação que proponha um adequado encaminhamento.

Atualmente a valorização dos subprodutos (gradados/tamisados e areias) das ETAR é de extrema importância de modo desviar dos aterros sanitários tais resíduos, indo ao encontro das Diretivas Europeias em matéria de gestão de resíduos (Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho).

Com o presente trabalho pretende-se analisar a produção dos subprodutos das ETAR – gradados/tamisados e areias em Portugal, com vista a analisar as soluções correntemente praticadas relativamente ao destino final, focando em especial a valorização destes resíduos.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho foi quantificar a produção de gradados/tamisados e de areias no tratamento de ARU em Portugal Continental, de modo a adequar o seu destino final e propor medidas para fomentar a diminuição destes subprodutos através da sensibilização da população e da sua reutilização.

Pretende-se ainda estudar a possibilidade da reutilização dos gradados/tamisados e das areias, apresentando propostas de valorização e de encaminhamento adequado dos resíduos, com o objetivo final evitar os impactes ambientais.

1.3. METODOLOGIA

A metodologia de desenvolvimento do trabalho baseou-se na caracterização do saneamento em Portugal através de um levantamento das ETAR e das Entidades Gestoras (EG) existentes. Foram consultadas fontes bibliográficas de modo a obter informação detalhada sobre cada EG, nomeadamente através dos seus relatórios (disponíveis em sitio da internet).

Posteriormente foram enviados inquéritos (Anexo I) às EG para obtenção de informação complementar.

Com os dados recolhidos foi possível fazer uma caracterização dos resíduos produzidos nas ETAR em Portugal, e propor medidas de minimização, reutilização e de valorização dos gradados/tamisados e areias produzidos.

No âmbito do presente trabalho foi apresentada uma comunicação em painel no Encontro Luso-Galego de Química 2014, cujo resumo e poster são apresentados no (Anexo II).

1.4. ESTRUTURA

Com o intuito de alcançar os objetivos anteriormente propostos, o presente trabalho divide-se em cinco capítulos. No primeiro capítulo encontra-se um enquadramento genérico com a descrição dos objetivos propostos, a metodologia e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo é efetuada uma descrição do tratamento das ARU, dos seus processos e operações unitárias, dando-se ênfase às operações de gradagem/tamisação e de desarenação.

No terceiro capítulo faz-se uma caracterização geral do saneamento em Portugal Continental.

No quarto capítulo é efetuada uma análise de produção de gradados/tamisados e areias em Portugal Continental, são descritos os tratamentos e valorização desses subprodutos bem como os seus destinos finais.

No último capítulo apresentam-se as conclusões do trabalho desenvolvido e as perspetivas de trabalhos futuros.

2. TRATAMENTO DAS ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS

2.1. AS ARU

De acordo com o DL nº 152/97, de 19 de junho que transpõe a Diretiva nº 91/270/CEE, de 21 de maio de, entende - se por:

“Águas residuais domésticas: as águas residuais de serviços e de instalações residenciais, essencialmente provenientes do metabolismo humano e de atividades domésticas;

Águas residuais industriais: águas residuais provenientes de qualquer tipo de atividade que não possam ser classificadas como águas residuais domésticas, nem sejam águas pluviais;

ARU: as águas residuais domésticas ou a mistura destas com águas residuais industriais e ou com águas pluviais”.

As ARU podem conter substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas e suspensas na água. São também constituídas por numerosos microrganismos, nomeadamente patogénicos.

A caracterização das ARU é sistematizada em três grandes grupos de características: físicas, químicas e biológicas (Tabela 2).

Tabela 2: Características físicas, químicas e biológicas das ARU e suas origens (adaptado de Marecos do Monte e Albuquerque, 2010)

Características	Parâmetros	Origens
Físicas	Cor	Resíduos domésticos/industriais e decomposição de matéria orgânica
	Cheiro	Decomposição de substâncias dissolvidas ou em suspensão
	Temperatura	AR domésticas e industriais
	Sólidos	Erosão do solo, infiltrações e AR domésticas e industriais
Químicas Orgânicas	Carboidratos	AR domésticas e industriais.
	Proteínas	
	Óleos e gorduras	
	Detergentes	
	Pesticidas	Resíduos agrícolas, águas superficiais e águas subterrâneas
	Fenóis	AR industriais

Tabela 2: Características físicas, químicas e biológicas das ARU e suas origens (adaptado de Marecos do Monte e Albuquerque, 2010) (continuação)

Químicas Orgânicas	Compostos voláteis	AR domésticas/industriais
	Poluentes prioritários ⁽¹⁾	
Inorgânicas	Alcalinidade	AR domésticas/industriais, água potável e água subterrânea infiltrada
	Cloretos	
	Metais pesados	AR industriais
	Azotos	AR domésticas e escorrências agropecuárias
	Fósforo	AR domésticas/industriais e escorrências naturais
	pH	AR domésticas (oxidação de matéria orgânica) e AR industriais (lavagem acida de tanques)
	Enxofre	AR domésticas/industriais e águas de abastecimento
	Poluentes prioritários ¹	AR domésticas/industriais.
Gases	Ácido sulfídrico e Metano	Decomposição de AR domésticas
	Dióxido de carbono	Águas superficiais/subterrâneas
Biológicas	Plantas e Animais	Cursos de Água e ETAR
	Vírus, bactérias, protozoários, fungos e helmintos.	AR domésticas e ETAR

⁽¹⁾Compostos orgânicos e inorgânicos que se sabe ou se suspeita serem carcinogénicos, mutagénicos, teratogénicos ou de toxicidade aguda.

As características das ARU são extremamente variáveis, dependendo do tipo de rede de drenagem, variando de um aglomerado populacional para outro e também dos fatores relacionados com o estado de saúde da população (o que está relacionado com as suas características socioeconómicas). É possível encontrar nas ARU cerca de 10 mil novos compostos que são anualmente introduzidos no mercado (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

Devido ao elevado número de compostos, a análise química pormenorizada da composição das ARU torna-se morosa e dispendiosa, geralmente recorre-se aos chamados parâmetros agregados, como a Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO), a Carência Química de Oxigénio (CQO), o Carbono Orgânico Total (COT), os Sólidos Suspensos Totais (SST) ou os Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), que quantificam a concentração do conjunto de compostos, como por exemplo compostos orgânicos biodegradáveis, no caso da CBO, compostos dissolvidos no caso dos SDT.

Os SST medem a fração da matéria sólida que existe em suspensão numa ARU e estão relacionados com o dimensionamento e controlo das ETAR, a estimativa de volume de lamas, a operação de unidades de tratamento biológico, e os padrões de qualidade de efluentes (Meireles, 2011).

A CQO é um dos parâmetros usados para determinar a matéria orgânica. A CBO₅ é uma medida da matéria orgânica biodegradável (Sousa, 2001). A razão CBO₅/CQO é uma forma de avaliar a biodegradabilidade da ARU. Em águas residuais domésticas (ARD) “brutas” a razão CBO₅/CQO varia, em regra, entre 0,3 e 0,8. Geralmente na água residual tratada (ART) a razão CBO₅/CQO varia entre 0,1 e 0,3 (Meireles, 2011).

Os compostos de azoto (N) e de fósforo (P) são provenientes de detritos orgânicos de qualquer tipo de atividade humana ou de fertilizantes, de detritos de animais, ou da utilização de detergentes e estão presentes na ARU bruta, principalmente na forma orgânica. Os parâmetros referidos acima são os mais utilizados nas ETAR para avaliar as ARU.

2.2. A FILEIRA DE TRATAMENTO

O tratamento das ARU segundo o DL nº152/97, de 19 de junho, tem por objetivo “*a proteção das águas superficiais dos efeitos das descargas de águas residuais urbanas, que se integra no objetivo mais vasto da proteção do ambiente*”.

Para alcançar o objetivo referido é necessário um esforço político, técnico e financeiro, e uma análise rigorosa das soluções técnicas de drenagem e tratamento das ARU.

O tratamento proporcionado nas ETAR convencionais tem que remover os poluentes químicos, quantificados em termos de SST, CBO, CQO, N e P.

O tratamento das ARU pode ser efetuado por processos de natureza física (operações unitárias), química e biológica (processos unitários), estando dividido e organizado em diversas operações e processos que estabelecem os vários níveis de tratamento: preliminar, primário, secundário, terciário como se apresenta na Tabela 3 (Metcalf & Eddy, 2003).

Tabela 3: Níveis de tratamento de ARU (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003)

Nível de tratamento	Descrição	Operações e Processos
Preliminar	Remoção de sólidos grosseiros como trapos, paus, pedras, areia, óleos e gorduras, que possam danificar os equipamentos e os órgãos a jusante.	Gradagem; Tamisação Desarenação; Homogeneização e armazenamento; Separação de óleos e gorduras;
Primário	Remoção de uma parte dos materiais flotantes e sedimentáveis, nomeadamente sólidos suspensos e matéria orgânica, normalmente por decantação.	Químico: neutralização (adição de reagentes químicos e coagulantes); Físico: Flotação, Decantação, Filtração;
Secundário	Remoção de maior parte da matéria orgânica por processos químicos e/ou biológicos. Nos processos em que há formação de flocos é necessária uma nova decantação – decantação secundária – para remoção dos flocos formados que incorporam a matéria orgânica removida. Pode haver remoção química ou biológica de nutrientes (P, N, ou P e N).	Lamas ativadas; Leitos percoladores; Discos biológicos; Lagoas anaeróbias; Lagoas aeróbias; Lagoas de estabilização; Digestão anaeróbia; Precipitação química Coagulação-floculação
Terciário	Remoção adicional de material dissolvido ou suspenso ainda presente após o tratamento secundário, usando combinações de operações e processos. Remoção/inativação de microrganismos	Filtração; Adsorção sobre carvão; Permuta iónica; Osmose inversa; Desinfecção.

Na Tabela 4 são apresentados os valores típicos dos parâmetros das ARU com diferentes níveis de tratamento.

Tabela 4: Valores típicos dos parâmetros das ARU com diferentes níveis de tratamento (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010)

Parâmetro	Unidade	ARU		
		Não tratadas	Após tratamento Primário	Após tratamento secundário
CBO	mg/L	150 – 400	100 – 250	20-40
CQO	mg/L	350 – 1000	200 – 500	80-140
SST	mg/L	100 – 350	80 – 140	10-50
N	mg/L N	50 – 80	30 – 50	5 – 15
P	mg/L P	15 – 20	10 – 15	5 – 10
Coliformes fecais	NMP/100 mL	$10^7 - 10^9$	$10^6 - 10^8$	$10^2 - 10^7$

Na Tabela 5 referem-se as eficiências de remoção associadas aos níveis de tratamento preliminar, primário e secundário.

Tabela 5: Valores médios de eficiências de remoção (adaptado de Santos, 2011)

Tratamento	Operação e processo	CBO ₅ (%)	CQO (%)	SST(%)	N (%)	P (%)
Preliminar	Gradagem	-	-	-	-	-
	Desarenação	-	-	-	-	-
Primário	Decantação primário	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20
Secundário	Leitos percoladores (LP)	60 -80	60 -80	60 -85	8-15	8-12
	Lamas ativadas convencional (LA)	80-85	80-85	80-90	23-65	10-25

Os processos e operações unitárias que compõem a fileira de tratamento variam de ETAR para ETAR, pois a seleção a adotar depende de diversos fatores, como a variação dos caudais, a área e a localização geográfica, o tipo e a concentração de substâncias presentes nas ARU, a capacidade do meio recetor em diluir e assimilar as substâncias presentes nas ARU descarregadas pela ETAR (Mendes, 2014).

No tratamento das ARU podem ser consideradas três linhas de tratamento: a fase líquida, a fase sólida e a fase gasosa (Figura 1).

A fase líquida compreende geralmente os quatro níveis de tratamento mencionados acima: preliminar, primário, secundário e terciário. Nesta fase pretende-se tratar as ARU de modo a compatibilizá-las com o meio recetor.

Na fase sólida são tratados os sólidos sedimentados/precipitados separados da fase líquida e que constituem os gradados/tamisados, as areias e as lamas. A linha de

tratamento das lamas consiste no espessamento, estabilização e desidratação (Moreira, 2009).

Na fase gasosa - linha de desodorização, tratam-se os odores libertados na fase líquida e sólida do tratamento. Nos casos em que a estabilização das lamas é efetuada por digestão anaeróbia, na fase gasosa inclui-se a linha de tratamento e valorização do biogás produzido (Carneiro, 2007).

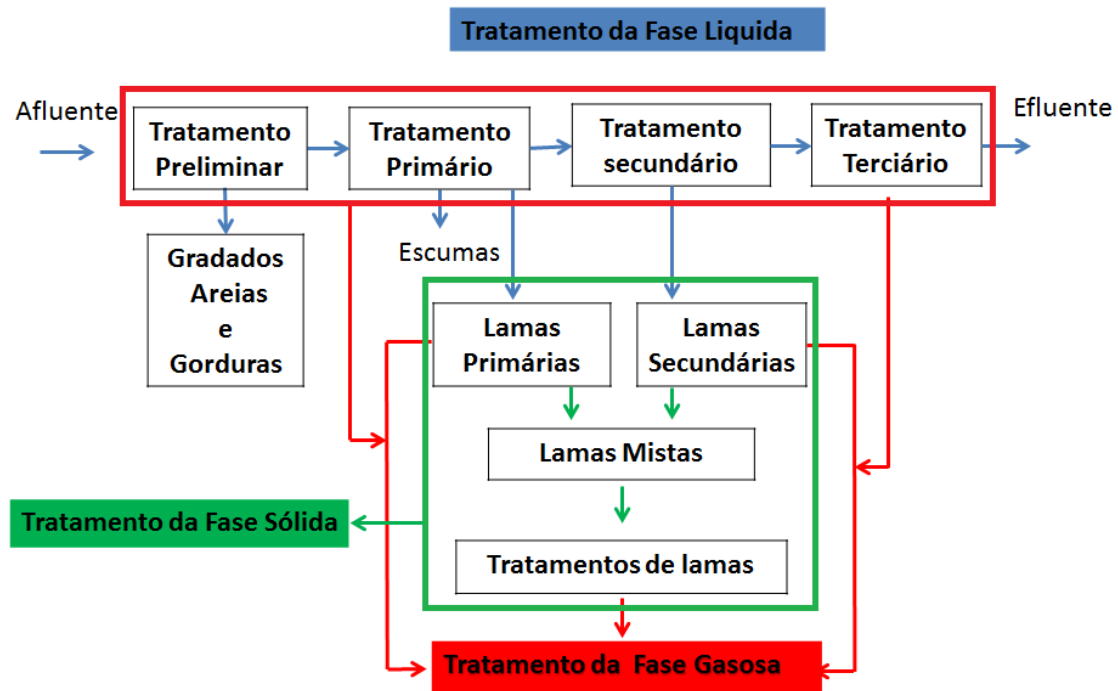


Figura 1: Esquema de tratamento de uma ETAR (adaptado de Dias, 2004)

O DL nº 152/97, de 19 de junho refere que as ETAR só poderão ser alvo de licença quando as ARU se submetam a tratamento secundário. Na Tabela 6 são apresentados os requisitos de descarga das ETAR sujeitas a este tipo de tratamento. Os requisitos englobam os limites dos parâmetros SST, CBO e CQO, aplicando-se os valores de concentração ou a percentagem de redução (DL nº 348/98 de 9 de novembro), conforme consta do Anexo I do DL nº 152/97, de 19 de junho.

Tabela 6: Requisitos para as descargas das estações de tratamento de ARU (adaptado do DL n° 152/97, de 19 de junho)

Parâmetro	Concentração	Percentagem mínima de redução
CBO ₅ a 20°C sem nitrificação	25 mg/L O ₂	70 – 90
CQO	125 mg/L O ₂	75
Total de partículas sólidas em suspensão	35 mg/L	90

Os padrões de qualidade para as ART são diferentes consoante a ETAR se situe numa zona sensível ou menos sensível. A lista de identificação de zonas sensíveis e de zonas menos sensíveis, existentes em Portugal, foi atualizada várias vezes, sendo a última a constante no DL n° 198/2008, de 8 de outubro.

De acordo com o DL n° 152/97, de 19 de junho, as zonas sensíveis e menos sensíveis são identificadas ao abrigo do critério eutrofização. A eutrofização é um fenómeno que ocorre no ambiente aquático quando existe uma elevada quantidade de nutrientes, sobretudo compostos de N e/ou de P, que provocam a proliferação das algas e de formas superiores de plantas aquáticas, perturbando o equilíbrio biológico e a qualidade das águas em causa. Para as restantes zonas a área de influência deve ser determinada pela entidade licenciadora em função, nomeadamente, da dimensão e da localização geográfica das descargas de ARU.

Desta forma são considerados zonas sensíveis - águas doces superficiais, estuários (zona de transição, na foz de um rio, entre a água doce e água salgada) e lagoas costeiras e zonas menos sensíveis - águas costeiras (águas exteriores ao limite externo de um estuário ou ao limite da baixa-mar) (DL n° 198/2008, de 8 de outubro).

Tendo em conta os requisitos de qualidade preconizados para a descarga de ARU no meio aquático, na maioria dos casos, para as zonas não sensíveis o tratamento requerido é o tratamento secundário salvo as seguintes situações: aglomerações com um equivalente populacional (e.p.)¹ superior a 10.000 e inferior a 150.000 em águas costeiras; as aglomerações com um e.p. superior a 2.000 e inferior a 10.000 efetuadas em estuários, desde que tenham um tratamento primário ou seja apresentado à entidade licenciadora um estudo técnico em como essa descarga não deteriora o ambiente; e aglomerações com um e.p. inferior a 2.000 efetuadas em águas doces e estuários, bem

¹ Um equivalente de população (1 e.p.): é a carga orgânica biodegradável com uma carência bioquímica de oxigénio ao fim de cinco dias (CBO₅) de 60 g de oxigénio por dia. A carga, expressa em e.p., será calculada com base na carga média semanal máxima recebida na estação de tratamento durante um ano, excluindo situações excecionais, tais como as causadas por chuvas intensas (DL n° 152/97).

como as descargas provenientes de aglomerados com um e.p. inferior a 10.000 efetuadas em águas costeiras, só poderão ser licenciadas quando se submetam a um tratamento apropriado.

Ainda é de referir que para as aglomerações inferiores a 10.000 e.p., independente da sua dimensão, tanto em zonas não sensíveis ou zonas sensíveis deverão ser sujeitas a pelo menos um tratamento secundário.

Aglomerações, com mais de 10.000 e.p., as descargas das ETAR em zonas sensíveis é necessário um tratamento mais exigente, conforme se verifica na Tabela 7.

Tabela 7: Requisitos para as descargas das ETAR de ARU em zonas sensíveis

(adaptado do DL n° 152/97, de 19 de junho)

Parâmetro	Concentração	Percentagem mínima de redução
Fósforo total	2 mg/L P (10.000-100.000 e.p.) 1 mg/L P (mais de 100.000 e.p.)	80
Azoto Total	15 mg/L N (10.000-100.000 e.p.) 10 mg/L N (mais de 100.000 e.p.)	70-80

O cumprimento dos requisitos da Tabela 7 pode ser dispensado quando se demonstre perante a entidade licenciadora que a percentagem mínima de redução da carga total de todas as ETAR dessa zona é de pelo menos 75% de N e P (artigo 6° do DL n° 152/97, de 19 de junho).

2.3. OPERAÇÕES DE GRADAGEM E TAMISAÇÃO

A gradagem/tamisação é uma operação unitária utilizada no tratamento preliminar de ARU, sendo geralmente efetuada à entrada das ETAR (obra de entrada) A operação de tamisação também pode ser utilizada como tratamento de afinação do efluente secundário, para remover os sólidos em suspensão, atingindo-se assim níveis de tratamento terciário.

O objetivo da gradagem/tamisação é a remoção dos materiais de maior dimensão, que ficam retidos nas grades/tamisadores e que são suscetíveis de provocar entupimentos nas tubagens e danificar os equipamentos mecânicos. Deste modo melhora-se a eficácia do tratamento subsequente, protege-se os equipamentos a jusante, designadamente bombas, válvulas, tubagens, arejadores e aumenta-se a eficiência dos processos de tratamento a jusante (Santos, 2011). Devem ser instalados o sistema de grades em dois canais distintos e em paralelo, sendo um destinado ao funcionamento permanente e o

segundo canal de recurso com o objetivo de funcionamento apenas aquando a manutenção e/ou avaria das grades do canal em funcionamento permanente (Alves, 2013).

2.3.1. Tipos de Grades e Tamisadores

Na gradagem são utilizadas grades, formadas por barras paralelas (de secção circular ou retangular, entre outras) verticais ou inclinadas, igualmente espaçadas (Vieira, 2009).

As grades podem ser classificadas pelo sistema de limpeza, em manual (Figura 2a)) ou mecânica (Figura 2b)), e pelas aberturas entre grades, podendo ser designadas por grades grossas, médias ou finas (Davis, 2010).



a)



b)

Figura 2: Grades a) limpeza manual (Azevedo *et al.*, 2010); b) limpeza mecânica (Mara, 2003)

Atualmente são fabricados muitos tipos de grades de limpeza mecânica incluindo grades com sistemas de limpeza acionados por correntes ou cabos, com limpezas pela frente e por detrás das grades, grades com sistema de limpeza de funcionamento alternativo, grades suspensas pelas extremidades de correntes e grades contínuas (Santos, 2011).

As aberturas entre barras das grades grossas variam de 40 a 150 mm, as grades médias entre 6 a 75mm e por último as grades finas em que as aberturas variam de 1,5 a 6 mm (Davis, 2010).

Os tamisadores são placas perfuradas, malhas cruzadas ou barras (Carneiro, 2007). Segundo Mara (2003) os tamisadores têm aberturas de 3 a 15 mm, sendo a abertura de 6 mm o mais comum, e os microtamisadores têm aberturas de 0,25 a 3 mm. Os microtamisadores podem ser usados como tratamento de afinação do efluente do tratamento secundário, atingindo-se níveis de tratamento terciário.

Na Tabela 8 apresentam-se alguns critérios de dimensionamento para a gradagem, com limpeza manual e mecânica.

Tabela 8: Critérios de dimensionamento para a gradagem, com limpeza manual e mecânica (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003)

Parâmetro	Limpeza manual	Limpeza mecânica
Largura (mm)	5 – 15	5– 15
Profundidade (mm)	25 – 38	25 – 38
Espaçamento entre barras (mm)	25 – 50	15 – 75
Ângulo com a vertical (°)	30 – 45	0,30
Velocidade de aproximação		
Máxima (m/s)	0,3 – 0,6	0,6 – 1,0
Mínima (m/s)		0,3 – 0,5
Perda de Carga permitida (mm)	150	150 – 600

Os tamisadores podem ser classificados em fixos (ou estáticos) (Figura 3 a)), tambor rotativo (Figura 3 b)) e por passos (Figura 3 c)) (Metcalf & Eddy, 2003).

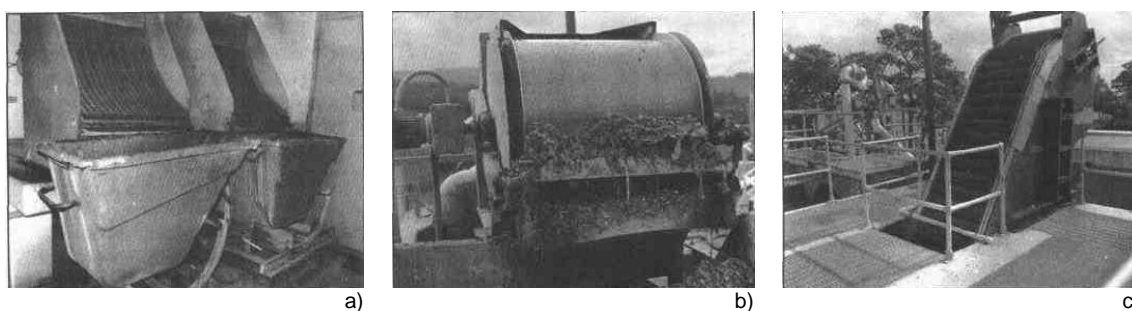


Figura 3: Tamisadores a) estáticos b) tambor rotativo c) por passos (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003)

Os tamisadores estáticos consistem em pequenas barras de aço em forma de cunha, aço inoxidável com a parte plana da cunha de frente para o caudal, habitualmente têm 0,2 a 1,2 mm de aberturas (Figura 3a), a área do tamisador é projetada para caudais de cerca de 400 a 1.200 L/m².min e uma perda de carga que varia entre 1,2 a 2 m. O tamisador deve ser limpo uma vez ou duas vezes por dia com água quente de alta pressão, vapor para remover a acumulação de gordura. Estes equipamentos são geralmente aplicáveis a instalações de menores dimensão ou para instalações industriais (Metcalf & Eddy, 2003).

O tambor rotativo é o mais convencional, sendo composto por barras circulares de bordos cortantes (Figura 3b) (Luizi, 2012), estas barras podem ser de aço oxidável. Este tipo de tamisador é instalado diretamente em canais, com inclinação de 35°, com aberturas que podem variar de 0,5 a 6 mm ou com placas perfuradas de 1 a 6 mm. A construção de um tamisador de tambor varia de acordo com a direção que o caudal tem através do meio de tamisação. Quando os sólidos são recolhidos a partir do interior do tambor utilizam-se caudais de 0,03 a 0,08 m³/s, se os sólidos são recolhidos no exterior os caudais utilizados devem ser inferiores a 0,13 m³/s. Os tamisadores de tambor estão disponíveis em vários tamanhos, a partir de 0,9 a 2 m de diâmetro e de 1,2 a 4 m de comprimento (Metcalf & Eddy, 2003).

Os tamisadores por passos consistem em dois conjuntos de placas verticais finas em forma de degrau, uma fixa e uma móvel (Figura 3c). As placas de degrau fixas e móveis vão alternando ao longo de toda a largura de um canal aberto e em conjunto formam uma grelha de face única. As placas móveis vão rodando com um movimento vertical, através deste movimento os sólidos apreendidos sobre a face dos tamisadores são automaticamente levantados para o patamar seguinte, e então, transportados para o topo do tamisador, onde são descarregados para um depósito de recolha. O formato circular das placas móveis proporciona a autolimpeza de cada degrau. As aberturas normais de um tamisador por passos variam de 3 a 6 mm, no entanto pode haver também aberturas muito pequenas de cerca de 1 mm (Metcalf & Eddy, 2003).

Os tamisadores também podem ser usados para substituir o tratamento primário em pequenas ETAR, as perdas de carga podem variar de cerca de 0,8 a 1,4 m (Metcalf & Eddy, 2003). As percentagens de eficiência de remoção de CBO e SST são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9: Dados típicos de eficiência de remoção de CBO e SST em tamisadores usadas para substituir decantação primária (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003)

Tipo de Tamisadores	Aberturas (mm)	Eficiência de remoção (%)	
		CBO	SST
Fixos	1,6	5 – 20	5 -30
Tambor	0,25	25- 50	25 – 45

2.3.2. Gradados e tamisados

Os gradados/tamisados são o primeiro subproduto gerado no tratamento das ARU e consistem em materiais sólidos recolhidos pelas grades/tamisadores, como trapos,

panos, plásticos, pedaços de madeira e latas, e periodicamente, grandes quantidades de folhas e ramos, que são arrastados pelas águas pluviais (Metcalf & Eddy, 2003).

Os gradados/tamisados contêm também matéria putrescível que provocam odores desagradáveis, incluindo material fecal e por isso devem ser manuseados e descartados corretamente. Nestes resíduos aparecem ainda gorduras e espumas que requer os mesmos cuidados (Metcalf & Eddy, 2003).

Em função das aberturas (ou dos orifícios) produzem-se mais ou menos gradados/tamisados, pelo que quanto menor for o espaçamento maior a quantidade de sólidos retidos.

A quantidade e as características de gradados/tamisados recolhidos, depende do tipo de grades, da abertura entre as barras, da localização geográfica e das características /tipo de sistema drenagem (3,5 - 84 L/1.000 m³ para os sistemas de drenagem unitários e de 3,5 - 35 L/1.000 m³ para sistemas separativos) (Metcalf & Eddy, 2003). Segundo EPA (2004) a quantidade removida depende das características de águas residuais e eficiência do equipamento.

Existem vários autores, com diferentes dados típicos sobre as características e quantidades do material gradado, segundo Mara (2003) a quantidade de gradados removidos varia consideravelmente, para aberturas de 10 a 20 mm o valor varia de 0,01 a 0,03 m³/d por 1.000 hab. Na Tabela 10 apresentam-se a estimativa da quantidade de material gradado e as suas características (Metcalf & Eddy, 2003).

Tabela 10: Características e quantidades de gradados (Metcalf & Eddy, 2003)

Tamanho de abertura entre as barras (mm)	Teor de humidade (%)	Peso específico (kg/m ³)	Volume de gradados (L/1.000 m ³)	
			Gama	Típico
12,5	60 – 90	700 – 1.100	37 a 74	50
25	50 – 80	600 – 1.000	15 a 37	22
37,5	50 – 80	600 – 1.000	7 a 15	11
50	50 – 80	600 – 1.000	4 a 11	6

Os tamisados em comparação com os gradados apresentam peso específico e teor de humidade ligeiramente diferente como se pode observar na Tabela 11.

Tabela 11: Características e quantidades de tamisados (Metcalf & Eddy, 2003)

Operação	Tamanho das aberturas (mm)	Teor de humidade (%)	Peso específico (kg/m ³)	Volume de tamisados (L/1.000 m ³)	
				Gama	Típico
Tamisador	6,25	80 – 90	900 – 1.100	30 a 60	45

Ainda na Tabela 12 é apresentada o estudo realizado por EPA (2004) relativamente as quantidades de gradados de várias ETAR.

Tabela 12: Quantidades de gradados/tamisados em ETAR dos EUA (EPA, 2004)

ETAR / localização	Gradados $m^3/10^3m^3$
Uniontown, Pennsylvania	0,006
East Hartford, Connecticut	0,009
Duluth, Minnesota	0,004
Lamberts Point Water Pollution Control Plant, Norfolk, Virginia	0,009
Village Creek, Ft. Worth, Texas	0,005
County of Milwaukee, Wisconsin, South Shore	0,004
Twin Cities Metro Minnesota	0,008
Chicago, Illinois (Northside)	0,006

Analisando as Tabelas 10, 11 e 12, verifica-se que é possível estimar as quantidades de gradados/tamisados a partir da análise do caudal de ARU afluente às ETAR. Tendo em conta os valores estimados de gradados/tamisados é possível determinar os números de contentores necessários para recolher esses resíduos, e dimensionar as operações de tratamento/valorização e destino final.

Nas ETAR de grande dimensão geralmente é utilizada a gradagem/tamisação de limpeza mecânica. Os gradados/tamisados assim recolhidos são removidos por transportadores de correia ou ejetores pneumáticos.

Os transportadores de correia apresentam como vantagens a facilidade de funcionamento, a baixa manutenção, a ausência de entupimentos e o baixo custo, contudo apresentam como desvantagem a emissão de odores, pelo que devem ser equipados com tampas. Os ejetores pneumáticos normalmente necessitam de menos espaços e são menos odoríferos, contudo são mais suscetíveis a entupimentos se estiverem presentes objetos de grandes dimensões.

2.3.3. Operações de tratamento/valorização e de destino final de gradados/tamisados

De acordo com um estudo realizado por Seyfried *et al.* (1985), citado por Gregor *et al.*, 2013, relativamente a quantidade e o teor de água de gradados, verificou-se que em termos de tratamento muitas das vezes a lavagem e desidratação de gradados são feitas

com uma prensa lavadora. Um outro estudo sobre o tratamento de gradados foi realizado por Tritt *et al.* (1996), citado por Gregor *et al.*, 2013, no entanto, nesse estudo os gradados foram desidratados com uma prensa de parafuso antes da digestão.

Os gradados são descarregados das grades diretamente para a zona de alimentação de uma prensa lavadora. Ali procede-se a lavagem e os gradados são desidratados com uma prensa de parafuso para reduzir seu volume e massa. Depois do tratamento em uma prensa hidráulica ou de lavagem, os gradados são depositados em um contentor (Mara, 2003 e Gregor *et al.*, 2013).

De acordo com Metcalf & Eddy (2003), os compactadores de gradados/tamisados são utilizados para desidratar e reduzir o volume destes resíduos (Figura 4). Estes equipamentos incluem os compactadores pneumáticos e os de parafuso, que geralmente recebem os gradados/tamisados diretamente das grades/tamisadores e os transportam para uma tremonha de recepção. Tal como nos transportadores pneumáticos, os sólidos de maior dimensão podem causar encravamentos. Estes equipamentos permitem reduzir o teor de água dos gradados/tamisados até 50% e o volume até 75% (Metcalf & Eddy, 2003).

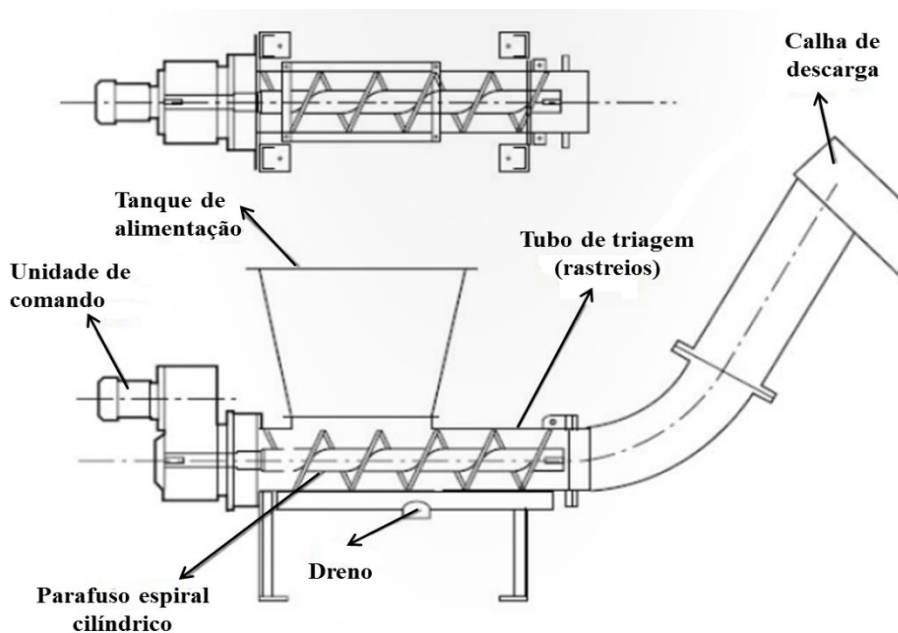


Figura 4: Compactador de gradados/tamisados (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003)

Geralmente os gradados/tamisados recolhidos após compactação são encaminhados diretamente para um contentor. No caso das grades mecânicas o próprio sistema automático de limpeza faz a descarga para os respectivos contentores.

Os destinos finais dos gradados/tamisados geralmente são: a deposição em aterros sanitários em conjunto com os resíduos sólidos urbanos; o enterro no local da estação de tratamento (pequenas instalações apenas); a incineração isolada ou combinada com lamas e areias (apenas em grandes instalações); a descarga para trituradores, desintegradores ou moinhos onde são triturados/moídos e devolvidos às AR (Metcalf & Eddy, 2003 e Mara, 2003).

A deposição em aterro sanitário é o destino final mais utilizado (Metcalf & Eddy, 2003 e Davis 2010). Em alguns países, é obrigatório adicionar cal estabilizada aos gradados/tamisados para controlar os organismos patogênicos (Metcalf & Eddy, 2003). Essa estabilização química evita a sobrevivência dos microrganismos e não permite a decomposição dos resíduos que iria criar odores e ser um potencial risco para a saúde pública (Pimentel, 2012).

Os trituradores são equipamentos que consistem num tambor, que roda num eixo vertical, de forma que a AR passe do exterior para o interior (Figura 5). Os sólidos são retidos na superfície exterior do tambor, triturados por lâminas e reduzidos em pedaços de pequenas dimensões que, posteriormente são conduzidos através das aberturas do cilindro (Rodrigues, 2012).

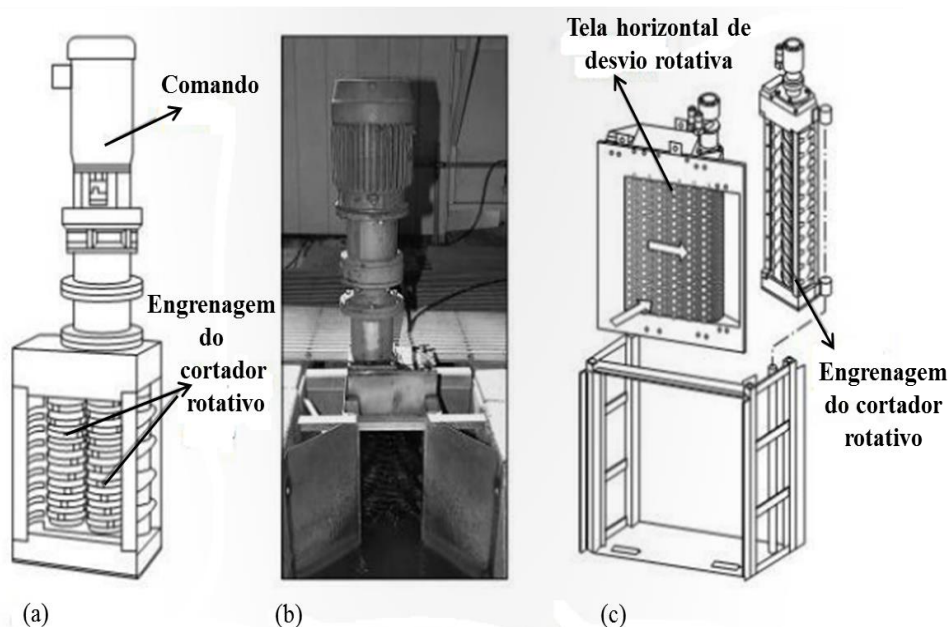


Figura 5: Desintegrador/triturador : a) de velocidade lenta com dois conjuntos de lâmina; b) montado num canal aberto; c) com uma grelha (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003).

Contudo a trituração dos sólidos e a sua devolução às AR tem inúmeras desvantagens. Por exemplo o facto de os sólidos triturados serem muitas vezes a origem de problemas a jusante, em particular no caso de panos e sacos de plásticos porque as matérias tendem a formar fios tipo corda, que podem trazer problemas, como entupir os impulsores de bombagem, tubagens de AR e acumularem-se nos difusores de ar e nos mecanismos de clarificação (Metcalf & Eddy, 2003).

Apesar de atualmente o destino final dos gradados/tamisados ser maioritariamente o aterro sanitário a legislação de gestão de resíduos (DL nº 73/2010, de 17 de Junho, que altera e república o DL nº 178/2006 de 5 de Setembro, e transpõe a Diretiva Europeia 2008/98/CE, e DL nº 183/2009) obriga a respeitar a seguinte ordem de prioridades: prevenir e reduzir a produção de resíduos, reutilizar, reciclar, ou outro tipo de valorização tal como a energética e a orgânica e só por fim a eliminação em aterro controlado (Figura 6).



Figura 6: Hierarquia da gestão de resíduos (Figueiredo, 2013).

Verifica-se que a hierarquia da gestão de resíduos classifica a deposição em aterro como a última das hipóteses a ser considerada, e apenas quando não existe outra alternativa viável, devendo ser sempre equacionadas medidas para a sua valorização. A valorização de gradados/tamisados contribui para atingir as metas comunitárias estabelecidas para a diminuição de resíduos depositados em aterro e o aumento da quantidade de resíduos valorizados.

Assim deve ser fomentada a análise e desenvolvimento de alternativas de tratamento/valorização dos referidos resíduos, viáveis em termos económicos e ambientais.

2.4. OPERAÇÃO DE DESARENAÇÃO

A desarenação é a operação geralmente utilizada após a gradagem e antes da decantação primária para remover materiais que, sendo mais densos do que a água depositam-se facilmente (areias). Os equipamentos utilizados na desarenação contribuem para (Santos, 2011):

- a proteção dos equipamentos eletromecânicos instalados a jusante (proteger bombas e outros equipamentos da abrasão e do desgaste);
- facilitar o tratamento;
- evitar possíveis obstruções nos coletores, ou seja, contribuir para a redução dos depósitos nas tubagens, canais, digestores anaeróbios e nos tanques de arejamento.

Devem sempre que possível, independentemente do tipo de limpeza e do desarenador, ser instalados pelo menos dois desarenadores para que quando um esteja a ser sujeito a manutenção ou reparação, o afluente passe pelo outro, não afetando o funcionamento das operações e processos a jusante (Pereira, 2008).

A quantidade de areias, que entra na ETAR depende essencialmente do sistema de drenagem. Em sistemas de drenagem mistos ou separativos, a quantidade de areias removida é muito mais baixa do que em sistemas de drenagem unitário, por exemplo, quando a rede de drenagem é feita por um sistema unitário, as águas pluviais arrastam consigo uma quantidade considerável de sólidos, juntam-se às AR domésticas e/ou industriais, afluindo em conjunto à estação de tratamento a jusante da rede de drenagem. Contudo qualquer que seja o sistema de drenagem, mistos ou unitário a quantidade de inertes é variável, uma vez que depende de características locais, nomeadamente do regime de precipitação, das infiltrações, do tipo de solo e ainda da época do ano (Pereira, 2008).

2.4.1. Tipos de Desarenadores

Existem vários tipos de desarenadores que são classificados em estáticos (gravidade) e mecânicos. Os desarenadores estáticos de escoamento horizontal podem ser retangulares ou quadrados. Os desarenadores mecânicos podem ser arejados, vórtice e hidrociclones (Tabela 13).

Tabela 13: Principais tipos de desarenadores (adaptado de Pereira, 2008)

Tipos de Desarenadores	
Desarenador estático ou gravítico (de escoamento horizontal) ou gravítico	Secção retangular
	Secção quadrangular
Mecânico	Arejado
	Vórtice
	Hidrociclones

Desarenador Estático de Escoamento Horizontal

O desarenador estático de escoamento horizontal é o tipo de sistema de remoção de areia mais antigo (EPA, 2004). Neste tipo de desarenador é importante manter uma velocidade horizontal do escoamento de aproximadamente de 0,3 m/s. Essa velocidade é controlada por um descarregador a jusante do canal desarenador. Normalmente são dimensionados para removerem todas as partículas de areia que ficariam retidas em grades de 0,21 mm ou mesmo de 0,15 mm (Raimundo e Correia, 2011).

Na Tabela 14 são apresentados os critérios de dimensionamento para desarenadores estáticos de escoamento horizontal.

Tabela 14: Critérios de dimensionamento de desarenadores de fluxo horizontal (adaptado Metcalf & Eddy, 2003)

Parâmetro		Gama de valores	Valor típico
Tempo de retenção (s)		45 – 90	60
Velocidade horizontal (m/s)		0,25 – 0,4	0,3
Velocidade de sedimentação (m/s)	Material 65 <i>mesh</i> [d=0,21mm]	0,017 – 0,022	0,019
	Material 100 <i>mesh</i> [d=0,15mm]	0,01 – 0,015	0,013

Nos desarenadores estáticos de escoamento horizontal (Figura 7) a velocidade uniforme (0,3 m/s) é conseguida pelo uso de descarregadores com geometrias particulares. O descarregador de Parshall é um dos mais usados para controlar a velocidade, tendo a vantagem de medir o caudal (Pereira 2008). O comprimento e a profundidade do canal são, respetivamente, função da velocidade crítica (v_c) de sedimentação das partículas que se querem remover e o do volume de armazenamento pretendido (Metcalf & Eddy, 2003).

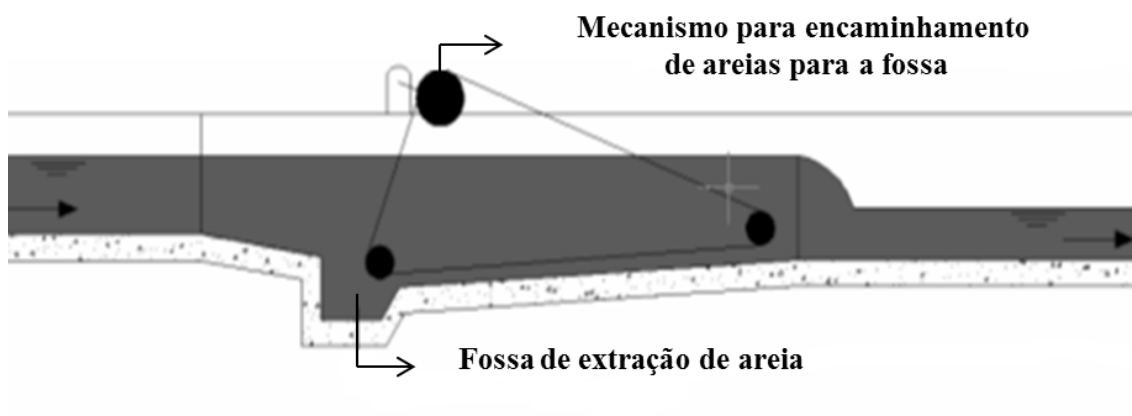


Figura 7: Vista em corte longitudinal de um desarenador de fluxo horizontal (Pereira, 2008)

Segundo EPA (2004) e Santos (2011) o desarenador de escoamento horizontal apresenta as seguintes vantagens:

- com um controle eficiente dos caudais é possível uma remoção das areias sem necessidade de uma classificação posterior;
- não é necessário qualquer construção pouco usual;

e desvantagens:

- difícil de manter uma velocidade de 0,3 m/s numa larga gama de caudais;
- desgastes excessivos nas correntes e nas lâminas submersas e nos dispositivos de suporte.

Desarenador Arejado

Os desarenadores arejados são unidades de geometria retangular, o ar é introduzido ao longo de um dos lados do tanque, criando um padrão de fluxo em espiral perpendicular ao movimento do tanque. As partículas de areia mais pesadas e com velocidades de sedimentação mais elevadas depositam no fundo do tanque. As partículas mais leves principalmente as partículas orgânicas permanecem em suspensão e passam pelo tanque. A velocidade da espiral ou agitação regula o tamanho das partículas de um determinado peso específico que será removido (Metcalf e Eddy, 2003).

O controle do tamanho da partícula removida é efetuado pelo controle das variações de velocidade da espiral que se forma, o que influencia a eficiência de remoção das areias e também a sedimentação do material orgânico. Se o caudal de ar injetado for excessivamente baixo ocorre sedimentação da matéria orgânica. Se o caudal de ar injetado for excessivamente alto a eficiência de remoção de areia é menor (Santos, 2011).

O desarenador arejado apresentadas algumas vantagens (EPA, 2004 e Davis, 2010):

- facilidade em controlar a velocidade de atravessamento conduzindo a uma maior eficiência de remoção;
- controlando a taxa de arejamento as areias podem ser removidas com um baixo teor de matéria orgânica putrescível;

e desvantagens:

- necessidade de mão-de-obra adicional para a manutenção e controlo do sistema arejado;
- consumo de energia é mais elevado do que em qualquer outro sistema de remoção de areias.

Na Tabela 15 apresentam-se alguns critérios de dimensionamento dos desarenadores arejados.

Tabela 15: Critérios de dimensionamento dos desarenadores arejados (Metcalf e Eddy, 2003)

Parâmetro		Gama de valores	Valor típico
Tempo de retenção (caudal máximo) (min.)		2 – 5	3
Dimensões (m)	Altura (H)	2,1 – 4,9	-
	Comprimento (L)	7,6 – 19,8	-
	Largura (W)	2,4 – 7,0	-
	Razão W/L	1 – 5	1,5
	Razão L/W	3 – 5	4
Fluxo de ar ($m^3/(m \cdot min)$)		0,19 - 0,47	-
Fluxo de areias ($m^3/(10^3 m^3)$)		0,004 - 0,20	0,015

O dimensionamento deste tipo de desarenadores é igualmente condicionado pela velocidade de atravessamento e pelo tempo de retenção. Contudo, a velocidade de atravessamento nestes desarenadores é controlada pelo caudal de ar que é injetado, e não pelo tipo de descarregador como acontece nos desarenadores de fluxo horizontal (Pereira, 2008). Na Figura 8 é apresentada a geometria do desarenador arejado.

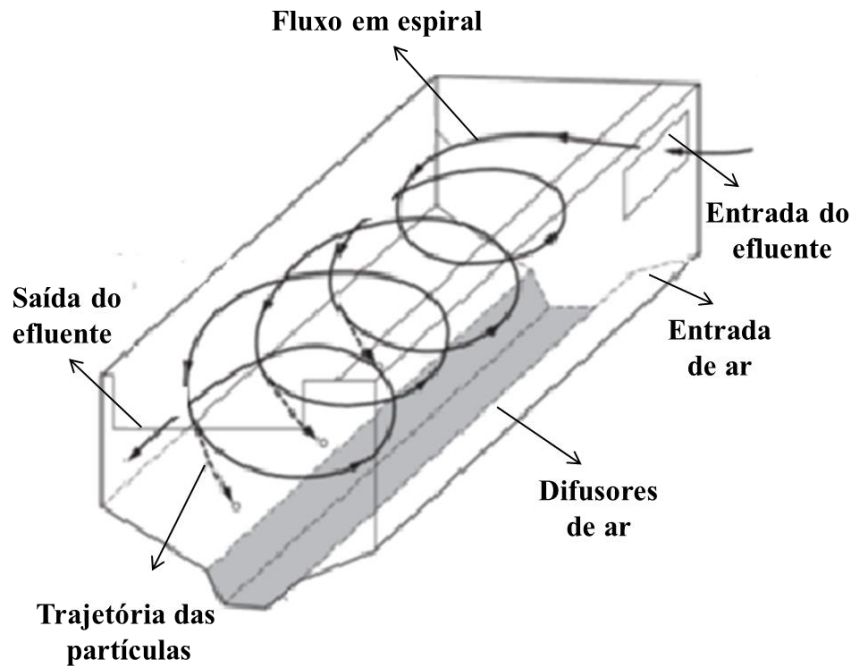


Figura 8: Desarenador arejado (adaptado de Davis, 2010 e Metcalf & Eddy, 2003)

Desarenador Tipo Vórtice

Segundo Crites & Tchobanoglous (1998) citado por Ferreira 2011, este tipo de equipamento consiste num tanque cilíndrico em que afluente entra tangencialmente formando um padrão de circulação em vórtice. A areia é encaminhada para o perímetro exterior e para baixo, saindo pelo fundo.

Os desarenadores tipo vórtices baseiam na remoção de areias por ação da força centrífuga (age como um separador centrífugo), em que as partículas pesadas de areia e os sólidos são separados através da ação de um vórtice e descarregados separadamente das partículas mais leves e a maior parte do líquido. A perda de carga na unidade é em função do tamanho das partículas a ser removidas e aumenta de forma significativa para partículas muito finas (Metcalf & Eddy (2003).

A remoção das areias e a suspensão da matéria orgânica é conseguida devido à presença de um agitador no interior do desarenador a uma velocidade constante. A rotação radial constante e o fluxo axial permitem que as areias sedimentem rapidamente no fundo do desarenador, de onde serão removidas por bombagem e conduzidas ao respetivo classificador (Pereira, 2008). Na Figura 9 encontra-se uma representação esquemática de um desarenador em vórtice (Metcalf & Eddy, 2003).

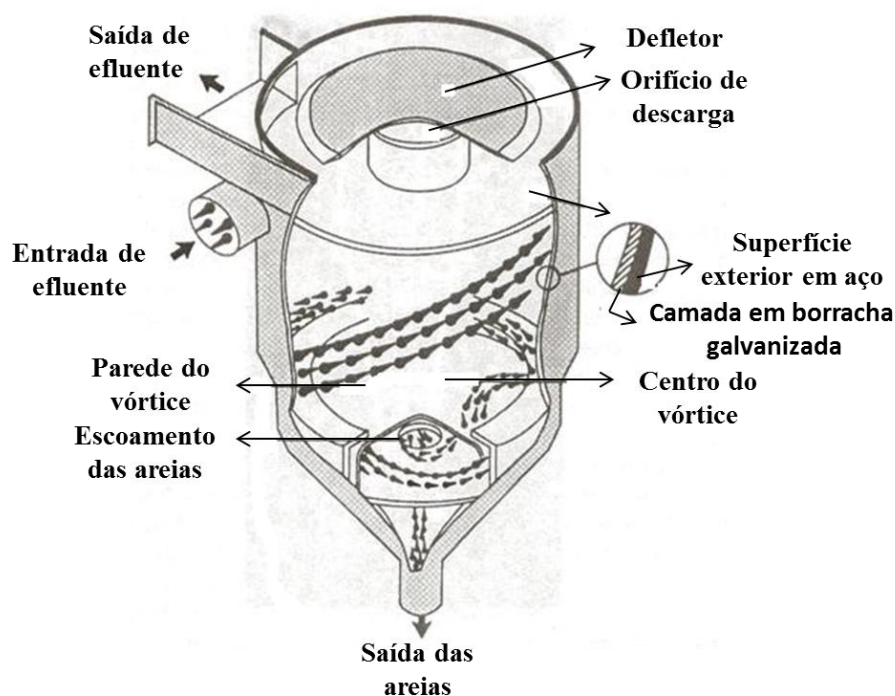


Figura 9: Desarenador tipo vórtice (Metcalf & Eddy, 2003)

Os valores típicos de dimensionamento deste tipo de desarenador apresentam-se na Tabela 16.

Tabela 16: Critérios de dimensionamento de um desarenador tipo vórtice (adaptado Metcalf & Eddy, 2003)

Parâmetros		Valores limitem	Valores médios
Tempo de retenção (caudal médio) (s)		20 – 30	30
Diâmetro	Topo (m)	1,2 – 7,2	-
	Fundo (m)	0,9 – 1,8	-
Altura (m)		2,7 – 4,8	-
Taxas de remoção de areias com diâmetro de:	0,30 mm	92 – 98 (%)	95+ (%)
	0,24 mm	80 – 90 (%)	85+ (%)
	0,15 mm	60 – 70 (%)	65+ (%)

Os desarenadores tipo vórtice apresentam como vantagens (EPA, 2004 e Santos, 2011):

- necessita de um espaço mínimo, portanto reduz o custo de construção;
- perda de carga mínima (típico 6mm);
- remove uma elevada percentagem de areias finas (até 73% da malha 140);

e desvantagens :

- a tremonha/depósito das areias tende a entupir ou ficar compactada e, exige uma agitação por ar e água;
- as pás tendem a recolher trapos.

2.4.2. Areias

As areias são materiais inertes, uma vez que não sofrem alteração das suas propriedades físicas e químicas. As areias são constituídas por: areia, terra, gravilha fina, fragmentos de vidro e metal, escórias/cinzas, pedras, cascalho; adicionalmente podem também conter conchas, lascas de ossos, cascas de ovo, espinhas, escamas, grãos de café e restos de comida (Davis, 2010 e Sousa, 2009). Geralmente, as areias são materiais pesados que têm pesos específicos ou velocidade de sedimentação consideravelmente maiores do que as partículas orgânicas (Metcalf & Eddy, 2003).

A composição destas areias varia significativamente, podendo ter uma percentagem de humidade entre 13 % a 65 % e de sólidos voláteis entre 1 % a 56 %. O valor geralmente usado para massa volúmica das areias é de 1.600 kg/m³ (Metcalf & Eddy, 2003).

A variação do tamanho das areias removidas é devida a diferenças nas características do sistema de recolha, bem como a variações na eficiência da remoção de areia na operação de desarenação. (Metcalf & Eddy, 2003). Os diferentes tamanhos de partículas de areias em AR estão referidos na Tabela 17.

Tabela 17: Classificação de tamanhos de partículas inertes (areias) em AR (Santos, 2011)

Classificação	Diâmetro da Partícula	
	(mm)	(mesh)
Muito grossa	1,00 a 2,00	18 a 10
Grossa	0,50 a 1,00	35 a 18
Média	0,25 a 0,50	60 a 35
Fina	0,10 a 0,25	160 a 60
Muito fina	0,05 a 0,10	270 a 160

A quantidade de areia recolhida, depende da localização; do tipo, características e condições de sistema de drenagem; dos tipos de resíduos industriais; do número de trituradores de lixo doméstico usados e do tipo de solos (Davis, 2010).

Existem vários dados para estimar a quantidade de areias recolhidas como é o caso de Mara (2003), de Metcalf e Eddy (2003) e EPA (2004). Segundo Mara (2003) a quantidade de areia recolhida varia entre 0,05 e 0,10 m³/1.000 m³ de AR. Na Tabela 18 é apresentada a estimativa da quantidade de areias removidas nas ARU em sistemas unitários e em sistemas mistos, de acordo com Metcalf e Eddy (2003) e Davis (2010).

Tabela 18: Estimativa da quantidade de areias removidas das ARU em sistemas unitários e mistos (adaptado de Metcalf e Eddy, 2003 e Davis, 2010)

Tipo de Sistema	Razão entre o dia de afluência máxima e o dia de afluência média de areia	Quantidade média de areia removida (m ³ areia removida /1.000 m ³ de ARU)
Unitário	1,5 a 3:1	0,004 – 0,037
Misto ou separativo	3 a 15	0,004 – 0,180

Conforme podemos verificar na Tabela 18 a estimativa das quantidades de areias removidas das ARU num sistema unitário é muito inferior à quantidade presente num sistema misto.

Na Tabela 19 é apresentado o estudo realizado por EPA (2004) relativamente às quantidades de areias de várias ETAR.

Tabela 19: Quantidades de areias de várias ETAR (EPA, 2004)

ETAR / localização	Areia m³/10³m³
Uniontown, Pennsylvania	0,074
East Hartford, Connecticut	0,017
Duluth, Minnesota	0,006
Lamberts Point Water Pollution Control Plant, Norfolk, Virginia	0,034
Village Creek ,Ft. Worth, Texas	0,009
County of Milwaukee, Wisconsin, South Shore	0,003

2.4.3. Operações de tratamento/valorização e destino final de areias

Geralmente as areias removidas das ARU por desarenação são posteriormente conduzidas para classificadores e lavadores de areias, onde se processa a sua separação e lavagem para a remoção da matéria orgânica existente e diminuição do seu teor de

humidade. Além disso, o classificador de areias permite extrair as areias do sistema praticamente sem água, o que leva à redução de volume a transportar para destino final, com a consequente diminuição de custos. A quantidade de matéria orgânica e de água contida nas areias depende das características das ARU e do tipo de desarenador utilizado (Pereira, 2008 e Carvalho, 2012).

Os lavadores/classificadores de areias são essencialmente de dois tipos: de lâminas de funcionamento alternativo e parafuso inclinado. O primeiro tipo consiste numa lâmina submerso inclinado que proporciona a agitação necessária para a separação das areias da matéria orgânica e ao mesmo tempo, eleva as areias lavadas para um ponto de descarga acima do nível de água. Outro tipo de lavador de areias é o parafuso inclinado que transporta as areias até à rampa de descarga. Ambos os tipos de classificadores podem ser equipados com pulverizadores de água para auxiliar na ação de limpeza (Davis, 2010 e Metcalf e Eddy, 2003).

Atualmente é possível selecionar o tipo de classificador de areias mais adequado a cada situação face à diversidade de equipamentos e tecnologia disponíveis no mercado (Pereira, 2008). Os classificadores para além de realizarem a lavagem, permite igualmente a desidratação das areias, com a consequente estabilização e redução de volume e massa. Os classificadores com arejamento na tremonha e lavagem de areias ao longo do parafuso transportador permitem obter eficiências de remoção de matéria orgânica mais elevadas e, consequentemente, areias com uma qualidade sanitária superior (Carvalho, 2012). Na Figura10 apresenta-se um dos classificadores de areias disponíveis no mercado.



Figura 10: Classificador de areias COANDA RoSF 4 (Huber Technology, 2014)

Segundo a Huber Technology (2014), o classificador de areias representado na Figura 10 combina a classificação e lavagem de areias numa só unidade compacta. Este classificador pode ser combinado com o processo de triagem para assegurar uma contínua e elevada eficiência de separação e de lavagem.

Este processo consiste na lavagem das areias através de um fluxo de água em contracorrente, a areia é impulsionada até à extremidade superior do classificador por meio de um parafuso sem-fim, colocado no interior e apoiado no fundo do canal, revestido com um material plástico de atrito reduzido. As areias depois de lavadas são descarregadas através de uma boca de descarga, por baixo da qual será posicionado um contentor de recolha ou uma tela transportadora para o escoamento sucessivo das areias extraídas. A saída da água por gravidade é efetuada por descarregadores apropriados de altura regulável e através de uma boca de descarga. O sem-fim é suportado por uma chumaceira especial colocada na parte inferior devidamente protegida da areia e, por um suporte na parte superior com ligação para redutor. E poderá ser dotado de um sistema de descarga e com cobertura anti cheiro ou anti gelo (Carvalho, 2012).

Após o armazenamento em contentores, as areias são encaminhadas para destino final, que deve ser feito em conformidade com as regulamentações ambientais, como o disposto no DL n.º 73/2011, de 17 de junho, que estabelece o regime geral de gestão de resíduos. Segundo Pereira (2008) o destino final das areias mais comum é a deposição em aterro sanitário. Embora não é referido nas bibliografias portuguesas, de acordo com Davis (2010) em alguns países e algumas ETAR de grande dimensão as areias são incineradas juntamente com os resíduos sólidos. Assim como referidos nos gradados/tamisados, em alguns países, é obrigatório adicionar cal para estabilizar as areias para controlar os organismos patogênicos antes da deposição em aterros sanitários (Metcalf & Eddy, 2003).

Tal como referido para o destino final dos gradados/tamisados (ponto 2.3.3) atualmente é necessário reduzir os resíduos enviado para aterro de modo a cumprir a legislação nacional e europeia.

Face às características das areias, materiais essencialmente inertes, estas podem ser valorizadas através da utilização em construção civil ou outras atividades, por exemplo em aterro sanitário, como terra de cobertura diária, no sistema de impermeabilização e na selagem final; em almofadas de assentamento; na construção de estradas (terraplenagens e pavimentos); no fabrico de betão e de argamassas (Pereira, 2008).

A utilização das areias nos aterros sanitários só é possível se foram cumpridas determinadas características: granulometria e coeficiente de impermeabilização. Na Tabela 20 são definidos os requisitos exigidos para cada fase do aterro, tendo em conta a sua função para cada aplicação. No sistema de impermeabilização de um aterro a barreira ativa deve ter uma camada drenante com uma espessura mínima de 0,5 m e um coeficiente de permeabilidade $K \geq 10^{-4}$ m/s, sendo constituída por 0,20 m de material de granulometria fina a média e 0,30 de material mineral natural britado ou rolado de dimensão de 20 a 50 mm (Levy e Cabeças, 2006).

Tabela 20: Requisitos exigidos para cada aplicação em aterro sanitário (Levy e Cabeças, 2006)

Fase do Aterro	Aplicação	Requisitos	
		Tipo de solo	K (m/s)
Sistema de impermeabilização Basal	Camada drenante > 0,5 m	Areia	$\geq 10^{-4}$
Operação	Cobertura diária dos resíduos	-	$\geq 10^{-4}$
Cobertura final do aterro	Terras de regularização	-	$\geq 10^{-4}$
	Camada drenante	Areia	$\geq 10^{-4}$

A utilização das areias como terra de cobertura diária dos resíduos nos aterros pode ser realizada, desde que estas permitam assegurar as funções de cobertura e tenham permeabilidade adequada, para o escoamento das águas pluviais e lixiviantes e do biogás, possibilitando um uso mais eficiente do espaço do aterro e reduzindo o volume das terras de cobertura e assim os custos inerentes.

Também na aplicação das areias na selagem dos aterros é necessário assegurar determinadas condições, nomeadamente minimizar o escoamento superficial e reduzir a produção de lixiviados, entre outras.

As almofadas de assentamento são geralmente camadas de terra ou areias colocadas para proteger tubagens enterradas e devem cumprir o especificado no Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de agosto. No entanto este decreto só regula a granulometria (não exceda 20 mm) e a espessura da almofada (0,15 a 0,30 m) não indicando o tipo de material a ser aplicado.

Para a construção de estradas por vezes é necessário efetuar escavações e aterros. No caso da execução de aterros é necessária a utilização de agregados, designadamente areias com características diferentes para cada uma das zonas, conforme apresentado na Tabela 21.

Tabela 21: Requisitos dos materiais para cada zona de aterro (Estradas de Portugal S.A, 2009)

Zona do Aterro	Requisitos dos Materiais
Parte inferior do aterro	Preferencialmente insensíveis à água Pertence a classes S2, S3, S4 e S5 ⁽¹⁾ ≤ 5 % de material passado no peneiro ASTM n.º 200
Corpo do aterro	Podem ser usados os solos de pior qualidade Dimensão máxima dos elementos ≤ 2/3 da espessura da camada, depois de compactada
Parte Superior do Aterro	Solos com melhores características geotécnicas, que satisfaçam simultaneamente as classes S2, S3, S4 e S5 ⁽¹⁾
Leito do pavimento	Solos de boa qualidade Dimensão máxima de 75 mm ≤ 20 % de material passado no peneiro ASTM n.º 200 0 % de matéria orgânica

⁽¹⁾Classes definidas no caderno de encargos (ver Anexo III).

Aplicação das areias como agregados nas estradas deve cumprir as seguintes propriedades: tamanhos das partículas e da granulometria; dureza; durabilidade; gravidade específica e absorção; estabilidade química e grau das limpezas das areias.

Se as areias forem aplicadas: em betões para a construção de estradas e outros pavimentos, em mistura betuminosas e tratamento de superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação ou em agregados para materiais não ligados ou tratados como ligantes hidráulicos, devem obedecer as NP EN 12620:2003, 13043:2004, 13242:2005, respetivamente.

No fabrico de betão e de argamassas, os agregados devem cumprir determinadas propriedades em termos de geometria das partículas, requisitos físicos e químicos e conformidade com a NP EN 2620:2003.

3. CARACTERIZAÇÃO DAS EG DE AR

As EG asseguram o transporte, o tratamento e a descarga das AR no meio recetor. Na caracterização das EG importa considerar, que no âmbito da drenagem e tratamentos de AR se recorrem aos conceitos de sistema em *alta* e em *baixa*.

Os sistemas em *alta* de saneamento de AR são aquelas que permitem o transporte, a interceção, a elevação, o tratamento e a rejeição de AR após tratamento nas linhas de água. Nos sistemas em *alta* são ainda considerados os pontos de recolha de AR provenientes dos sistemas em *baixa*. Os sistemas em *baixa* de saneamento de AR são os que permitem a recolha e o transporte incluindo a elevação das AR, desde dos domicílios das populações servidas (INSAAR, 2010).

Os sistemas de drenagem e de tratamentos de AR durante muito tempo foram geridos unicamente pela Administração Local, estando vedados a empresas privadas, tal como sucedia com os sistemas de abastecimento de água, esta situação foi alterada, com a entrada em vigor do DL nº 372/93, de 29 de outubro. De acordo com o RASARP 2012, os tipos de EG de saneamento de AR que operam no Continente (Tabelas 22 e 23) são: concessões multimunicipais, concessões municipais, parcerias estado/municípios, empresas municipais ou intermunicipais, serviços municipais, serviços municipalizados. Os serviços municipais e municipalizados são ambos serviços integrados no município. A diferença desses serviços consiste no grau de autonomia administrativa e financeira, como é o caso dos serviços municipalizados que têm orçamento próprio. As suas funções são assegurar a drenagem e o tratamento das AR produzidas com uma qualidade compatível como o meio recetor onde são descarregadas.

Tabela 22: Serviços de saneamento de AR em *alta* em 2011 (adaptado de RASARP, 2012)

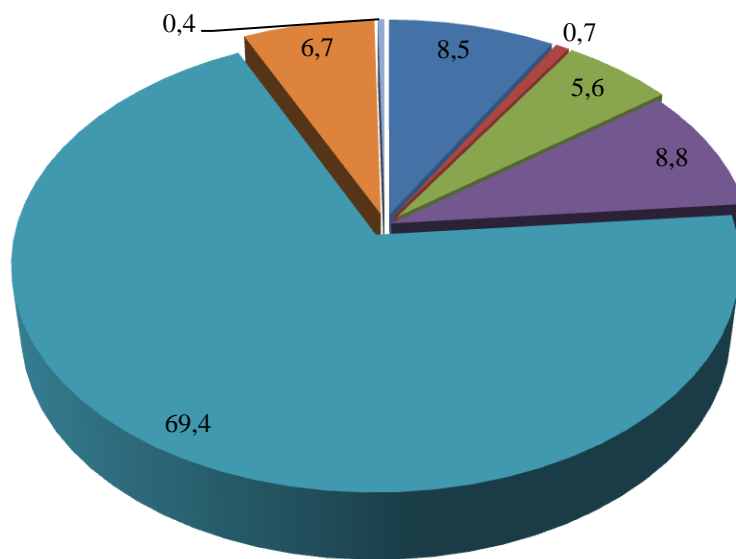
Submodelo de gestão	Número de EG	Área (km ²)	População (hab x 10 ³)	Densidade populacional (hab/km ²)
Concessões multimunicipais	16	53.964	6.728	125
Concessões municipais	2	1.002	398	397
Parcerias Estado/municípios	1	16.052	265	17

Tabela 23: Serviços de saneamento de AR em *baixa* em 2011 (adaptado de RASARP, 2012)

Submodelo de gestão	Número de EG	Área (km²)	População (habx10³)	Densidade populacional (hab/km²)
Concessões municipais	22	6.100	1.547	254
Parcerias Estado/municípios	1	1.476	333	226
Empresas municipais ou intermunicipais	25	9.117	1.784	196
Serviços municipais	197	65.251	3.937	60
Serviços municipalizados	19	6.736	2.191	325
Outros submodelos de gestão/não aplicável	1	16	10	610

Em Portugal Continental verifica-se que nos sistemas em *alta* o modelo de gestão mais utilizado é o das concessionadas que representam 96% da população abrangida (91% dos municípios), enquanto nos sistemas em *baixa* é o modelo de gestão direta (próprio município) o mais aplicado, representando 62% da população abrangida (77% dos municípios). A distribuição das EG por modelo de gestão em 2011 é apresentada na Figura 11.

Nos últimos anos verificou-se uma evolução positiva nos serviços de saneamento em Portugal Continental (Figura 12), sendo a cobertura dos serviços de drenagem de água residual de 81% e a cobertura do tratamento de águas residuais de 78% (RASARP, 2012). No entanto a cobertura dos serviços de drenagem e tratamento de AR tem significativas disparidades entre concelhos e estão abaixo dos objetivos estabelecidos (90%) no Plano Estratégico de Abastecimento e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR II).



284 Entidades

- Concessões municipais
- Concessões multimunicipais
- Serviços municipais
- Outros submodelos de gestão/não aplicável
- Parcerias Estado/municípios
- Empresas municipais ou intermunicipais
- Serviços municipalizados

Figura 11: Distribuição das EG de saneamento de AR por modelo de gestão em 2011 (adaptado de RASARP, 2012)

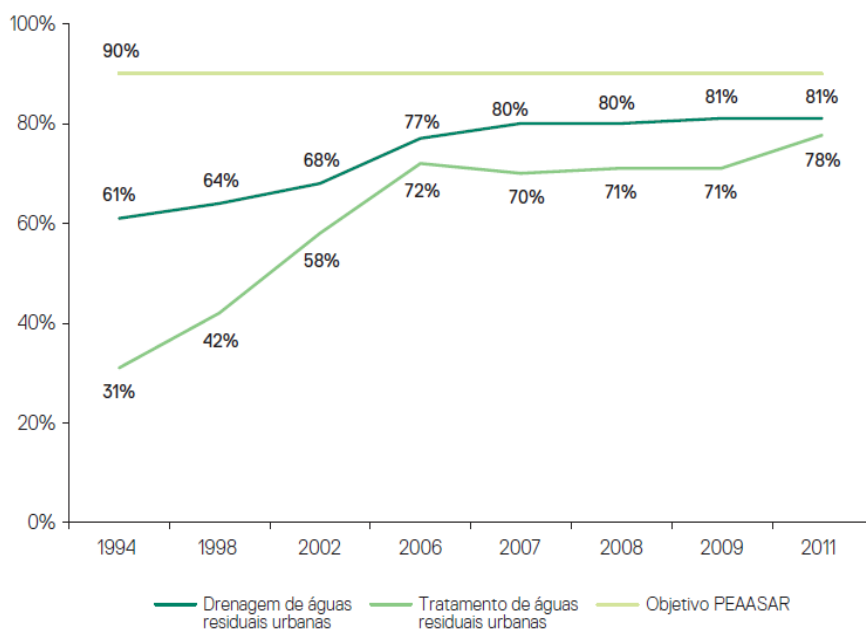


Figura 12: Evolução do nível de cobertura dos serviços de saneamento de AR em Portugal Continental (RASARP, 2012)

4. CASO DE ESTUDO

4.1. EG ABRANGIDAS PELO ESTUDO

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a produção de gradados/tamisados e de areias nas ETAR em Portugal Continental para a gestão adequada destes resíduos, como já referido no ponto 1.2.

Das EG referidas no ponto 3 (284 EG) foram selecionadas 20 EG (Anexo IV) que representam cerca de 86% da população servida por tratamento de ARU.

Para a determinação dos 86% foi considerado o nível de atendimento da população com tratamento de ARU em 2011 de 78% (RASARP, 2012) da população residente em Portugal Continental (10.047.621 hab) (INE, censo de 2011).

Nas EG escolhidas foi efetuado um levantamento para avaliar a quantidade de gradados/tamisados e de areias produzidos nos últimos anos (de 2007 a 2013).

Numa primeira fase foram consultadas diversas fontes bibliográficas, nomeadamente os relatórios das EG para obtenção de dados como: população servida, caudais tratados, areias e gradados/tamisados recolhidos, destino final das areias e gradados.

Numa segunda fase foram efetuadas inquéritos às 20 EG para obtenção de informação complementar. A lista e a caracterização de EG selecionados para o caso de estudo são descritas sumariamente no Anexo VI. A esses inquéritos responderam 13 EG, mas só 8 é que enviaram dados, os resultados do inquérito estão descritos no Anexo V.

Pela compilação dos dados bibliográficos e das respostas aos inquéritos só foi possível abranger 16 EG neste estudo.

Assim o estudo apresentado abrange não 86% da população servida por tratamento de AR, mas 80%. Na Tabela 24 apresentam-se as EG e a população alvo deste estudo.

Tabela 24:População abrangida pelo estudo, dados de 2011

EG	População servida (hab)
SIMTEJO	1.225.897
Águas do Zêzere e Côa	141.725
SIMARSUL	354.262
Águas do Algarve	359.781
Águas do Sado	119.530
SIMDOURO	356.922
AGERE	181.000
SIMLIS	199.000
SANEST	604.000
Águas do Oeste	321.345
Águas do Noroeste	1.462.000
SMAS de Almada	160.000
SMAS Caldas da Rainha	52.263
Águas Trás-os-Montes e Alto Douro	208.779
Águas de Santo André	23.157
SIMRIA	468.686
Total	6.238.347
População (%)	79,6%

4.2. PRODUÇÃO DE GRADADOS/TAMISADOS E AREIAS EM PORTUGAL CONTINENTAL

A produção de gradados/tamisados e de areias nas EG alvo de estudo foi avaliada tendo em conta a evolução da população servida, do caudal tratado, da produção de gradados/tamisados e de areias nos últimos anos.

Os valores disponíveis na bibliografia nem sempre coincidem com os valores enviados pelas EG, verificando-se alguma discrepância entre os mesmos. Nas Tabelas 25 e 26 apresentam-se os dados recolhidos e os dados enviados pelas EG de 2007 a 2013.

Tabela 25: Dados de gradados/tamisados recolhidos e enviados pelas EG para os anos de 2007 a 2013

Gradados /tamisados (ton)														
EG	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013	
	EG ⁽¹⁾	Pesquisa ⁽²⁾	EG ⁽¹⁾	Pesquisa ⁽²⁾	EG ⁽¹⁾	Pesquisa ⁽²⁾	EG ⁽¹⁾	Pesquisa ⁽²⁾	EG ⁽¹⁾	Pesquisa ⁽²⁾	EG ⁽¹⁾	Pesquisa ⁽²⁾	EG ⁽¹⁾	Pesquisa ⁽²⁾
SIMTEJO	1.360	1.371 ⁽³⁾	1.333	1.674 ⁽³⁾	1.165	1.631 ⁽³⁾	1.247	1.831 ⁽³⁾	1.290	1.944 ⁽³⁾	1.521	2.409 ⁽³⁾	1.246	1.951
Águas de Zêzere e Côa	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	71	n.d.	97	103	99	105	114	115	155	149
AGERE	164	n.d.	226	n.d.	207	n.d.	115	n.d.	194	n.d.	293	n.d.	248	n.d.
Águas do Sado	n.d.	n.d.	106	n.d.	111	75	76	109	85	n.d.	107	n.d.	105	n.d.
Águas do Algarve	n.d.	1.031	n.d.	7	812	620	688	n.d.	809	n.d.	820	n.d.	658	n.d.
SIMARSUL	13	n.d.	47	n.d.	90	111	82	112	153	197	175	n.d.	228	n.d.
SIMDOURO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	583	583	758	758	n.d.	n.d.
SIMLIS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	139	n.d.
SMAS Caldas da Rainha	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	58	n.d.	47	n.d.	41	n.d.	46	n.d.	32
SANEST	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	716	n.d.	n.d.	n.d.	642	n.d.	673	n.d.	634
Águas do Noroeste	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	844	n.d.	582	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Águas do Oeste	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	400	n.d.	448	n.d.	440	n.d.	520	n.d.	496
SIMRIA	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	51	n.d.	106	n.d.	n.d.	n.d.
SMAS Almada	n.d.	702	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Águas de Santo André ⁽⁴⁾	n.d.	30	n.d.	32	n.d.	55	n.d.	41	n.d.	77	n.d.	54	n.d.	n.d.
Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro ⁽⁴⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1.825	n.d.	1.214	n.d.	1.122	n.d.	n.d.

⁽¹⁾ Dados enviados pela EG;

⁽²⁾ Valores tirados dos relatórios e contas anuais;

⁽³⁾ Determinados através dos dados da remoção específica de gradados (kg/m³) de cada ETAR;

⁽⁴⁾ Os valores incluem gradados e areia

n.d - não disponível

Tabela 26: Dados de areias recolhidos e enviados pelas EG para os anos de 2007 a 2013

Areias (ton)														
EG	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013	
	EG ⁽¹⁾	Pesquisa ⁽²⁾	EG ⁽¹⁾	Pesquisa ⁽²⁾	EG ⁽¹⁾	Pesquisa ⁽²⁾	EG ⁽¹⁾	Pesquisa ⁽²⁾	EG ⁽¹⁾	Pesquisa ⁽²⁾	EG ⁽¹⁾	Pesquisa ⁽²⁾	EG ⁽¹⁾	Pesquisa ⁽²⁾
SIMTEJO	1.647	1.637 ⁽³⁾	1.568	1.618 ⁽³⁾	1.757	1.812 ⁽³⁾	2.599	2.746 ⁽³⁾	2.450	2.526 ⁽³⁾	2.261	2.652 ⁽³⁾	2.222	2.856
Águas de Zêzere e Côa	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	70	n.d.	125	131	99	104	53	54	118	118.
AGERE	401	n.d.	255	n.d.	325	n.d.	309	n.d.	406	n.d.	472	n.d.	661	n.d.
Águas do Sado	n.d.	n.d.	143	n.d.	130	212	221	199	181	n.d.	301	n.d.	304,8	n.d.
Águas do Algarve	n.d.	465	n.d.	4.442	380	380	767	n.d.	843	n.d.	693	n.d.	542	n.d.
SIMARSUL	146	n.d.	177	n.d.	280	629	593	1.615	496	1.525	414	n.d.	491	n.d.
SIMDOURO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	222	222	169	169	n.d.	n.d.
SIMLIS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	194	n.d.
SMAS Caldas da Rainha	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		161		112		93	n.d.	54	n.d.	103.
SANEST	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	773	n.d.	n.d.	n.d.	911	n.d.	870	n.d.	699
Águas do Noroeste	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2.228	n.d.	803	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Águas do Oeste	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	373	n.d.	600	n.d.	600	n.d.	600	n.d.	760
SIMRIA	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	915	n.d.	1.025	n.d.	n.d.
SMAS Almada	n.d.	329	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Águas de Santo André ⁽⁴⁾	n.d.	30	n.d.	32	n.d.	55	n.d.	41	n.d.	77	n.d.	54	n.d.	n.d.
Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro ⁽⁴⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1.825	n.d.	1.214	n.d.	1.122	n.d.	n.d.

⁽¹⁾ Dados enviados pela EG;

⁽²⁾ Valores tirados dos relatórios e contas anuais;

⁽³⁾ Determinados através dos dados da remoção específica de gradados (kg/m³) de cada ETAR;

⁽⁴⁾ Os valores incluem gradados e areias;
n.d. - não disponível.

Nos cálculos efetuados para as produções de gradados/tamisados e de areias optou-se por utilizar os dados dos inquéritos, só no caso das EG que não forneceram dados foram usados os da pesquisa.

Analisando os dados das produções de gradados/tamisados e de areias verificou-se ausência de valores em algumas ETAR, tendo em conta este facto foram considerados para os cálculos apenas a população e caudal das que apresentaram valores. Deste modo foram analisadas as evoluções da população, do caudal de ARU afluente à ETAR, das quantidades de gradados/tamisados e de areias. Posteriormente foram calculadas as capitações dos referidos resíduos.

Seguidamente apresenta-se uma análise detalhada a título de exemplo da SIMTEJO (uma das maiores EG). Os resultados detalhados das restantes EG são apresentados no Anexo VII.

4.2.1. Exemplo de EG - SIMTEJO

De acordo com os dados fornecidos pela EG o número de ETAR aumentou nos últimos anos, sendo que em 2013 existiam 29 ETAR.

Analisando a Figura 13 a) verifica-se que a população servida pelas ETAR que produzem gradados/tamisados é praticamente igual à população servida por ETAR com produção de areias.

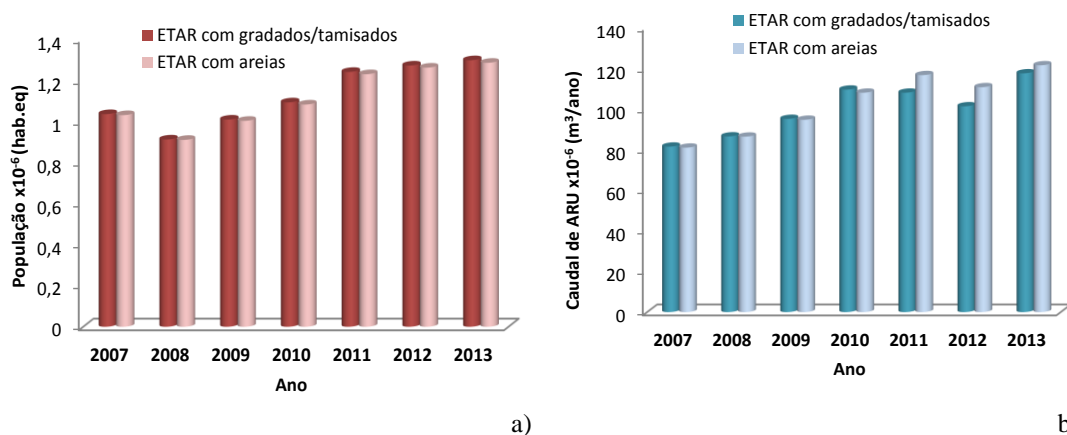


Figura 13: Evolução a) da população e b) dos caudais afluentes às ETAR de SIMTEJO de 2007 a 2013

A evolução da quantidade de gradados/tamisados e das areias por caudal de ARU tratada ($kg/10^3 m^3$) é apresentada na Figura 14.

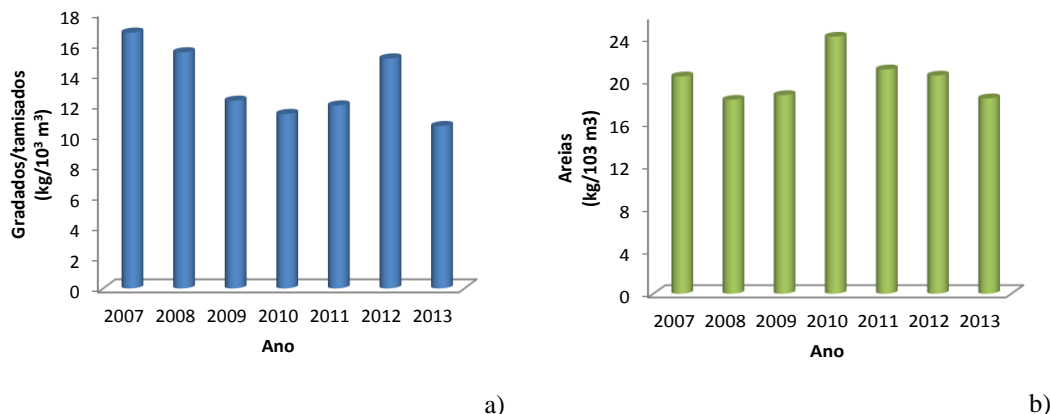


Figura 14: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados e b) areias por caudal de ARU tratado de 2007 a 2013 (SIMTEJO, 2014)

Na Figura 14 a) verifica-se uma diminuição da quantidade de gradados/tamisados até 2010 e posterior aumento só sendo interrompido em 2013. Relativamente às areias (Figura 11 b)) a evolução é completamente distinta, no entanto em ambos os resíduos o valor mais baixo ocorreu em 2013.

A capitação de gradados/tamisados (Figura 15 a)) de 2007 a 2013 apresenta uma tendência para diminuir exceto em 2008 e 2012.

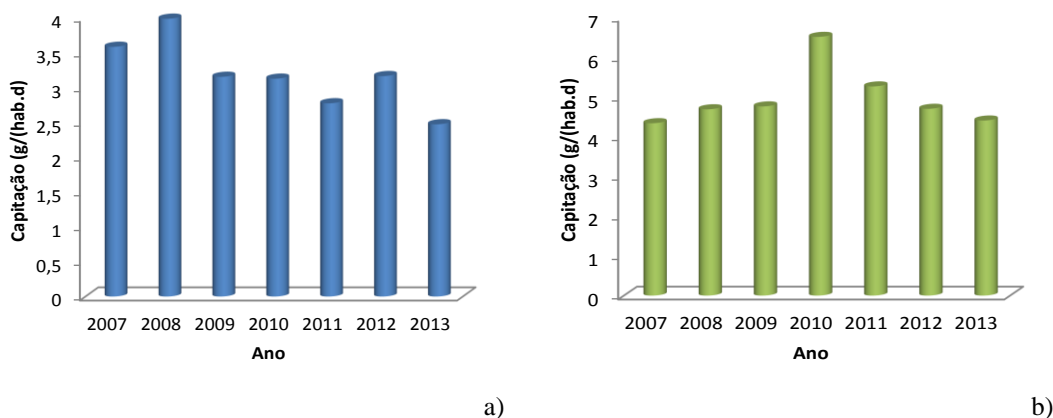


Figura 15: Capitação de a) gradados/tamisados e b) areias de 2007 a 2013

A capitação de areias (Figura 15 b)) é semelhante ao longo dos anos, exceto em 2010. Este facto pode ser devido à ampliação da ETAR de Alcântara em que as águas residuais apresentaram um aumento de 14,5 % face a 2009, e em termos de areia a sua quantidade cresceu 180%.

4.3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Os dados recolhidos sobre: as quantidades de gradados/tamisados e de areias removidas (ton); o volume de ART e a quantidade de gradados/tamisados e de areias removidas em massa (kg/m^3) e em volume ($\text{L}/1.000 \text{ m}^3$) de ARU tratadas; e a capitação $\text{g}/(\text{hab.d})$, referentes ao ano de 2011 das EG, são apresentados nas Tabelas 27 e 28. De entre os anos estudados em 2011 é o ano em que se obtiveram mais valores.

Tabela 27: Quantidades de gradados/tamisados removidos de ARU tratadas referentes ao ano de 2011

EG	Caudal de ARU Tratada (m ³ /ano)	Gradados removidos (ton/ano)	Gradados Removidos por volume de ARU tratada (kg/m ³)	Gradados Removidos por volume de ARU Tratada (L/1.000 m ³)	Capitação g/(hab.dia)
SIMTEJO ⁽¹⁾	81.381.134	1.290	0,012	13	2,8
Águas do Zêzere e Côa ⁽¹⁾	9.424.729	99	0,010	11	1,5
Águas do Sado ⁽¹⁾	5.028.008	85	0,017	19	2,6
Águas do Algarve ⁽¹⁾	46.467.085	809	0,017	19	4,4
SIMARSUL ⁽²⁾	2.005.739	49	0,024	27	4,6
SIMDOURO ⁽¹⁾	15.808.856	583	0,035	39	5,7
SMAS Caldas da Rainha ⁽²⁾	3.192.370	41	0,013	14	2,1
SANEST ⁽²⁾	57.664.585	642	0,011	12	2,9
Águas do Noroeste ⁽²⁾	56.893.000	582	0,010	11	1,1
Águas do Oeste ⁽²⁾	20.010.871	550	0,027	30	4,7
SIMRIA ⁽²⁾	26.194.495	937	0,036	40	5,5
Águas de Santo André ^{(2) (3)}	6.018.353	77	0,013	14	9,1
Águas Trás-os-Montes e Alto Douro ^{(2) (3)}	19.128.852	1.214	0,063	70	15,9
Total	344.873.837	6.957	-	-	-
Media ponderada			0,024	27	5,1

⁽¹⁾ Valores calculados a partir dos dados fornecidos pela EG;

⁽²⁾ Valores calculados a partir dos dados dos relatórios e contas anuais das EG;

⁽³⁾ Os valores incluem gradados e areias;

Obs.: Massa volúmica de gradados de 900 kg/m³;

Nota: Valores de Caudal de ARU tratada é equivalente ao caudal das ETAR que apresentam valores de gradados/tamisados.

Tabela 28: Quantidades de areias removidas por volume de ARU tratadas referente ao ano de 2011

EG	Caudal de ARU Tratada (m ³ /ano)	Areias Removidos (ton/ano)	Areias removidas por volume de ARU Tratada (kg/m ³)	Areias Removidas por volume de ARU Tratada (m ³ /1000 m ³)	Capitação g/(hab.dia)
SIMTEJO ⁽¹⁾	80.879.605	2.450	0,021	0,013	5,5
Águas do Zêzere e Côa ⁽¹⁾	5.080.489	99	0,020	0,013	2,4
Águas do Sado ⁽¹⁾	5.028.008	181	0,036	0,023	5,7
Águas do Algarve ⁽¹⁾	46.467.085	853	0,018	0,011	4,6
SIMARSUL ⁽¹⁾	7.188.129	411	0,057	0,036	10,2
SIMDOURO ⁽¹⁾	14.873.702	222	0,014	0,009	2,4
SMAS Caldas da Rainha ⁽²⁾	3.192.370	93	0,029	0,018	4,9
SANEST ⁽²⁾	57.664.585	911	0,016	0,010	4,1
Águas do Noroeste ⁽²⁾	56.893.000	803	0,014	0,009	1,5
Águas do Oeste ⁽²⁾	20.010.871	600	0,030	0,019	5,1
SIMRIA ⁽²⁾	26.194.495	1.044	0,04	0,025	6,1
Águas de Santo André ⁽²⁾⁽³⁾	6.018.353	77	0,013	0,008	9,1
Águas Trás-os-Montes e Alto Douro ⁽²⁾⁽³⁾	19.128.852	1.214	0,063	0,039	15,9
Total	352.963.784	8.948	-	-	-
Media ponderada			0,031	0,019	5,7

⁽¹⁾ Valores calculados a partir dos dados fornecidos pela EG;

⁽²⁾ Valores calculados a partir dos dados dos relatórios e contas anuais das EG;

⁽³⁾ Os valores incluem gradados e areias;

Obs.: Massa volúmica de gradados de 1600 kg/m³;

Nota: Valores de caudal de ARU tratada é equivalente ao caudal das ETAR que apresentam valores de areias

Em 2011 verifica-se que:

- os valores das quantidades de gradados/tamisados removidos por volume de ARU tratada variam entre 11 e 70 L/1.000 m³ (Tabela 27), todos os valores obtidos estão dentro do intervalo estimado por Metcalf & Eddy (2003) apresentado na Tabela 10 (4 a 74 L/1.000 m³);
- os valores de areias removidas por unidade de volume de ARU tratada variam entre 0,008 e 0,039 m³/1.000 m³ (Tabela 28), todos os valores estão dentro do intervalo estimado por Metcalf & Eddy (2003) apresentado na Tabela 18 (0,004 a 0,037 m³/1.000 m³ para sistemas separativos e 0,004 a 0,18 m³/1.000 m³ para sistemas mistos);
- as capitações dos resíduos variam de EG para EG, situando-se nas seguintes gamas: 1,1 a 5,7 g /(hab.d) para gradados/tamisados 1,5 a 10,2 g /(hab.d) para areias conforme se verifica nas Tabelas 27 e 28;
- Nas Águas de Santo André e Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro os valores incluem gradados e areias, não estão separados.

Comparando os valores de quantidade de gradados/tamisados e de areias apresentados por EPA (2004) (Tabelas 12 e 17) com os valores obtidos no presente trabalho verifica-se que o intervalo de valores encontrados para a quantidade de gradados/tamisados removidos por volume de ARU tratada (0,011 a 0,070 m³/1.000 m³) (Tabela 27) é superior ao intervalo de valores apresentados por EPA (2004) (Tabela 12) que variam entre 0,004 e 0,009 m³/1.000 m³. O mesmo não acontece para as quantidades de areias que no presente trabalho variam de 0,008 e 0,039 m³/1.000 m³ (Tabela 28) e os valores apresentados por EPA (2004) de 0,003 e 0,074 m³/1.000 m³ (Tabela 19).

Ainda em termos das areias comparam-se alguns dos valores obtidos das EG estudadas neste trabalho (ano 2011) com os apresentados por Pereira (2008) referentes às ETAR portuguesas (ano 2006) (Tabela 29).

Tabela 29: Caudal de ARU e quantidades de areias removidas

EG	Caudal de ARU tratada (m ³ /ano)		Areias removidos (ton/ano)		Areias removidas por volume de ARU Tratada (kg/m ³)		Areias removidas por volume de ARU Tratada (m ³ /1.000 m ³)	
	Pereira, 2008 (dados de 2006)	Dados do trabalho (dados de 2011)	Pereira, 2008 (dados de 2006)	Dados do trabalho (dados de 2011)	Pereira, 2008 (dados de 2006)	Dados do trabalho (dados de 2011)	Pereira, 2008 (dados de 2006)	Dados do trabalho (dados de 2011)
Águas de Algarve	19.299.515	46.467.085	751	853	0,039	0,018	0,024	0,011
Águas do Sado	3.198.000	5.028.008	79	181	0,025	0,036	0,015	0,023
SIMARSUL	14.007.031	7.188.129	460	411	0,033	0,057	0,021	0,036

Analisando a Tabela 29 Verifica-se que:

- O intervalo de valores encontrado neste trabalho para a quantidade de areias removidas por volume de ARU tratada (0,011 a 0,036 m³/1.000 m³) é maior do que o intervalo de valores apresentado por Pereira (2008) que varia entre 0,015 e 0,024 m³/1.000 m³.

A variação desses valores ao longo dos anos pode ser uma consequência de diversos fatores: precipitação ocorrida em cada ano, alteração do sistema de drenagem, número de ETAR em funcionamento, alteração da fileira de tratamento na ETAR e crise económica (diminuição do consumo de água potável e hábitos de consumo).

Segundo Pereira (2008), com base na média ponderada das areias removidas por volume de ARU tratada (0,019 m³/1.000 m³ e 0,030 kg/m³) e do volume de ARU faturada 338.138.562 m³ no ano 2006 (IRAR citado por Pereira, 2008), estimou-se a produção de areias a nível nacional (Tabela 30). Do mesmo modo, a média ponderada de areias removidas por volume de ARU tratada encontrado neste trabalho é de respetivamente 0,019 m³/ 1.000 m³ e 0,031 kg/m³ (Tabela 30), o volume de ARU tratada para o ano de 2011 é de 553.007.000 m³ (RASARP, 2012), nesse sentido a estimativa para a produção de areias a nível nacional é apresentada na Tabela 30.

Tabela 30: Produção estimada de areias removidas nas ETAR a nível nacional

Dados	Areias Removidas por Volume de ARU Tratada (kg/m ³)	Areias Removidas por Volume de ARU Tratada (m ³ / 1.000 m ³)	Volume de ARU Tratada (m ³)	Produção de Areias	
				Toneladas (ton)	Volume (m ³)
Pereira, 2008 (Dados de 2006)	0,030	0,019	338.138.562	10.200	6.400
Dados do trabalho (dados de 2011)	0,031	0,019	553.007.000	17.143	10.700

Comparando os dados do presente trabalho com Pereira (2008) (Tabela 30) relativos à produção de areias para as ETAR portuguesas e apesar do caudal anual de ARU tratada ter aumentado cerca de 61 % de 2006 para 2011 verifique-se que, as areias removidas por volume de ARU tratada em kg/m³ e m³/1.000 m³ são praticamente iguais, deste modo a quantidade anual de areias produzida aumentou de 10.200 ton para 17.143 ton, ou seja, de 6.400 m³ para 10.700 m³.

De acordo com Pereira (2008) a capitação de areia foi calculada tendo em conta que o nível de atendimento da população com tratamento de ARU era de 80 % (PEAASAR II) o que corresponde a 8.088.217 hab (0,8 x 10.110.271 hab (INE, 2006)), tendo sido obtido o valor de aproximadamente 3,5 g/(hab.d). No entanto a projeção do nível de atendimento da população com tratamento de ARU para 2006 não foi cumprida, ficando apenas em 72% (RASAARP, 2012). Assim a capitação de areias corrigida para Portugal em 2006 seria de aproximadamente 3,8 g/(hab.d).

Neste trabalho como já foi referido o nível de atendimento da população com tratamento de ARU em 2011 era de 78% (RASARP, 2012) da população residente em Portugal (10.562.178 hab) (INE, censo de 2011), o que corresponde a 8.238.499 hab. Tendo em conta esses dados a capitação de areias a nível nacional foi calculada, tendo-se obtido o valor de aproximadamente de 5,7 g/(hab.d). Este valor está dentro do intervalo de 5 a 15 g/(hab.d) de acordo com Arceivala (1994) citado por Pereira (2008).

No presente trabalho efetuou-se ainda a estimativa da quantidade de gradados/tamisados (Tabela 31) e de areias (Tabela 32) mínima e máxima produzidas em Portugal Continental:

- para estimar os valores máximos de gradados foram considerados o valor típico de quantidade de gradados removidos por volume de ARU tratada de 50 L/ 1.000 m³ (grades com aberturas de 12,5 mm), e uma massa volúmica de gradados de 900 kg/m³(Tabela 10). Para encontrar os valores mínimos de

estimativa de gradados/tamisados foram utilizados o valor de quantidade de gradados removidos por volume de ARU tratada de 6 L/ 1.000 m³ (grades com aberturas de 50 mm) e a mesma massa volúmica (Tabela 10).

- para estimar os valores máximos de areias foram considerados o valor típico de quantidade de areia removida por volume de ARU tratada de 0,18 m³/1.000 m³ (sistemas separativos) e uma massa volúmica de areias 1.600 kg/m³ (Tabela 18). Para encontrar os valores mínimos de estimativa de areias foram utilizados o valor típico de quantidade de areias removidas por volume de ARU tratada de 0,004 m³/1.000 m³ (sistemas separativos) e a mesma massa volúmica (Tabela 18).

Tabela 31: Estimativa da quantidade mínima, máxima e real de gradados/tamisados por EG de 2007 a 2013

Gradados /tamisados (ton)																					
EG	2007			2008			2009			2010			2011			2012			2013		
	Min. (1)	Máx. (2)	Valor real	Min. (1)	Máx. (2)	Valor real	Min. (1)	Máx. (2)	Valor real	Min. (1)	Máx. (2)	Valor real	Min. (1)	Máx. (2)	Valor real	Min. (1)	Máx. (2)	Valor real	Min. (1)	Máx. (2)	Valor real ¹
SIMTEJO ⁽³⁾	439	3.662	1.360	467	3.888	1.333	513	4.276	1.165	591	4.924	1.247	583	4.856	1.290	547	4.555	1.521	634	5.285	1.246
Águas de Zêzere e Côa ⁽³⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	25	209	71	49	405	97	51	424	99	28	237	114	42	348	155
Águas do Sado ⁽³⁾	22	180	n.d.	21	175	106	22	184	111	28	229	76	27	226	85	24	196	107	26	218	105
Águas do Algarve ⁽³⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	227	1891	812	275	2.292	688	251	2.091	809	219	1.821	820	207	1.727	658
SIMARSUL ⁽³⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	7	60	28	8	67	37	11	90	49	66	552	155	62	679	228
SIMDOURO ⁽³⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	85	711	583	88	732	758	n.d.	n.d.	n.d.
AGERE ⁽³⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	75	629	293	86	715	248
SIMLIS ⁽³⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	30	252	139
SMAS Caldas da Rainha ⁽⁴⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	16	131	58	18	146	47	17	144	41	14	115	46	15	129	32
SANEST ⁽⁴⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	298	2.480	716	356	2.965	n.d.	311	2.595	642	287	2.396	673	336	2.797	634
Águas do Noroeste ⁽⁴⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	310	2.582	844	307	2.560	582	305	2.544	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Águas do Oeste ⁽⁴⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	96	797	400	113	940	448	108	900	440	91	761	520	112	933	496
SIMRIA	92	765	n.d.	95	791	n.d.	120	997	n.d.	145	1.212	n.d.	141	1.179	n.d.	128	1.064	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
SMAS ALMADA ⁽⁴⁾	72	598	702	78	654	n.d.	87	727	n.d.	100	831	n.d.	94	781	n.d.	87	724	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Águas de Santo André ^{(4) (5)}	27	226	30	23	189	32	29	245	55	35	291	41	32	271	77	40	330	54	n.d.	n.d.	n.d.
Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro ^{(4) (5)}	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	87	714	n.d.	117	971	1.825	103	861	1.214	88	729	1.122	n.d.	n.d.	n.d.

⁽¹⁾ Valores mínimos de Estimativa de gradados/tamisados;

⁽²⁾ Valores máximos de Estimativa de gradados/tamisados;

⁽³⁾ Valores calculados a partir dos dados fornecidos pela EG;

⁽⁴⁾ Valores calculados a partir dos dados dos relatórios e contas anuais das EG;

⁽⁵⁾ Os valores incluem gradados e areias;

n.d. - não disponível

Tabela 32: Estimativa da quantidade mínima, máxima e real de areias por EG de 2007 a 2013

Areias (ton)																					
EG	2007			2008			2009			2010			2011			2012			2013		
	Min. (1)	Máx. (2)	Valor real	Min. (1)	Máx. (2)	Valor real	Min. (1)	Máx. (2)	Valor real	Min. (1)	Máx. (2)	Valor real	Min. (1)	Máx. (2)	Valor real	Min. (1)	Máx. (2)	Valor real	Min. (1)	Máx. (2)	Valor real
SIMTEJO ⁽³⁾	521	23.293	1.647	553	24.856	1.568	608	27.239	1.760	700	31.077	2.599	691	33.569	2.450	648	31.858	2.261	787	35.393	2.222
Águas de Zêzere e Côa ⁽³⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	30	1.145	70	58	1.178	125	60	1.463	99	34	1.253	53	49	1.644	118
Águas do Sado ⁽³⁾	26	1.149	n.d.	25	1.121	143	26	1.176	130	33	1.468	221	32	1.448	181	28	1.257	301	31	1.393	305
Águas do Algarve ⁽³⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	269	12.103	380	326	14.667	767	297	13.383	843	259	11.657	693	246	11.054	542
SIMARSUL ⁽³⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	9	1.588	232	9	2.039	561	13	2.070	411	78	5.023	414	97	6.189	491
SIMDOURO ⁽³⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	101	4.284	222	104	3.816	169	n.d.	n.d.	n.d.
AGERE ⁽³⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	89	4.023	472	102	4.575	661
SIMLIS ⁽³⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	36	1.610	194
SMAS Caldas da Rainha ⁽⁴⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	19	841	161	21	934	112	20	919	93	16	737	54	18	823	103
SANEST ⁽⁴⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	353	15.872	773	422	18.974	n.d.	369	16.607	911	341	15.333	870	398	17.903	699
Águas do Noroeste ⁽⁴⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	367	16.527	2228	364	16.385	803	362	16.283	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Águas do Oeste ⁽⁴⁾	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	113	5500	373	134	6.013	600	128	5.763	600	108	4.867	600	133	5.973	760
SIMRIA	109	4.895	n.d.	113	5.064	n.d.	142	6.381	n.d.	172	7.755	n.d.	168	7.544	915	151	6.811	1.025	n.d.	n.d.	n.d.
SMAS ALMADA ⁽⁴⁾	85	3.825	329	93	4.183	n.d.	103	4.650	n.d.	118	5.321	n.d.	111	4.999	n.d.	103	4.636	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Águas de Santo André ^{(4) (5)}	32	1.444	30	27	1.209	32	35	1.571	55	41	1.862	41	39	1.733	77	47	2.114	54	n.d.	n.d.	n.d.
Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro ^{(4) (5)}	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	103	4.633	n.d.	138	6.216	1825	122	5.509	1214	104	4.668	1.122	n.d.	n.d.	n.d.

⁽¹⁾ Valores mínimos de Estimativa de areias;

⁽²⁾ Valores máximos de Estimativa de areias;

⁽³⁾ Valores calculados a partir dos dados fornecidos pela EG;

⁽⁴⁾ Valores calculados a partir dos dados dos relatórios e contas anuais das E.;

⁽⁵⁾ Os valores incluem gradados e areias;

n.d. - não disponível

Analisando as Tabelas 31 e 32, verifica-se que todos os valores obtidos reais encontram-se no intervalo dos valores mínimos e máximos teoricamente estimados a partir de dados bibliográficos de gradados/tamisados e areias.

4.4. TRATAMENTO, VALORIZAÇÃO E DESTINO FINAL DE GRADADOS/TAMISADOS E AREIAS

Os resíduos das ETAR alvo deste estudo, tal como já referido, resultam das operações unitárias de gradagem/tamisação e desarenação utilizadas no tratamento preliminar de ARU.

Conforme referido nos pontos 2.33 e 2.43 os gradados/tamisados e as areias podem sofrer diversas operações e processos de tratamento/valorização e destino final.

De acordo com o DL n.º 73/2011, que altera o Regime Geral de Gestão de Resíduos, (artigo 4º) os referidos resíduos podem sofrer as seguintes operações: D - Operações de eliminação, R – Operações de valorização, conforme se verifica no Anexo VIII.

No entanto esses resíduos têm muitas vezes como destino final a deposição em aterro sanitário, variando apenas o tipo de aterro em que são depositados – aterro para, resíduos inertes, resíduos perigosos ou não perigosos – consoante as suas características e a entidade que gere o aterro para onde são encaminhados (DL nº 183/2009 de 10 de agosto). Segundo o DL nº 183/2009 de 10 de agosto, um aterro é uma instalação de eliminação de resíduos através da sua deposição acima ou abaixo da superfície natural.

A deposição em aterro de qualquer resíduo está sujeita a uma tarifa, a qual é regulada pela Entidade Reguladora de Saneamento Águas e Resíduos (ERSAR) e que depende do tipo de resíduo (resíduo sólidos urbano, resíduo industrial banal ou resíduo industrial perigoso), do tipo de aterro e da entidade prestadora do serviço de gestão de resíduos. Para avaliar o custo de deposição de gradados/tamisados e de areias é necessário saber a quantidade que vai para cada entidade, uma vez que a cada uma correspondem valores que podem ser significativamente diferentes. No entanto durante o presente estudo, foi averiguada a possibilidade de recorrer a processos de valorização ambientalmente mais adequados, e caso os mesmos não sejam possíveis, a adoção de medidas que permitem reduzir ou controlar a produção de gradados/tamisados e de areias com vista à redução dos impactes ambientais.

Com o objetivo de avaliar o destino final dado atualmente a esses subprodutos, foi solicitada informação as EG selecionadas.

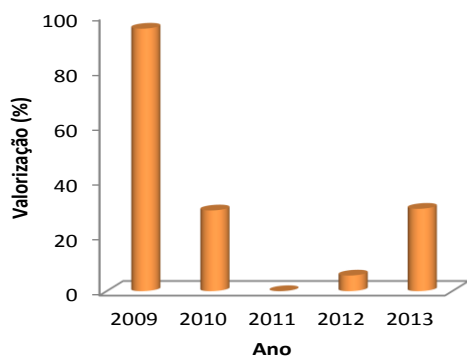
As repostas obtidas junto das várias EG, no que diz respeito ao destino final dos gradados/tamisados e areias são as seguintes:

- AGERE - Destino final de gradados/ tamisados e areias - Aterro sanitário da Braval - Operação de eliminação D1 (100%);
- SIMARSUL - Destino final dos gradados/tamisados e areias: eliminação (aterro sanitário);
- SIMLIS - A totalidade dos gradados e das areias produzidos são encaminhados para o aterro;
- Águas do Sado - O destino final dos gradados/tamisados e das areias é o aterro sanitário;
- SIMTEJO - Relativamente ao destino dos subprodutos, gradados/tamisados e areias, informamos que ambos são totalmente eliminados (aterro sanitário);
- Águas de Algarve - Operação eliminação para os gradados/tamisados e areias;
- Águas de Zêzere e Côa – Operação de valorização de gradados/tamisados e areias (R3) e operação de eliminação de gradados e areias (D1 e D15);

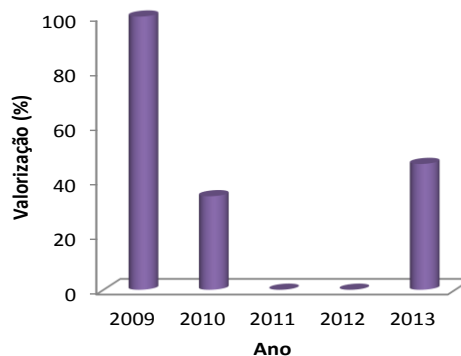
De acordo com o DL nº 73/2011:

- R3 é definido como: “Reciclagem/recuperação de substâncias orgânicas não utilizadas como solventes (incluindo digestão anaeróbia e ou compostagem e outros processos de transformação biológica). Esta operação inclui as operações de gaseificação e de pirólise que utilizem os componentes como produtos químicos”;
- D1 é definido como: “Depósito no solo, em profundidade ou à superfície (por exemplo, em aterros) ” e como D 15 “Armazenamento antes de uma das operações enumeradas de D 1 a D 14 (com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde os resíduos foram produzidos). Por «armazenamento temporário» entende -se o armazenamento preliminar, nos termos da alínea c) do artigo 3”.

Das EG que responderam aos inquéritos apenas as Águas de Zêzere Côa enviaram informação mais específica, pelo que na Figura 16 são apresentadas as percentagens de valorização de gradados/tamisados e areias de 2009 a 2013 das Águas do Zêzere e Côa.



a)



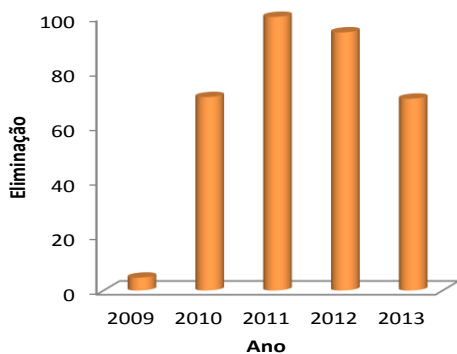
b)

Figura 16: Evolução da quantidade de valorização a) gradados/tamisados e b) areias por caudal de ARU tratado de 2009 a 2013

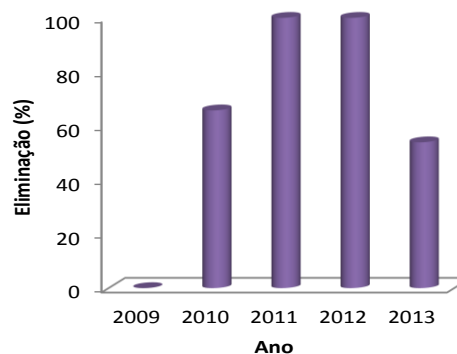
Os gradados/tamisados de 2009 a 2013 das Águas de Zêzere e Côa, conforme podemos verificar na Figura 16 a), variam muito, sendo a percentagem de valorização de 100% no ano de 2009 e no ano 2011 não existiu valorização.

Situação semelhante acontece nas areias (Figura 16 b)) que apresentam 100 % de valorização no ano de 2009 e nos anos de 2011 e 2012 não existiu valorização.

Na Figura 17 são apresentadas as percentagens de eliminação de gradados/tamisados e de areias de 2009 a 2013 das Águas do Zêzere e Côa.



a)



b)

Figura 17: Evolução da quantidade de eliminação a) gradados/tamisados e b) areias por caudal de ARU tratado de 2009 a 2013

Conforme se pode verificar na Figura 17 a eliminação dos gradados/tamisados e das areias diminui de 2011 a 2013. No entanto, em 2013 a percentagem de eliminação é ainda muito superior à da valorização (30 % para gradados/tamisados e 46 % de areias).

Pelas repostas obtidas nos inquéritos das várias EG constata-se que os gradados/tamisados e as areias são normalmente enviados para a valorização ou eliminação consoante as suas características e a entidade que gere o aterro para onde são encaminhadas. Contudo, o destino final dado aos gradados/tamisados e às areias a nível nacional, aponta na maioria dos casos o seu envio para o aterro sanitário.

4.5. PROPOSTA DE VALORIZAÇÃO DOS SUBPRODUTOS (GRADADOS/TAMISADOS E AREIAS)

Atualmente, existe uma política que visa a correta gestão de resíduos, em que estes podem ser reciclados para produção de novos materiais e valorizados organicamente ou energeticamente. Os resíduos que não tenham outra alternativa de gestão ou derivem dos processos de valorização devem ser encaminhados corretamente para aterro controlado de acordo com as suas características (Figueiredo, 2013).

Tendo em conta, os resultados da pesquisa e dos dados dos inquéritos das EG de abrangidas pelo presente estudo verifica-se que a valorização dos subprodutos gradados/tamisados e areias em Portugal continental é muito pouco comum. Assim são consideradas prioritárias as operações que permitam a valorização desses resíduos, devendo ser privilegiado o recurso às melhores tecnologias disponíveis com custos economicamente sustentáveis que permitam o prolongamento do ciclo de vida das matérias através da sua reutilização.

As características dos gradados/tamisados e das areias são diferentes, pois geralmente os gradados/tamisados apresentam maior percentagem de matéria orgânica que as areias, pelo que as suas propostas de valorização têm de ser distintas.

Relativamente à valorização dos gradados/tamisados além do que já foi referido no ponto 2.3.3, os gradados/tamisados podem sofrer um tratamento biológico por compostagem ou digestão anaeróbia. No entanto é necessário previamente remover a componente de matéria inorgânica que geralmente aparece nos gradados/tamisados, nomeadamente os têxteis sanitários, plásticos, vidro, metais. Só desta forma é possível tratar por via biológica essencialmente a componente orgânica como por exemplo, os pedaços de madeira, o papel, as folhas e os ramos e posteriormente utilizar o digerido/composto como fertilizante, de modo a obter valorização orgânica. No caso da digestão anaeróbia também é possível produzir energia a partir do biogás gerado, ou seja, valorização energética. No entanto, verifica-se que a separação da componente

inorgânica dos gradados/tamisados é complicada e geralmente a quantidade destes resíduos, que é produzida em cada ETAR, não torna viável em termos económicos a implementação do tratamento biológico, a não ser quando já existe para o tratamento das lamas.

A introdução de resíduos como pensos higiénicos, tampões, toalhetas de bebé, resíduos de algodão nas ARU é habitual em muitos países, Assim, no Reino Unido decorreu uma campanha, patrocinada pela indústria da água, para tentar persuadir as populações a depositar esses resíduos diretamente no caixote do lixo, pois são resíduos sólidos urbanos (Ashley *et al.*, 2005).

É preocupante também o aumento da quantidade de plásticos encontrados nas ETAR deste modo foi analisado por Nath *et al.* (1996) a viabilidade relativa da contínua deposição desses resíduos nas ARU (Ashley *et al.*, 2005). Um dos principais objetivos desse estudo realizado por Nath *et al* foi avaliar a resposta do público para o incentivo às mudanças práticas de eliminação de resíduos sanitários, e analisar a eficácia de campanhas públicas para reduzir a eliminação por via aquática e para avaliar os efeitos consequentes na saúde pública (Ashley *et al.*, 2005).

Assim visto que a redução e a prevenção são as primeiras prioridades na hierarquia da gestão dos resíduos, a aposta em ações de formação e de sensibilização ambiental destinadas à população servida pelas ETAR pode ser um meio para reduzir as quantidades dos subprodutos gradados/tamisados e areias removidos.

A sensibilização relativamente à não introdução de objetos inapropriados aquando da produção de ARD ou no sistema de drenagem (caixas de visitas) como plástico, latas, panos, outros materiais que são considerados resíduos sólidos urbanos, reduz a quantidade desses resíduos nas ETAR e permite também facilitar a implementação da valorização orgânica.

Nesse sentido em relação à proteção, à sensibilização e à participação dos utilizadores, a ERSAR referencia que devem ser criados instrumentos adequados de proteção dos utilizadores, de sensibilização e de participação pública nos processos de decisão em relação aos serviços públicos de águas e resíduos e que devem existir ações de educação ambiental com disponibilização de material didático.

Relativamente à valorização de areias além do que já foi referido no ponto 2.4.3, em termos da sua valorização através da utilização em construção civil ou noutras atividades, podem ainda ser aplicadas, por exemplo, em arranjos paisagísticos e em obras. Para tal seja viável deverá constar no caderno de encargos dessas obras que o

material a aplicar são as areias removidas das ETAR, apresentando as suas características e especificando os usos em que devem ser empregues. Contudo, à semelhança de todos os usos anteriormente mencionados, deve ser assegurado que o seu manuseamento e aplicação não constituem qualquer risco para a saúde pública e para o ambiente.

Uma forma de fomentar uma maior valorização das areias é existir legislação que obrigue a uma taxa mínima de utilização em obras de construção civil das areias.

4.6. VANTAGENS AMBIENTAIS E ECONOMICAS

O DL n° 73/2011 considera prioritário reforçar a prevenção da produção de resíduos e incentivar a sua reutilização e reciclagem com vista a prolongar o seu uso na economia antes de os devolver em condições adequadas ao meio natural. É importante também promover o pleno aproveitamento do novo mercado organizado de resíduos como forma de consolidar a valorização dos resíduos, com vantagens para os agentes económicos, bem como estimular o aproveitamento de resíduos específicos com elevado potencial de valorização.

Uma das principais vantagens ambientais resultantes da valorização de gradados/tamisados e de areias removidas nas ETAR são asseguradas com a prevenção e a redução da quantidade de resíduos a depositar em aterro. A aposta em ações de formação e de sensibilização ambiental destinadas à população servida por ETAR pode ser um meio para reduzir as quantidades dos subprodutos gradados/tamisados e areias removidos.

A valorização dos gradados/tamisados e das areias apresenta numerosas vantagens ambientais e económicas, nomeadamente:

- diminuição da quantidade de resíduos enviados para aterro, cumprindo as diretrizes legais;
- aumento da quantidade de resíduos valorizados, cumprindo as diretrizes legais;
- redução da quantidade de inertes extraídos, promove a utilização sustentável dos recursos;
- diminuição dos custos inerentes ao destino final das areias;
- diminuição dos impactos ambientais.

O facto de haver valorização de gradados/tamisados e de areias implica uma menor deposição em aterro e redução de custos para as EG. Contudo além de se eliminar o

custo com a deposição de gradados/tamisados e de areias, depois da sua valorização podem ser ainda obtidas receitas com a introdução das mesmas no mercado.

Como já referido no ponto 4.4 a deposição em aterro de qualquer resíduo está sujeita a uma tarifa.

Deste modo foi estimado o custo da deposição de gradados/tamisados e de areias em aterro a nível nacional, mas uma vez que é desconhecido para cada EG de saneamento qual é aterro sanitário que recebe os seus resíduos foi necessário determinar uma tarifa média (Anexo IX). Assim foi considerada a média das tarifas aprovadas para as EG que prestam serviços de gestão de resíduos urbanos (alta) para o ano de 2011, ou seja, cerca de 30,00 €/ton, acrescentando o valor da eco-taxa (2 €/ton), o que perfaz o valor de 32,00 €/ton. Assim foi determinado o custo de deposição de gradados/tamisados (Tabela 33) e das areias (Tabela 34) a nível nacional para o ano de 2011, de cada EG e o total das EG abrangida pelo estudo.

Tabela 33: Custo da deposição de gradados/tamisados em aterro, a nível nacional e das EG referente ao ano de 2011.

EG (Ano 2011)	Gradados a depositar (ton/ano)	Deposição das areias (%)	Custo de deposição (€/ano)	Gradados removidos por volume de ARU Tratada (kg/m ³)	Custo da deposição gradados por volume de ARU tratadas ((€/1000 m ³ ARU tratada)	Tarifa (€/m ³)	Percentagem da tarifa de saneamento de ARU destinada à deposição de gradados (%)
SIMTEJO	1.290	32	41.280	0,012	0,38	0,49	0,08
Águas de Zêzere e Côa	99	32	3.168	0,010	0,32	0,70	0,05
Águas de Sado	85	32	2.720	0,017	0,54	0,73	0,07
Águas de Algarve	809	32	25.888	0,017	0,54	0,57	0,10
SIMARSUL	49	32	1.568	0,024	0,77	0,52	0,15
SIMDOURO	583	32	18.656	0,035	1,12	0,58	0,19
AGERE	-	32	-	-	-	0,96	-
SIMLIS	-	32	-	-	-	0,62	-
SMAS Caldas da Rainha	41	32	1.312	0,013	0,42	0,50	0,08
SANEST	642	32	20.544	0,011	0,35	0,28	0,13
Águas de Noroeste	582	32	18.624	0,010	0,32	0,50	0,06
Águas de Oeste	550	32	17.600	0,027	0,86	0,53	0,16
SIMRIA	937	32	29.984	0,036	1,15	0,57	0,20
SMAS de Almada	-	32	-	-	-	0,49	-
Águas de Santo André	77	32	2.464	0,013	0,42	0,40	0,10
Águas de Trás-os-Montes e alto Douro	1.214	32	388.48	0,063	2,02	0,72	0,28
Total	6.957	32	222.656				
NACIONAL	13.272	32	424.704	0,024	0,77	0,57	0,13

⁽¹⁾ Quantidade anual de gradados produzidos tendo em conta o volume de ARU tratada para o ano de 2011 de 553.007.000 m³ e a média ponderada das areias removidas por volume de ARU tratada de 0,024 kg/m³

Tabela 34: Custo da deposição das areias em aterro, a nível nacional e das EG referente ao ano de 2011.

EG (Ano 2011)	Areias a depositar (ton/ano)	Deposição das areias (%)	Custo de deposição (€/ano)	Areias removidas por volume de ARU Tratada (kg/m ³)	Custo da deposição das areias por volume de ARU tratadas (€/1.000 m ³ ARU tratada)	Tarifa (€/m ³)	Percentagem da tarifa de saneamento de ARU destinada à deposição das areias (%)
SIMTEJO	2.450	32	78.390	0,021	0,67	0,49	0,14
Águas de Zêzere e Côa	99	32	3.181	0,020	0,64	0,70	0,09
Águas de Sado	181	32	5.802	0,036	1,15	0,73	0,16
Águas de Algarve	843	32	26.976	0,018	0,58	0,57	0,10
SIMARSUL	411	32	13.152	0,057	1,82	0,52	0,35
SIMDOURO	222	32	7.104	0,014	0,45	0,58	0,08
AGERE	-	32	-	-	-	0,96	-
SIMLIS	-	32	-	-	-	0,62	-
SMAS Caldas da Rainha	93	32	2.975	0,029	0,93	0,50	0,19
SANEST	911	32	29.152	0,016	0,51	0,28	0,19
Águas de Noroeste	803	32	25.696	0,014	0,45	0,50	0,09
Águas de Oeste	600	32	19.200	0,030	0,96	0,53	0,18
SIMRIA	1.044	32	33.408	0,040	1,28	0,57	0,22
SMAS de Almada	-	32	-	-	-	0,49	-
Águas de Santo André	77	32	2.464	0,013	0,42	0,40	0,10
Águas de Trás-os-Montes e alto Douro	1.214	32	38.848	0,063	2,02	0,72	0,28
Total	8.948	32	207.957				
Nacional	17.143 ⁽¹⁾	32	548.576	0,031	0,99	0,57	0,17

⁽¹⁾ Quantidade anual de areias produzidas tendo em conta o volume de ARU tratada para o ano de 2011 de 553.007.000 m³ e a média ponderada das areias removidas por volume de ARU tratada de 0,030 kg/m³.

Analisando a Tabela 33, verificou-se que em 2011, a estimativa de custos de deposição em aterro de gradados/tamisados em Portugal Continental de 222.656 €/ano, resulta da produção total de quantidades de gradados/tamisados das EG estudadas que foi cerca de 6.957 ton/ano. A estimativa de custos de deposição de gradados/tamisados a nível nacional de 424.704 €/ano foi calculada tendo em conta o volume de ARU tratada de 553.007.000 m³ (Tabela 30) e da média da produção de gradados/tamisados removidos por volume de ARU tratada (kg/m³) de 0,024 (Tabela 27), obtendo-se cerca de 13.272 ton de gradados/tamisados. Relativamente ao custo de areias em 2011 (Tabela 34) a estimativa de custos da sua deposição em aterro em Portugal Continental de 207.957 €/ano, resulta da produção total de quantidades de areias das EG estudadas que foi cerca de 8.948 ton. A estimativa de custos de areias a nível nacional de 548.576 €/ano resulta da estimativa de produção de areias a nível nacional calculada na Tabela 30, tendo em conta o volume de ARU tratada de 553.007.000 m³ e a média da produção de areias removidos por volume de ARU tratada (kg/m³) de 0,031 obtendo-se cerca de 17.143 ton de areias.

5. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS DE TRABALHOS FUTUROS

Com a realização deste trabalho pretendeu-se analisar a produção de gradados/tamisados e de areias no tratamento de AR em Portugal Continental, o seu adequado encaminhamento e apresentar propostas de ação e medidas para fomentar a diminuição destes subprodutos nas AR. Nesse sentido recolheu-se informação das EG e efetuaram-se diversos cálculos, tendo-se verificado que todos os valores reais de quantidades de gradados/tamisados e de areias, fornecidos pelas EG, encontravam-se dentro da gama de valores estimados.

Para a concretização deste trabalho foram consultadas diversas fontes bibliográficas, para obtenção de dados como: população servida, caudais tratados, areias e gradados/tamisados recolhidos e destino final. Também foram efetuados inquéritos a 20 EG que representam cerca de 86% da população servida por tratamento de ARU para obtenção de informação complementar. A esses inquéritos responderam 13 EG, mas só 8 é que enviaram dados. Contudo pela compilação dos dados bibliográficos e das respostas aos inquéritos foi possível abranger 16 EG que correspondem a 80% da população servida.

De entre os anos estudados 2011 é o ano em que se obtiveram mais valores. As capitações calculadas desse ano variam de EG para EG, situando-se nas seguintes gamas: 1,1 a 5,7 g/(hab.d) para gradados/tamisados e 1,5 a 10,2 g/(hab.d) para areias. Contudo tendo em conta os resultados mais detalhados das EG verificou-se que, de 2009 para 2013 o valor máximo da gama de capitações de gradados/tamisados e de areias baixou, passando de 4,4g/(hab.d) para 3,9 g/(hab.d) e de 9,8 para 8,9 g/(hab.d) respetivamente.

De uma forma geral, face aos resultados obtidos, conclui-se que nos últimos anos houve uma evolução positiva na medida em que os valores de capitação dos referidos resíduos têm vindo a diminuir. Apesar desta evolução positiva ainda há muito a fazer relativamente ao destino adequado dos referidos resíduos, pois geralmente têm como destino a deposição em aterro sanitário, com consequências ambientais e económicas.

No presente estudo, em 2011 estimou-se que foram produzidos cerca de 6.957 ton de gradados/tamisados e 8.948 ton de areias, para as EG estudadas. A nível nacional as produções de 13.272 ton de gradados/tamisados e de 17.143 ton de areias foram estimadas tendo em conta o volume de ARU tratada de 553.007.000 m³ e as médias da produção de gradados/tamisados e de areias de 0,024 e 0,031 kg/m³ respetivamente.

Verificou-se que a estimativa do custo de deposição de gradados/tamisados para o ano de 2011 foi de 222.656 €/ano para as EG estudadas e a nível nacional de 424.704 €/ano. No caso das areias o custo de deposição foi de 207.957 €/ano para as EG estudadas e a nível nacional de 548.576 €/ano.

Uma forma de diminuir as consequências ambientais e económicas desses resíduos é por exemplo, a aposta em ações de formação e de sensibilização ambiental destinadas à população servida. Na sensibilização ambiental deve ser mencionadas e explicadas as causas e as consequências da introdução de objetos inadequados nas AR, como por exemplo plásticos, latas, panos, outros materiais, por forma a facilitar a implementação da valorização orgânica dos gradados/tamisados.

Se os gradados/tamisados não contiverem materiais inadequados (materiais inorgânicos ou orgânicos de difícil biodegradação) podem sofrer um tratamento biológico, por compostagem ou digestão anaeróbia de modo obter-se valorização orgânica e/ou energética.

A valorização de areias pode ser efetuada através da sua utilização como por exemplo em aterro sanitário, como terra de cobertura diária, no sistema de impermeabilização e na selagem final; em almofadas de assentamento; na construção de estradas (terraplenagens e pavimentos); no fabrico de betão e de argamassas ou noutras atividades, e em obras. Uma forma de fomentar a valorização das areias é existir legislação que obrigue a uma taxa mínima de utilização em obras de construção civil.

A valorização dos gradados/tamisados e das areias traz numerosas vantagens, quer em termos ambientais quer em termos económicos, o facto de haver valorização implica uma menor deposição em aterro, uma redução de custos para as EG e a obtenção de uma receita devido à possível venda dos resíduos para valorização.

Em termos de trabalhos futuros é necessário:

- efetuar uma caracterização detalhada dos gradados/tamisados provenientes das diversas EG existentes em Portugal de modo a verificar a viabilidade da valorização orgânica e/ou energética;
- verificar a existência de digestão anaeróbia nas ETAR para o tratamento de lamas e a viabilidade de implementar a codigestão com os gradados/tamisados;
- criar critérios mínimos de qualidade das areias que permitam que sejam consideradas uma matéria-prima;

- implementar/propor pequenas alterações nas ETAR de modo o tratamento das areias cumpram os requisitos mínimos de qualidade para serem consideradas matérias-primas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Portuguesa do Ambiente, (2008). *Dossier de Prevenção (redução) de Resíduos*. Agência Portuguesa do Ambiente, I. P. Amadora

Águas de Portugal, (2010). *Relatório e contas 2010*. Disponível em: <http://www.adp.pt/files/970.pdf>

Águas de Portugal, (2011) *Relatório e contas 2011*. Disponível em: <http://www.adp.pt/files/1043.pdf>

Águas de Portugal, (2012) *Relatório e contas 2012*. Disponível em: <http://www.adp.pt/files/1229.pdf>

Águas de Santo André, S.A (2011) *Relatório e contas 2011*. Disponível em: <http://www.adsa.pt/contents/documents/2011-r-and-c.pdf>

Águas de Santo André, S.A (2012) *Relatório e contas 2012*. Disponível em: http://www.adsa.pt/contents/documents/rc-2012-_v11mar13.pdf

Águas de Santo André, S.A. (2010) *Relatório e contas 2010*. Disponível em: <http://www.adsa.pt/contents/documents/2010-rc.pdf>

Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro (2011 a 2012) *Relatório de Sustentabilidade Biénio 2011 - 2012*. Disponível em: http://www.aguas-tmad.pt/fotos/editor2/relatoriodesustentabilidadeadtmad2011_2012.pdf

Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, (2012) *Relatório e contas 2012*. Disponível em: <http://www.aguas-tmad.pt/fotos/editor2/relatorioecontasadtmad2012.pdf>

Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, S.A (2010) *Relatório e contas 2010*. Disponível em: <http://www.aguas-tmad.pt/fotos/editor2/relatorioecontasadtmad2010.pdf>

Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, S.A. (2009) *Relatório de Sustentabilidade 2009*. Disponível em: <http://www.aguas-tmad.pt/fotos/editor2/relatoriodesustentabilidadeadtmad2009.pdf> SIMARSUL, S.A.

(2009) *Relatório de Sustentabilidade 2009*. Disponível em: http://www.simarsul.pt/document/REL_Sustentabilidade_SIMARSUL_2009.pdf

Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, S.A. (2009) *Relatório e contas 2009*. Disponível em: <http://www.aguas-tmad.pt/fotos/editor2/relatorioecontasadtmad2009.pdf>

Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, S.A. (2010). *Relatório de Sustentabilidade 2010*. Disponível em: <http://www.aguas-tmad.pt/fotos/editor2/relatoriodesustentabilidadeadtmad2010.pdf>

Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, S.A. (2011). *Relatório e contas 2011*. Disponível em: <http://www.aguas-tmad.pt/fotos/editor2/relatorioecontasadtmad2011.pdf>

Águas de Zêzere e Côa, S.A. (2010 a 2013). *Relatório de Sustentabilidade 2010 a 2013*. Disponível em: <http://www.adzc.pt/content/index.php?action=detailfo&rec=2029&t=Sustentabilidade>

Águas de Zêzere e Côa, S.A. (2013) *Relatório e contas 2013*. Disponível em: <http://www.adzc.pt/content/index.php?action=detailfo&rec=2033&t=Relatorio-e-Contas>

Águas do Algarve, S.A (2008) *Relatório e contas 2008*. Disponível em: http://www.aguasdoalgarve.pt/uploads/file/Relatorio/R&Contas_Ada_2008.pdf

Águas do Algarve, S.A (2010) *Relatório e contas 2010*. Disponível em: http://www.aguasdoalgarve.pt/uploads/file/Relatorio/R&Contas_AdA2010.pdf

Águas do Algarve, S.A. (2007) *Relatório e contas 2007*, Disponível em: <http://www.aguasdoalgarve.pt/uploads/file/Relatorio/RelatorioContas2007.pdf>

Águas do Algarve, S.A. (2009) *Relatório e contas 2009*. Disponível em: http://www.aguasdoalgarve.pt/uploads/file/Relatorio/R&Contas_AdA_2009.pdf

Águas do Algarve, S.A. (2011) *Relatório e contas 2011*. Disponível em: http://www.aguasdoalgarve.pt/uploads/file/Relatorio/RelatorioContas_AdA2011.pdf

Águas do Algarve, S.A. (2012) *Relatório e contas 2012*. Disponível em: http://www.aguasdoalgarve.pt/uploads/file/Relatorio/R&C_AdA_2012.pdf

Águas do Noroeste, S.A (2012) *Relatório e contas 2012*. Disponível em:
http://www.adnoroeste.pt/sites/adnoroeste.pt/files/staff/rc_2012_adnw.pdf

Águas do Noroeste, S.A. (2010) *Relatório de Sustentabilidade 2010*. Disponível em:
http://www.adnoroeste.pt/sites/adnoroeste.pt/files/staff/rs_adnw_2010.pdf

Águas do Noroeste, S.A. (2011) *Relatório de Sustentabilidade 2011*. Disponível em:
http://www.adnoroeste.pt/sites/adnoroeste.pt/files/staff/rs_adnw_2011.pdf

Águas do Oeste, S.A (2010) *Relatório e contas 2010*. Disponível em:
http://www.aguasdoeste.pt/images/Empresa/Informacao_Financeira/relatoriocontas2010.pdf

Águas do Oeste, S.A. (2009) *Relatório e contas '09*. Disponível em:
http://www.aguasdoeste.pt/images/Empresa/Informacao_Financeira/relatorioecontas2009.pdf

Águas do Oeste, S.A. (2011) *Relatório e contas 2011*. Disponível em:
http://www.aguasdoeste.pt/images/Empresa/Informacao_Financeira/Relatorio%20e%20Contas%202011_AdO_low.pdf

Águas do Oeste, S.A. (2012) *Relatório e contas 2012*. Disponível em:
http://www.aguasdoeste.pt/images/PDF/RC2012_ADO.pdf

Águas do Sado, S.A (2009) *Relatório e contas 2009*. Disponível em:
http://www.aguasdosado.pt/backoffice/files/file_39_1_1317900496.pdf

Águas do Sado, S.A. (2010) *Relatório e contas 2010*. Disponível em:
http://www.aguasdosado.pt/backoffice/files/file_39_1_1317901352.pdf

Águas do Sado, S.A. (2011) *Relatório e contas 2011*. Disponível em:
http://www.aguasdosado.pt/backoffice/files/file_39_1_1366036981.pdf

Águas do Sado, S.A. (2012) *Relatório e contas 2012*. Disponível em:
http://www.aguasdosado.pt/backoffice/files/file_39_1_1366037020.pdf

Alves, N. (2013) *Projeto de pré-dimensionamento de uma ETAR em Luanda – Angola*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. ISEL

Arceivala, S. (1994). *Wastewater Treatment and Disposal Part 2*. UMI, Books on Demand, Michigan.

Ashley, R., Blackwood, D., Souter, N., Hendry, S., Moir, J., Dunkerley, J., Davies, J., Butler, D., Cook, A., Conlin, J., Squibbs, M., Britton, A., Goldie, P., (2005). Sustainable Disposal of Domestic Sanitary Waste. *Journal Environ. Eng.*, Vol. 131 (2), 206-215

Azevedo, A. I., Sousa, I.M., Magalhães, L. I., Silva, S. F. (2010). Disponível em: <http://csgquiagua.webnode.pt/album/galeria-de-fotos/#a100-0838-jpg> consultado em 22-03-2014.

Carneiro, C. (2007) *O Ciclo Urbano da Água – Uma Abordagem Pedagógica*. Tese de Mestrado em Física e Química para o Ensino. UTAD.

Carvalho, C. (2012) *Estudo para a conceção de sistema de tratamento de resíduos de redes de drenagem de águas residuais urbanas*. Relatório de Projeto, Mestrado em Tecnologias Ambientais, ESTGV do Instituto Politécnico de Viseu.

Crites, R., & Tchobanoglous, G. (1998). *Small and decentralized wastewater management systems*. WCB/McGraw-Hill.

Davis, M. L. (2010) *Water and Wastewater Engineering – Design Principles and Practice*, McGraw Hill, USA.

Decreto - Lei nº 73/2011, de 17 de junho de 2011, Diário da República, 1ª série – n.º 116. Disponível em:

http://www.apambiente.pt/_zdata/Politicar/Residuos/DL_73_2011_DQR.pdf

Decreto de Lei nº 183/2009, de 10 de Agosto de 2009, Diário da República, 1ª série – n.º 153. Disponível em: <https://dre.pt/application/file/493323.pdf>

Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de Junho de 1997, Diário da República, I Série – A, n.º 139. Disponível em: <http://dre.pt/pdf1sdip/1997/06/139A00/29592967.pdf>

Decreto-Lei nº 198/2008, de 8 de outubro de 2008, Diário da República 1ª série - nº 195. Disponível em: <http://www.animee.pt/pdf-g/legislacao/ambiente/agua/Legisla%C3%A7%C3%A3o%20C3%81gua%20Diplomas%20publicados%20entre%202011%20e%202007.pdf>

Decreto-Lei nº 372/93, de 29 de Outubro de 1993, Diário da República, I Série – A, nº 254. Disponível em: <http://www.egf.pt/files/163.pdf>

Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de agosto de 1995, Diário da República, I Série – B, nº 194. Disponível em: http://www.aguasdafigueira.pt/backoffice/files/file_124_1_1314634937.pdf

Dias, J.C. (2004) *Guia de boas práticas – Aplicação de lamas na agricultura*. Reciclamas – Multigestão Ambiental S.A., Lisboa,

Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), Disponível em: <http://www.ersar.pt/website>

Environmental Protection Agency, (2004) Wastewater Technology Fact Sheet. Screening and Grit Removal. United States

Estradas de Portugal, S.A. Caderno de Encargos Tipo Obra (2009) *Terraplenagem Características dos Materiais*.

Ferreira, A (2011) *Contribuição para o estudo dos efeitos do conteúdo de fossas sépticas no dimensionamento de reatores biológicos de sistemas de lamas ativadas*. Tese de mestrado em Engenharia do Ambiente. FCT/ UNL

Figueiredo, V.M. (2013) *Aterro de Santo Tirso: Análise das metodologias de gestão e propostas de ação*. Dissertação de mestrado em Engenharia do Ambiente. FEUP, Porto

Gregor, H., Rupp, W., Janoske.U., Kuhn.M., (2013) Dewatering behavior of sewage screenings. *Journal Homepage.*, Volume 33, Issue 4, 907–914

Huber Technology, (2014). Disponível em: <http://www.huber.de/products/grit-separation-and-treatment/grit-washing-plants/coanda-grit-washing-plant-rosf-4.html> consultado em 31-01-2014.

INSAAR 2010 (dados 2009); Julho de 2011 *Relatório do Estado do Abastecimento de Água e do Tratamento de Águas Residuais; Sistemas Públicos Urbanos*. Disponível em: <http://insaar.apambiente.pt/bo/contents/resultadosrelatorios/13710420362551.pdf>

Instituto Nacional de Estatísticas (INE), censo 2011. Disponível em: http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos2011_apresentacao

LEVY, J. Q; CABEÇAS, A. J., (2006). *Resíduos Sólidos Urbanos – Princípios e Processos*. AEPSA.

Luizi, R.P (2012) *Operação de Sistemas de Tratamento de Águas Residuais por Lamas Activadas com Arejamento Prolongado*. Tese de mestrado em Engenharia Civil. IST.

Mara, D. (2003) *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*, EARTHSCAN, UK.

Marecos do Monte, H. (2010) *Reutilização de Águas Residuais*, Série Guias Técnicos – Nº14, Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos. Lisboa

Meireles, M.F. (2011) *Otimização da Estação de Tratamento de Águas Residuais de Crestuma*. Tese de mestrado em Engenharia Química. ISEP

Mendes, S.I.. (2014) *Valorização de lamas de tratamento de águas residuais urbanas para utilização agrícola*. Tese de mestrado em Engenharia Civil. ISEL

Metcalf & Eddy, (2003). *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*. 4th Edition. McGraw-Hill, New York.

Moreira, J. (2009) *Indicadores de eco-eficiência como parte do Sistema de Gestão Ambiental da Águas do Ave, S.A: aplicação às ETAR de S. Gonçalo, Esposende e Vila Meã*. Tese em Engenharia de Ambiente. FEUP

PEAASAR II (2006) *Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007 - 2013*. Lisboa (Portugal), Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional

PENSAAR 2020 (2014) *Uma nova Estratégia para o Setor de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais. Conselho Nacional da Água (Documento de trabalho)*

Pereira, M. (2008) *Contributo para avaliar a possibilidade de reutilização das areias removidas nas ETAR*. Tese de mestrado em Engenharia do Ambiente. FCT/ UNL

Pimentel, M. (2012) *Gestão de resíduos produzidos num sistema de drenagem e tratamento de águas residuais*. Tese de mestrado em Engenharia química. ISEP

Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março, Diário da República, I Série – B, N.º 53. Disponível em: http://www.aiccopn.pt/upload/Port_209_2004.pdf

Raimundo, J e Correia, J. (2011) *Conceção de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR D) Projeto e Exploração de ETAR*. Departamento de Engenharia Civil Universidade de Coimbra

RASARP (2012) *Caraterização geral do setor*. Volume 1.ERSAR. disponível em: <http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?SubFolderPath=%5CRoot%5CContents%5CSitio%5CMenuPrincipal%5CDocumentacao%5CPublicacoesIRAR&BookCategoryID=1&BookTypeID=3>

Rodrigues, I. M (2012) *Sistema de apoio à exploração de estações de tratamento de águas residuais*. Tese de mestrado em Engenharia Civil. Universidade de Minho

SANEST, S.A. (2009) *Relatório e Contas '09*. Disponível em: http://www.sanest.pt/output_efile.aspx?sid=42b198bc-c5b7-4faa-ba6d-87890b4685f3&cntx=o28GHHnaijg1VqQ8tarRwAKG9R%2BsDLSsEX3Oz7g5lfChMvkchu6Yr1j2XmWjwdKDKfixZ8J01VOE0J9t%2FiJaOg%3D%3D&idf=374

SANEST, S.A. (2010) *Relatório e Contas 2010*. Disponível em: http://www.sanest.pt/output_efile.aspx?sid=903a4dfd-4c7a-4870-9788-f60dbc4ffb7d&cntx=ISqqccLnVXIs11UHbbgXdye%2BoyzfWgB0P3b%2BgNF3Fx5tRK1xt%2FDPScZK2Jp%2B%2BwZM89XdBbmKMHq3A%2FDyyZPKIA%3D%3D&idf=538

SANEST, S.A. (2011) *Relatório e Contas 2011*. Disponível em: http://www.sanest.pt/output_efile.aspx?sid=903a4dfd-4c7a-4870-9788-f60dbc4ffb7d&cntx=mqWFduFI3vFsvT2KaOp9NifjEsxkwuuvQDINJ7xRvsVD5tTsTPJHwSWgJOR76IPAx1F1KKw1d

SANEST, S.A. (2012). *Relatório e Contas 2012*. Disponível em: http://www.sanest.pt/cache/binImagens/XPQfVkAXX648n4_svFzgzrZKU.pdf

SANEST, S.A. (2013) *Relatório e Contas 2013*. Disponível em: http://www.sanest.pt/content/R&C_Sanest_2013.pdf

Santos, M.T. (2011) *Textos de apoio da unidade curricular de Estações de Tratamento de Águas Residuais* do mestrado em engenharia civil da área de especialização de hidráulica. ISEL.

SIMARSUL, S.A (2010). *Relatório de Sustentabilidade 2010*. Disponível em: http://www.simarsul.pt/document/REL_SUSTENTABILIDADE_2010.pdf

SIMARSUL, S.A. (2009) *Relatório e contas 09*. Disponível em: http://www.simarsul.pt/document/relatorio09_final.pdf

SIMARSUL, S.A. (2010) *Relatório e contas 2010*. Disponível em: http://www.simarsul.pt/document/relatorio_contas_SIMARSUL_2010.pdf

SIMARSUL, S.A. (2011) *Relatório de Sustentabilidade 2011*. Disponível em: http://www.simarsul.pt/document/Relatorio_Sustentabilidade_2011_baixa.pdf

SIMARSUL, S.A. (2011) *Relatório e contas 2011*. Disponível em: http://www.simarsul.pt/document/relatorio_contas_SIMARSUL_2011.pdf

SIMDOURO, S.A. (2011) *Relatório e Contas 2011*. Disponível em: <http://188.40.90.147/~simdouro/userfiles/file/RCs/RelatorioContas2011.pdf>

SIMDOURO, S.A. (2012). *Relatório e Contas 2012*. Disponível em: <http://188.40.90.147/~simdouro/userfiles/file/RCs/Relatorio%20Contas%202012.pdf>

SIMRIA, S.A. (2008) *Relatório de Sustentabilidade 2008*. Disponível em:
<http://www.simria.pt/fotos/editor2/RSustSIMRIA2008.pdf>

SIMRIA, S.A. (2008) *Relatório e contas 2008*. Disponível em:
<http://www.simria.pt/fotos/editor2/R&CSIMRIA2008.pdf>

SIMRIA, S.A. (2009). *Relatório & contas '09*. Disponível em:
http://www.simria.pt/fotos/gca/rc_2009_simria_1_1279554662.pdf

SIMRIA, S.A. (2010) *Relatório e contas 2010*. Disponível em:
http://www.simria.pt/fotos/editor2/R&C_2010_SIMRIA_parte1.pdf

SIMRIA, S.A. (2011) *Relatório de Sustentabilidade 2011*. Disponível em:
http://www.simria.pt/fotos/editor2/RELAT%C3%93RIO%20DE%20SUSTENTABILIDADE%202011_reduced.pdf

SIMRIA, S.A. (2011) *Relatório de Sustentabilidade 2012*. Disponível em:
http://www.simria.pt/fotos/editor2/RELATORIO%20E%20CONTAS%20SIMRIA_2012.pdf

SIMTEJO, S.A (2007). *Relatório e contas 2007*. Disponível em:
<http://www.simtejo.pt/cache/binImagens/XPQLNvQXX377pnUIKvtnxRZKU.pdf>

SIMTEJO, S.A (2009) *Relatório e contas 2009*. Disponível em:
<http://www.simtejo.pt/cache/binImagens/XPQLNvQXX419pnUIKvtnxRZKU.pdf>

SIMTEJO, S.A. (2008) *Relatório e contas 2008*. Disponível em:
<http://www.simtejo.pt/cache/binImagens/XPQLNvQXX376pnUIKvtnxRZKU.pdf>

SIMTEJO, S.A. (2010) *Relatório e contas 2010*. Disponível em:
<http://www.simtejo.pt/cache/binImagens/XPQLNvQXX958pnUIKvtnxRZKU.pdf>

SIMTEJO, S.A. (2011) *Relatório e contas 2011*. Disponível em:
<http://www.simtejo.pt/cache/binImagens/XPQLNvQXX965pnUIKvtnxRZKU.pdf>

SIMTEJO, S.A. (2012) *Relatório e contas 2012*. Disponível em:
<http://www.simtejo.pt/cache/binImagens/XPQLNvQXX1123pnUIKvtnxRZKU.pdf>

SIMTEJO, S.A. (2013) *Relatório e contas 2013*. Disponível em: <http://www.simtejo.pt/cache/binImagens/XPQLNvQXX1465pnUIKvtnxRZKU.pdf>

SMAS Caldas da Rainha, (2009). *Relatório e contas 2009*. Disponível em: http://www.smas-caldas-rainha.pt/portal/page/portal/SMAS/INFORMACOES_UTEIS/RELATORIO_CONTAS/Relatorio%20e%20Contas%202009.pdf

SMAS Caldas da Rainha, (2010) *Relatório e contas 2010*. Disponível em: http://www.smas-caldas-rainha.pt/portal/page/portal/SMAS/INFORMACOES_UTEIS/RELATORIO_CONTAS/Relatorio%20e%20Contas%202010.pdf

SMAS Caldas da Rainha, (2011) *Relatório e contas 2011*. Disponível em: http://www.smas-caldas-rainha.pt/portal/page/portal/SMAS/INFORMACOES_UTEIS/RELATORIO_CONTAS/RC2011_SMAS.pdf

SMAS Caldas da Rainha, (2012) *Relatório e contas 2012*. Disponível em: http://www.smas-caldas-rainha.pt/portal/page/portal/SMAS/INFORMACOES_UTEIS/RELATORIO_CONTAS/Relatorio_e_Contas_2012.pdf

SMAS de Almada, (2007) *Documentos de prestações de contas 2007*. Disponível em: http://www.smasalmada.pt/portal/page/portal/front_end_portal_smas_almada/recursos/imagens/conteudos/Quem%20somos/Presta%20E7%E3o%20de%20Contas/Documentos%20de%20presta%20E7%E3o%20de%20contas%202007.pdf

Sousa, E.R. (2001) *Noções sobre qualidade da água*. Departamento de engenharia civil e arquitetura secção de hidráulica e dos recursos hídricos e ambientais. IST

Sousa, G.N.S. (2009) *O diagnóstico de uma ETAR como suporte a decisão para reutilização do efluente tratado – Caso de estudo da ETAR de Coruche*. Tese de mestrado em Engenharia do Ambiente. ISA/UTL

Vieira, M.R. (2009) «Contribuição para o estudo do tratamento de efluentes da indústria vinícola» Tese de mestrado em Engenharia do Ambiente. FCT/UNL



**Contribuição para o Estudo dos Subprodutos de uma
ETAR – Gradados e Areias**

ANEXOS

CONTEÚDO

ANEXO I – Inquéritos enviados as EG

ANEXO II – Resumo e Poster

ANEXO III - Tipos de solo para construção de aterros em estradas

ANEXO IV - Entidades selecionadas para o estudo.

ANEXO V - Entidades contatadas e respostas obtidas.

ANEXO VI – Lista e descrição das EG abrangidas pelo estudo.

ANEXO VII - Os resultados detalhados das restantes EG.

ANEXO VIII - Indicação do destino final do resíduo de acordo com o DL n.º 73/2011, que altera o Regime Geral de Gestão de Resíduo.

ANEXO IX - Tarifas aprovadas para as EG que prestam serviços de gestão de resíduos urbanos (alta) para o ano de 2011

ANEXO I - Inquérito enviado às E G.

Exemplo de texto enviado por mail às EG.

Exmo. Senhores,

Sou aluna do Mestrado de Engenharia Civil – Área de especialização de Hidráulica do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL). Estou a realizar o Trabalho Final de Mestrado (TFM) intitulado “Contribuição para o estudo dos subprodutos de uma ETAR - gradados e areias”. No âmbito da realização do meu TFM é imprescindível a colaboração da vossa Entidade de modo a recolher o máximo de dados possíveis, para conseguir analisar e caracterizar a produção de gradados e areias em Portugal.

Já fiz uma pesquisa sobre “Nome da EG” e consultei todos os relatórios disponíveis no vosso site.

Face ao exposto venho por este meio solicitar os seguintes dados em falta:

De 2007 a 2014 - População servida (hab e hab.eq), caudais afluente e tratado (saída da ETAR), produção de gradados e areias de cada ETAR, destino dos gradados e areias (percentagem de valorização e de eliminação).

Desde já agradeço a atenção dispensada a este assunto.

Com os meus melhores Cumprimentos,

Evandra Varela

Aluna de Mestrado de Engenharia Civil,

Área de especialização de hidráulica

ISEL/ADEC

Rua Conselheiro Emídio Navarro , 1

1959 - 007 Lisboa

Tel: (+351) 967669737

mail: evabvar@hotmail.com

Resumo

Contribuição para o Estudo dos Subprodutos de uma ETAR – Gradados e Areias

E. S. Varela¹, M. T. Santos², A. M. Barreiros²

¹Área Departamental de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, R. Conselheiro Emídio Navarro 1, 1959-007 Lisboa, Portugal,

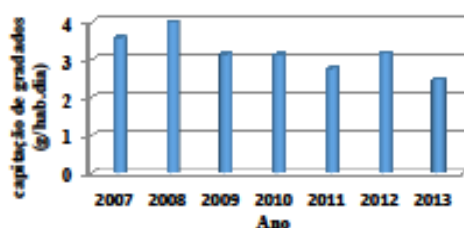
²Área Departamental de Engenharia Química, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, R. Conselheiro Emídio Navarro 1, 1959-007 Lisboa, Portugal.

*evavvar@hotmail.com

Atualmente a valorização dos subprodutos (gradados e areias) das Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) é de extrema importância de modo desviar dos aterros sanitários tais resíduos, indo ao encontro das diretivas europeias em matéria de gestão de resíduos. O objetivo principal deste trabalho é quantificar a produção de gradados e areias no tratamento de águas residuais em Portugal Continental, de modo a adequar o seu destino final e propor medidas para fomentar a diminuição destes subprodutos nas águas residuais e a sua reutilização.

Para o efeito, efetuou-se o levantamento de todas as ETAR e das entidades gestoras existentes em Portugal. Posteriormente foram consultadas diversas fontes bibliográficas, nomeadamente os relatórios de cada uma das entidades gestoras, sendo ainda enviados inquéritos às referidas entidades para obtenção de mais informação. Deste modo foi possível obter-se os seguintes dados: caudais tratados, população servida e as quantidades de gradados e areias produzidos. Com os dados obtidos no inquérito realizado à SIMTEJO realizaram-se diversos cálculos, como por exemplo a determinação das capitações de produção de gradados e areias apresentado na Figura 1 [1]. Também foi possível verificar que os gradados e as areias removidos das águas residuais nas ETAR são, em geral, encaminhados para aterro sanitário [2].

Pretende-se ainda estudar a possibilidade da reutilização dos gradados e das areias, apresentando propostas de valorização, implementando medidas minimizadoras da produção desses resíduos como a sensibilização da população e um encaminhamento adequado dos mesmos, com o objetivo final evitar os impactes ambientais.



Figural: Evolução da captação de gradados na SIMTEJO

Agradece-se a todas as entidades gestoras pela disponibilização de dados.

REFERÊNCIAS

[1] Varela, E.S. *Inquérito realizado à entidade gestora SIMTEJO*, 2014.

[2] Pereira, M. *Contributo para avaliar a possibilidade de reutilização das areias removidas nas ETAR*. FCT/UNL, tese de mestrado, 2008.

-> Química ambiental



Contribuição para os Estudos de uma ETAR – Gradados e Areias

E. S. Varela^{1*}, M. T. Santos², A. M. Barreiros²

¹Área Departamental de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, R. Conselheiro Emídio Navarro 1, 1959-007 Lisboa, Portugal,
²Área Departamental de Engenharia Química, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, R. Conselheiro Emídio Navarro 1, 1959-007 Lisboa, Portugal.
 *evabvar@hotmail.com



RESUMO

No tratamento de águas residuais urbanas (ARU) nas estações de tratamento de águas residuais (ETAR) são gerados resíduos, que provocam impactos negativos para o meio ambiente se não forem devidamente tratados e encaminhados para destino final adequado. O objetivo principal deste trabalho é quantificar a produção de gradados e areias nas ETAR em Portugal Continental, de modo a adequar o seu destino final, propondo medidas para fomentar a diminuição dos subprodutos nas ARU através e da sua reutilização e da sensibilização da população.

INTRODUÇÃO

Os gradados/tamisados são materiais sólidos recolhidos pelas grades/tamisadores e as areias são materiais inertes removidos nos desarenadores.



Os gradados/tamisados e areias são classificados como resíduos segundo a Lista Europeia de Resíduos (LER) com o código 19 08 01 e 19 08 02, respetivamente [1]. As suas características e quantidades dependem do tipo de sistema e do equipamento utilizado (Tabela 1 e 2).

Tabela 1: Estimativa da quantidade e das características dos gradados/tamisados [2]

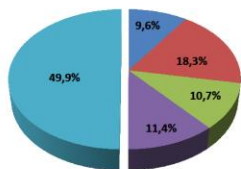
Tamanho de abertura entre as barras (mm)	Teor de Humidade (%)	Peso específico (kg/m ³)	Volume de gradados (L/ 1000 m ³)	
			Gama	Típico
12,5	60 - 90	700 -1100	37 - 74	50
25	50 - 80	700 -1100	15 - 37	22
37,5	50 -80	600 - 1000	7 - 15	11
50	50 - 80	600 - 1000	4 - 11	6

Tabela 2: Estimativa da quantidade de areias removidas das ARU em sistemas unitários e mistos [2]

Tipo de sistemas	Razão entre o dia de afluência máxima e o dia de afluência média	Areia removida (m ³ areia / 1000 m ³ de ARU)
Separativo	1,5 a 3,1	0,004 - 0,037
Misto	3 a 15	0,004 - 0,180

METODOLOGIA

A metodologia de desenvolvimento do presente trabalho baseou-se na caracterização do saneamento em Portugal através de um levantamento das ETAR e do tipo de entidades gestoras (EG) existentes (Figura 1), tendo sido efetuada uma pesquisa bibliográfica e realizados inquéritos às entidades gestoras. Nos inquéritos às EG foi solicitada diversa informação, designadamente caudais afluentes e quantidades de gradados/tamisados e areias produzidas por cada ETAR e destino final desses resíduos.



■ Concessionárias de sistemas Municipais ou Inter Municipais
 ■ Municípios, Associações de Municípios
 ■ Serviços Municipalizados
 ■ Sector Empresarial Local, de capital exclusivamente público ou misto
 ■ Concessionárias de sistemas Multimunicipais

Figura 1: População servida por tipo de EG [3]

Agradecimentos

Agradece-se a todas as entidades gestoras a disponibilização de dados.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A população abrangida pelo presente estudo envolveu 17 EG e representa cerca de 59% da população residente em Portugal no ano de 2011 (10.562.178 hab) [3]. Sendo a SIMTEJO uma das maiores EG envolvidas neste estudo apresentam-se os resultados de 8 das maiores ETAR. Com a informação obtida foram efetuadas diversas determinações nomeadamente as captações de produção de gradados/tamisados e de areias. Na Figura 2 apresenta-se o caudal afluente e nas Figuras 3 e 4 apresentam-se as quantidades de gradados/tamisados e de areias na SIMTEJO de 2007 a 2013.

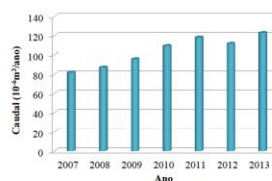


Figura 2: Caudal afluente da SIMTEJO.

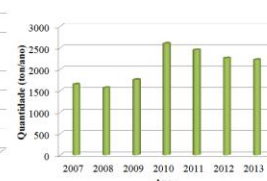


Figura 3: Quantidade de areias da SIMTEJO.

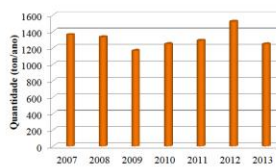


Figura 4: Quantidade de gradados/tamisados da SIMTEJO.

O caudal afluente da SIMTEJO tem vindo a aumentar, exceto em 2012. No entanto a evolução dos gradados/tamisados e das areias tem sido distinta. Tendo por base o caudal afluente às ETAR da SIMTEJO de 2013, a quantidade de gradados/tamisados recolhidos (1249 ton/ano) encontra-se dentro da gama estimada para os valores típicos apresentados na Tabela 1 (516 a 4301 ton/ano), assim como a quantidade de areias (2222 ton/ano) cuja gama de valores estimados é 787 a 35393 ton/ano, tendo por base a Tabela 2.

Nas Figuras 5 e 6 são apresentadas as captações de gradados/tamisados e de areias para a SIMTEJO.

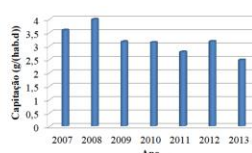


Figura 5: Captação de gradados/tamisados da SIMTEJO.

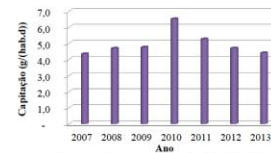


Figura 6: Captação de areias da SIMTEJO.

Os gradados/tamisados apresentam a captação mais elevada em 2008 (4 g/(hab.d)) e a mais baixa em 2013 (2,5 g/(hab.d)). A captação de areias foi mais elevada em 2010 (6,5 g/(hab.d)) e mais baixa em 2007 e 2013 (com 4,3 a 4,4 g/(hab.d) respetivamente). Estas captações de areias são inferiores à gama de valores apresentada por [4] (5 a 15 g/(hab.d)).

Este resíduos, gradados e areias, são preferencialmente enviados para aterro sanitário segundo o inquérito realizado às EG.

CONCLUSÕES E CRÍTICAS

O presente estudo abrange 59,3 % da população de Portugal Continental servida por tratamentos de ARU. Verifica-se que os valores das quantidades de gradados/tamisados e das areias, fornecidos pelas EG, encontram-se dentro da gama de valores estimados.

Os valores das captações de gradados/tamisados e de areias das diversas EG estão na mesma ordem de grandeza dos valores apresentados para a SIMTEJO, tendo-se observado nos últimos anos uma evolução positiva na medida que estes valores têm vindo a diminuir. Apesar desta evolução positiva ainda há muito a fazer relativamente ao destino adequado dos referidos resíduos, pois geralmente têm como destino a deposição em aterro sanitário.

A valorização dos gradados/tamisados e das areias traz numerosas vantagens, quer em termos ambientais quer em termos económicos.

Referência bibliográficas

- [1] Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março
- [2] METCALF & EDDY, "Wastewater Engineering, Treatment and Reuse", 4th Edition, McGraw-Hill, New York, 2003
- [3] INSAAR, Glossário, Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais, 2010
- [4] Pereira, M. Contributo para avaliar a possibilidade de reutilização das areias removidas nas ETAR. FCT/UNL, tese de mestrado, 2008



ANEXO III - Tipos de solo para construção de aterros em estradas

Tabela III.1: Classes e tipos de solos aplicáveis na construção das diferentes zonas de aterro em estradas (Estradas de Portugal S.A, 2009)

Classe	CBR (%)	Tipo de solo	Descrição	Reutilização		
				PIA	Corpo	PSA
S 0	< 3	OL	siltos orgânicos e siltos argilosos orgânicos de baixa plasticidade (1)	N	N	N
		OH	argilas orgânicas de plasticidade média a elevada; siltos orgânicos. (2)	N	P	N
		CH	argilas inorgânicas de plasticidade elevada; argilas gordas. (3)	N	P	N
		MH	siltos inorgânicos; areias finas micáceas; siltos micáceos. (4)	N	P	N
S 1	≥ 3 a < 5	OL	idem (1)	N	S	N
		OH	idem (2)	N	S	N
		CH	idem (3)	N	S	N
		MH	idem (4)	N	S	N
S 2	≥ 5 a < 10	CH	idem (3)	N	S	N
		MH	idem (4)	N	S	N
		CL	argilas inorgânicas de plasticidade baixa a média argilas com seixo, argilas arenosas, argilas siltosas e argilas magras.	S	S	P
		ML	siltos inorgânicos e areias muito finas; areias finas, siltosas ou argilosas; siltos argilosos de baixa plasticidade.	S	S	P
		SC	areia argilosa; areia argilosa com cascalho. (5)	S	S	P
S 3	≥ 10 a < 20	SC	idem (5)	S	S	S
		SM-d	areia siltosa;	S	S	S
		SM-u	areia siltosa.	P	S	N
		SP	areias mal graduadas; areias mal graduadas com cascalho.	S	S	S
S 4	≥ 20 a < 40	SW	areias bem graduadas; areias bem graduadas com cascalho.	S	S	S
		GC	cascalho argiloso; cascalho argiloso com areia.	S	S	S
		GM-u	cascalho siltoso; cascalho siltoso com areia. (6)	P	S	P
		GP	cascalho mal graduado; cascalho mal graduado com areia. (7)	S	S	S
S 5	≥ 40	GM-d	idem (6)	S	S	S
		GP	idem (7)	S	S	S
		GW	cascalho bem graduado; cascalho bem graduado com areia.	S	S	S

S - admissível; N - não admissível ; P-possível.

PIA - parte inferior do aterro

PSA - parte superior do aterro

ANEXO IV - Entidades selecionadas para o estudo

Tabela IV.1: Entidades selecionadas para o estudo (representam cerca de 86% da população servida por tratamento de ARU.)

EG selecionadas	População ano 2011
SIMTEJO	1.225.897
SMAS Caldas da Rainha	52.263
SANEST	604.000
SIMRIA	468.686
SMAS de Almada	160.000
SIMLIS	199.000
SIMDOURO	356.922
Águas de Santo André	23.157
SIMARSUL	354.262
Águas do Sado	119.530
Águas do algarve	359.781
Águas do Noroeste	1.462.000
Águas do Oeste	321.345
Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro	208.779
Águas do Zêzere e Côa,	141.725
AGERE	181.000
Águas públicas do Alentejo	250000
Águas do Centro	28000
Águas da Região de Aveiro	396
Águas do Mondego	242956
Total	6.759.699
%	86,3

ANEXO V - Entidades contactadas e respostas obtidas

Tabela V.1: Entidades contactadas e respostas obtidas.

ENTIDADE GESTORAS	Data de envio do correio eletrónico	Resposta	Novo correio eletrónico	Resposta	Observações
SIMTEJO	21/07/2014	Não	15/09/2014	Sim	Foi fornecido dados por ETAR de 2007 a 2013 dos Caudais, população equivalente, remoções de gradados e areias.
SMAS Caldas da rainha	22/07/2014	Não	16/09/2014	Não	-
SIMRIA	22/07/2014	Não	16/09/2014	Sim	Diz não ter disponibilidade para fazer consultas.
SMAS de Almada	22/07/2014	Não	16/09/2014	Não	-
SIMLIS	22/07/2014	Não	16/09/2014	Sim	Antes não quantificavam os gradados e areias, só a partir de 2013, foram fornecidos dados por ETAR de 2013 de caudais tratados, população equivalente e, remoções dos gradados e areias.
SIMDOURO	22/07/2014	Não	16/09/2014	Sim	Foi fornecido dados de 2011 e 2012 dos Caudais, população equivalente, remoções de gradados e areias.
Águas de Santo André	22/07/2014	Não	16/09/2014	Não	-
Águas do Algarve	22/07/2014	Não	16/09/2014	Sim	Dados de gradados e areias de 2009 a 2013 da entidade, informaram ainda que os habitantes equivalentes são calculados de acordo com a metodologia da ERSAR.
SIMARSUL	22/07/2014	Não	16/09/2014	Sim	Foi fornecido dados por ETAR, de 2007 a 2008 dos Caudais, população equivalente, remoções de gradados e areias.
Águas do Sado	22/07/2014	Não	16/09/2014	Sim	Foi fornecido dados total da entidade de 2007 a 2013 dos Caudais, população equivalente, remoções de gradados e areias.
Águas do Noroeste	22/07/2014	Não	16/09/2014	Não	-

TabelaV.1: Entidades contatadas e respostas obtidas (continuação)

ENTIDADE GESTORAS	Data de envio do correio eletrónico	Resposta	Novo correio eletrónico	Resposta	Observações
Águas do Oeste	22/07/2014	Sim	26/07/2014	Sim	“ Falta de disponibilidade da operação para a preparação/compilação dos dados ”. Sugeriu que solicitasse os dados a ERSAR.
Águas Trás Os Montes E Alto Douro	22/07/2014	Não	01/10/2014	Sim	“ Direção de Operação não tem disponibilidade para responder a este tipo de questões (tão específicas e detalhadas “).Sugeriu que solicitasse os dados a ERSAR.
Águas do Zêzere e Côa	22/07/2014	Sim	-	Sim-	Foi fornecido dados por ETAR de 2007 a 2013 dos Caudais, população equivalente, remoções de gradados e areias.
ÁGUAS PUBLICAS DO ALENTEJO	22/07/2014	Não	16/09/2014	Não	-
ÁGUAS DO CENTRO	22/07/2014	Não	16/09/2014	Não	-
ÁGUAS DA REGIÃO DE AVEIRO	22/07/2014	Não	16/09/2014	Não	-
ÁGUAS DO MONDEGO	22/07/2014	Não	16/09/2014	Não	-
AGERE	22/07/2014	Não	16/09/2014	Sim	Foi fornecido dados dos Caudais desde 2012, remoções de gradados e areias desde 2011 com exceção da ETAR de Frossos que é desde 2007, informaram ainda que os habitantes equivalentes são calculados pelo CBO5, de acordo com o cálculo efetuado para a ERSAR.

ANEXO VI.- Lista e descrição das EG abrangidas pelo estudo

Lista das EG abrangidas pelo estudo

AGERE - Empresa de Águas, Efluentes e Resíduos de Braga, surgiu da transformação dos Serviços Municipalizados de Águas e Saneamento, em Empresa Pública Municipal.

ÁGUAS DA REGIÃO DE AVEIRO - Entidade gestora do Sistema de Águas da Região de Aveiro para gestão integrada dos serviços municipais de abastecimento de água para consumo público e de saneamento de águas residuais urbanas.

ÁGUAS DE SANTO ANDRÉ, S.A. - Concessionária do sistema de captação, tratamento e distribuição de água para consumo público, de recolha, tratamento e rejeição de efluentes e de recolha, tratamento e destino final de resíduos sólidos de Santo André.

ÁGUAS DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO, S.A - concessionária do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento de Trás-os-Montes e Alto Douro.

ÁGUAS DO ALGARVE, S.A. - Concessionária do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve e do Sistema Multimunicipal de Saneamento do Algarve.

ÁGUAS DO CENTRO - Concessionária do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento de Raia, Zêzere e Nabão.

ÁGUAS DO MONDEGO, S.A - Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais do Baixo Mondego-Bairrada

ÁGUAS DO NOROESTE, S.A. - concessionária do Sistema Multimunicipal de Saneamento de Águas Residuais do Noroeste.

ÁGUAS DO OESTE, S.A. - concessionária do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e Saneamento do Oeste.

ÁGUAS DO SADO - Concessionária dos Sistemas de Abastecimento de Água e de Saneamento do Concelho de Setúbal.

ÁGUAS DO ZÊZERE E CÔA, S.A. – Concessionária do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Alto Zêzere e Côa

ÁGUAS PUBLICAS DO ALENTEJO - Empresa gestora da parceria responsável pela exploração e a gestão dos serviços de águas relativos ao Sistema Público Integrado de Águas do Alentejo,

SANEST - Saneamento da Costa do Estoril, S.A.

SIMARSUL - Concessionária do Sistema Multimunicipal de Saneamento de Águas Residuais da Península de Setúbal, S.A.

SIMDOURO - Concessionária do Sistema Multimunicipal de Saneamento do Grande Porto, S.A.

SIMLIS - Saneamento integrado dos municípios do Lis, S.A

SIMRIA - Saneamento integrado dos municípios da Ria, S.A

SIMTEJO - Saneamento integrado dos municípios de Tejo e Trancão, S.A.

SMAS ALMADA - Serviços Municipalizados de Água e Saneamento do Município de Almada.

SMAS CALDAS DA RAINHA - Serviços Municipalizados de água e saneamento da Câmara Municipal das Caldas da Rainha.

Descrição das EG abrangidas pelos estudos

Tabela VI.1: Descrição das EG abrangidas pelo estudo

EG	Municípios servidos	Constituição	População (Milhares de hab.)	Caudal tratado (milhões de m ³)	Nº ETAR	Área geográfica (km ²)	Níveis de Cobertura (%)
<i>SIMTEJO</i>	Municípios da Amadora, Lisboa, Loures, Mafra, Odivelas e Vila Franca de Xira.	DL nº 288-A/2001	1,3 mil	123	29	1.000	96,6
<i>SANEST</i>	Concelho de Cascais, Amadora, Oeiras e Sintra.	DL nº 142/95	800	57,7	1	220	98
<i>SIMRIA</i>	Municípios de Águeda, Albergaria-a-Velha, Aveiro, Cantanhede, Espinho, Estarreja, Ílhavo, Mira, Murtosa, Oliveira do Bairro, Ovar, Santa Maria da Feira e Vagos.	DL nº 101/97	470	9,8	8	1 474	
<i>SIMDOURO</i>	Municípios de Arouca, Baião, Castelo de Paiva, Cinfães, Paredes, Penafiel e Vila Nova de Gaia, e uma parte do município de Penafiel /bacia do rio Sousa.	DL nº 312/2009	519	18,8	15	1 300	96
<i>SIMLIS</i>	Municípios de Batalha, Leiria, Marinha Grande, Ourém e Porto de Mós.	DL nº 543/99	199	11,6	9	1 208	
<i>SMAS CALDAS DA RAINHA</i>	Concelho das Caldas da Rainha e freguesia de Alvorninha e Carvalhal Benfeito.	ND	52	2,6	9	255	87
<i>ÁGUAS DO ZÊZERE E CÔA, S.A.</i>	Municípios de Almeida, Belmonte, Figueira de Castelo Rodrigo, Fundão, Guarda, Manteigas, Meda, Penamacor, Pinhel e Sabugal.	DL nº 121/2000	228	15,3	158	6.393	66

Tabela VI.1: Descrição das EG abrangidas pelo estudo (continuação)

EG	Municípios servidos	Constituição	População (Milhares de hab.)	Caudal tratado (milhões de m ³)	Nº ETAR	Área geográfica (km ²)	Níveis de Cobertura (%)
<i>ÁGUAS DE SANTO ANDRÉ</i>	Zona Industrial e Logística de Sines (ZILS), a zona urbana de Vila Nova de Santo André e, parcialmente, os municípios de Sines e Santiago do Cacém.	DL nº171/2001.	48	6	1		
<i>SIMARSUL</i>	Alcochete, Barreiro, Moita, Montijo, Palmela, Seixal, Sesimbra e Setúbal.	DL nº286/2003	741	23,4	21	1.450	
<i>ÁGUAS DO ALGARVE, S.A.</i>	Albufeira, Alcoutim, Aljezur, Castro Marim, Faro, Lagoa, Lagos, Loulé, Monchique, Olhão, Portimão, São Brás de Alportel, Silves, Tavira, Vila do Bispo e Vila Real de Santo António.	DL nº 168/2000	305	40	74	5.412	
<i>ÁGUAS DO NOROESTE, S.A.</i>	Amarante, Amares, Arcos de Valdevez, Cabeceiras de Basto, Caminha, Celorico de Basto, Esposende, Fafe, Felgueiras, Guimarães, Lousada, Mondim de Basto, Melgaço, Monção, Paredes de Coura, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Póvoa de Lanhoso, Póvoa de Varzim, Santo Tirso, Terras de Bouro, Trofa, Valença, Viana do Castelo, Vieira do Minho, Vila do Conde, Vila Nova de Cerveira e Vila Nova de Famalicão, Vila Verde e Vizela.	DL nº 41/2010	1,46 mil	54,0	106	6.000	88
<i>ÁGUAS DO OESTE, S.A.</i>	Alcobaça, Alenquer, Arruda dos Vinhos, Azambuja, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Lourinhã, Mafra, Nazaré, Óbidos, Peniche, Rio Maior, Sobral de Monte Agraço e Torres Vedras.	DL nº 365-A/2000	341	19,5	74	2.900	

Tabela VI.1: Descrição das EG abrangidas pelo estudo (continuação)

Entidade	Municípios servidos	Constituição	População (milhares hab.)	Caudal tratado (milhões de m ³)	Nº ETAR	Área geográfica (km ²)	Níveis de Cobertura (%)
<i>AGUAS TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO, S.A.</i>	Alfândega da Fé, Alijó, Armamar, Boticas, Bragança, Castro Daire, Chaves, Freixo de Espada à Cinta, Lamego, Macedo de Cavaleiros, Mesão Frio, Mirandela, Mogadouro, Moimenta da Beira, Montalegre, Murça, Peso da Régua, Resende, Ribeira de Pena, Sabrosa, Santa Marta de Penaguião, São João de Pesqueira, Sernancelhe, Tarouca, Tabuaço, Torre de Moncorvo, Valpaços, Vila Flor, Vila Pouca de Aguiar, Vila Nova de Foz Côa, Vila Nova de Paiva, Vila Real e Vinhais.	DL nº 270-A/2001	280	6,2	101	11.748	
<i>SMAS DE ALMADA</i>	Concelho de Almada e em parte do concelho do Seixal.	2 de janeiro de 51	160	16,5	4		
<i>ÁGUAS DO SADO</i>	Concelho de Setúbal.	Novembro de 1997	121	5	7	172	
<i>AGERE</i>	Concelho de Braga	DL nº 169/99	181	14	15	181	98

ANEXO VII - Os resultados detalhados das restantes EG

VII.1. Águas de Zêzere e Côa

De acordo com os dados fornecidos pela EG, em 2009 existiam 71 ETAR e passaram para 81 ETAR em 2010 e assim manteve até 2013. Para os cálculos foram considerados apenas a população e caudal das ETAR que apresentam valores das produções dos gradados/tamisados e das areias (Figura VII.1).

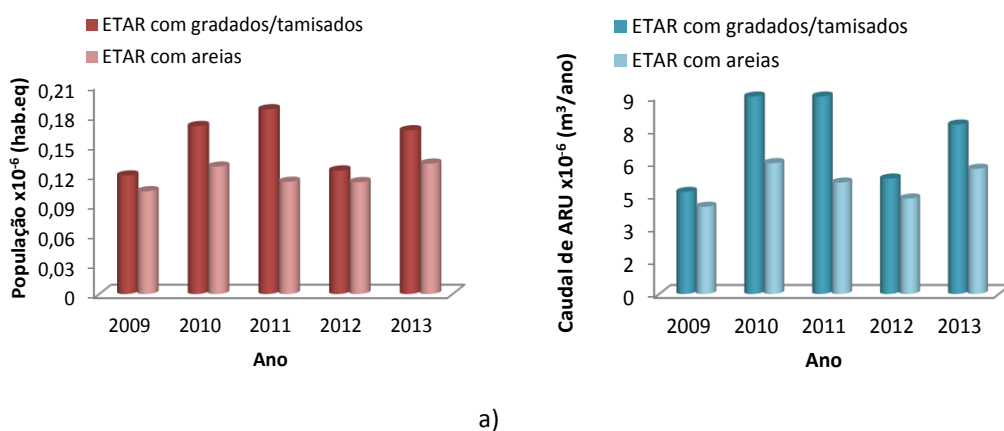
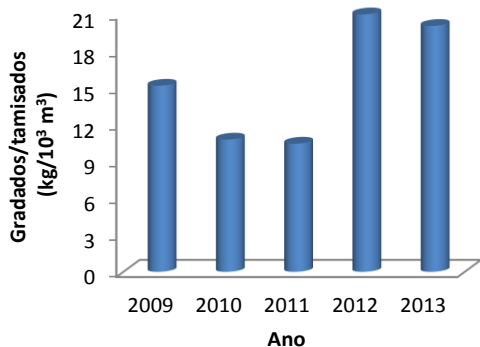


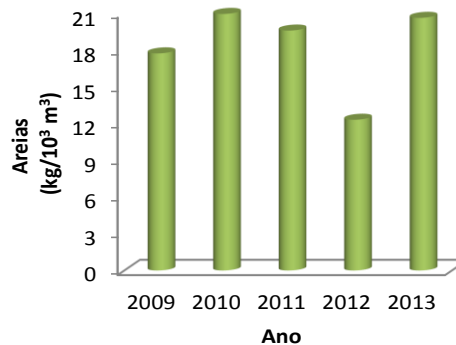
Figura VII.1: Evolução a) da população e b) do caudal tratado no período de 2009 a 2013

Analisando a Figura VII.1 verifica-se que a população e o caudal das ETAR com gradados/tamisados é superior à população e o caudal das ETAR com areias.

Na Figura VII.2 é apresentada a evolução da quantidade de gradados/tamisados por caudal de ARU.



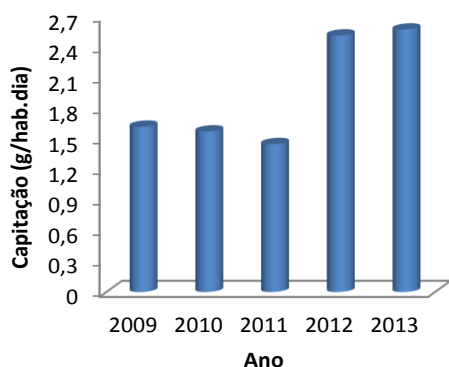
a)



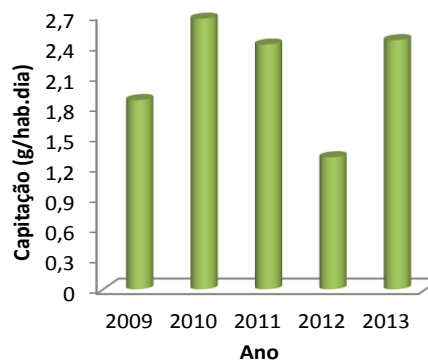
b)

Figura VII.2: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados e b) areias por caudal de ARU tratado de 2009 a 2013

A capitação de areias (Figura VII.3 b) apresenta um ligeiro aumento de 2010 a 2013, o qual pode ser devido ao aumento de número de ETAR em 2010, contudo houve uma descida significativa em 2012 que poderá ser causado pela diminuição do caudal nesse mesmo ano.



a)

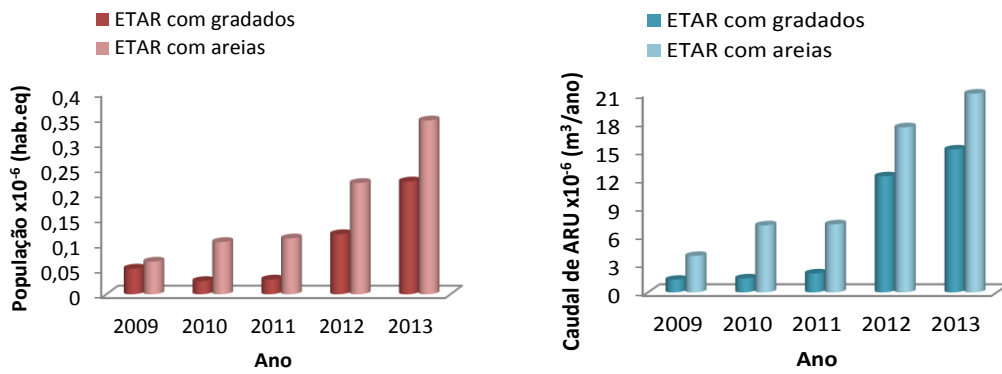


b)

Figura VII.3: Capitação de a) gradados/tamisados e b) areias de 2009 a 2013

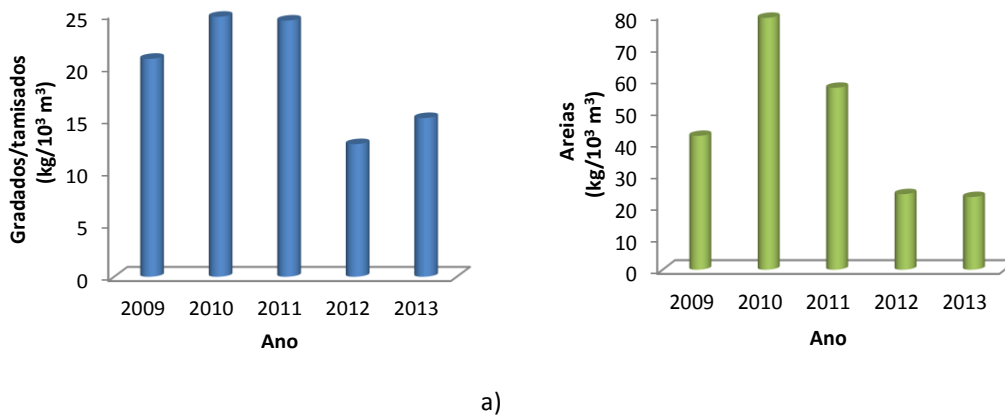
VII.2. SIMARSUL

De acordo com os dados fornecidos pela SIMARSUL, o número de ETAR existente em 2009 eram 9, de 2010 a 2013 passaram para 12 ETAR. Ainda, segundo informação fornecida pela EG, foram enviados apenas os dados de caudal e de população equivalente servida que cumprem os pressupostos no âmbito dos Indicadores de Desempenho da ERSAR. A população e os caudais das ETAR com gradados e areias são apresentados na Figura VII.4.

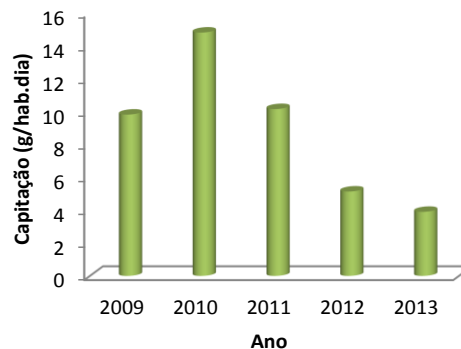
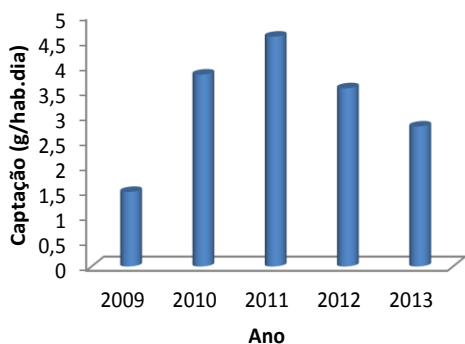


a) b)
Figura VII.4: Evolução a) da população e b) do caudal tratado de 2009 a 2013

Analisando a Figura VII.4 verifica-se que a população e o caudal das ETAR com areias é superior à população e o caudal das ETAR com gradados/tamisados. Na Figura VII.5 é apresentada a evolução da quantidade de gradados/tamisados e areias por caudal de ARU



a) b)
Figura VII.5: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados e b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2009 a 2013.



a)

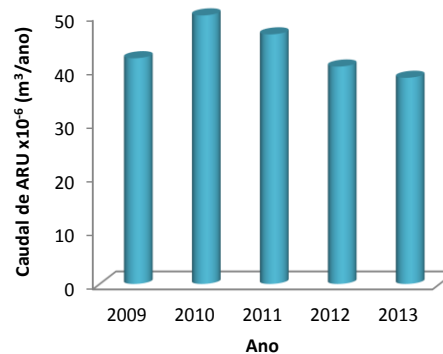
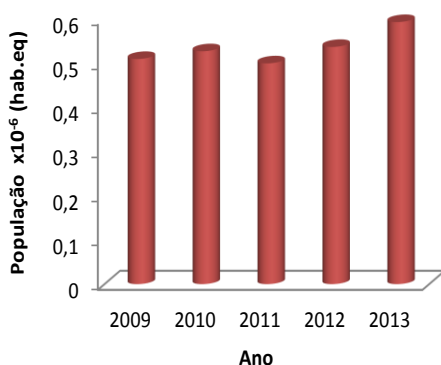
b)

Figura VII.6: Captação de a) gradados/tamisados e b) areias no período de 2009 a 2013

A evolução da quantidade de gradados/tamisados e de areias (Figura VII.5) e a captação de gradados/tamisados e de areias (Figura VII.6), apresentam uma diminuição significativa de 2011 e 2013.

VII.3. Águas do Algarve

De acordo com os Dados fornecidos pela Águas do Algarve de 2009 a 2010 existiam 59 ETAR, em 2011 passaram para 60 ETAR, em 2012 eram 63 ETAR e seguidamente 2013 com 64 ETAR. Os valores da produção de gradados/tamisados e areias fornecidos são dados anuais da EG, tendo em conta este facto os valores da população e caudal das ETAR para o cálculo entraram na totalidade.

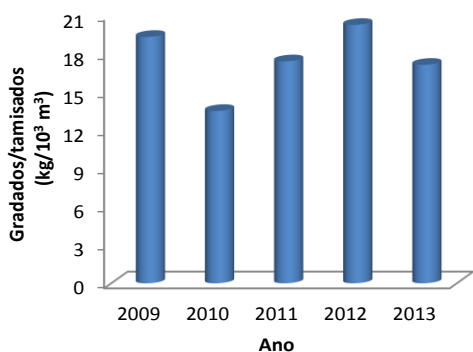


a)

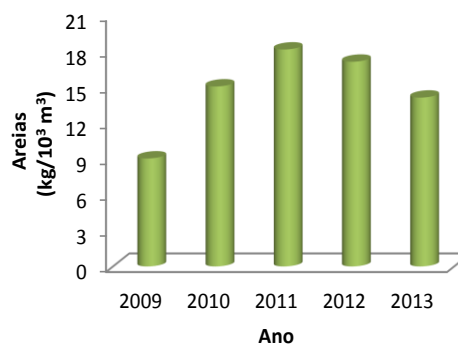
b)

Figura VII.7: Evolução a) da população e b) do caudal no período de 2009 a 2013

Analisando a Figura VII.7 podemos constatar que a evolução dos valores referentes à população e caudal das ARU apresentam praticamente uma estabilização ao longo dos anos

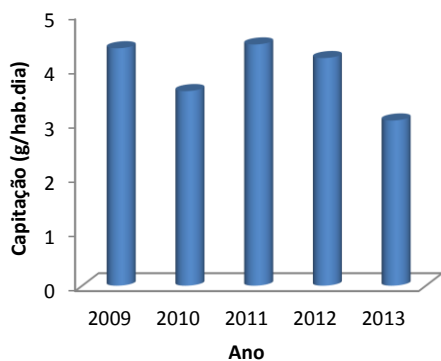


a)

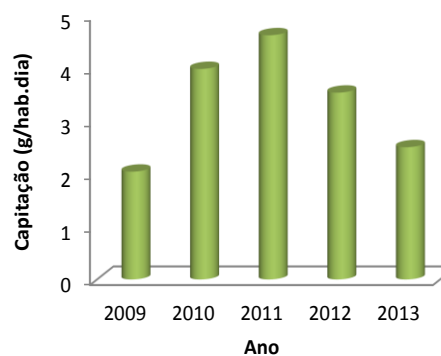


b)

Figura VII.8: Evolução da quantidade de a) gradados/tamisados e b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2009 a 2013



a)



b)

Figura VII.9:Capitação de a) gradados/tamisados e b) areias no período de 2009 a 2013.

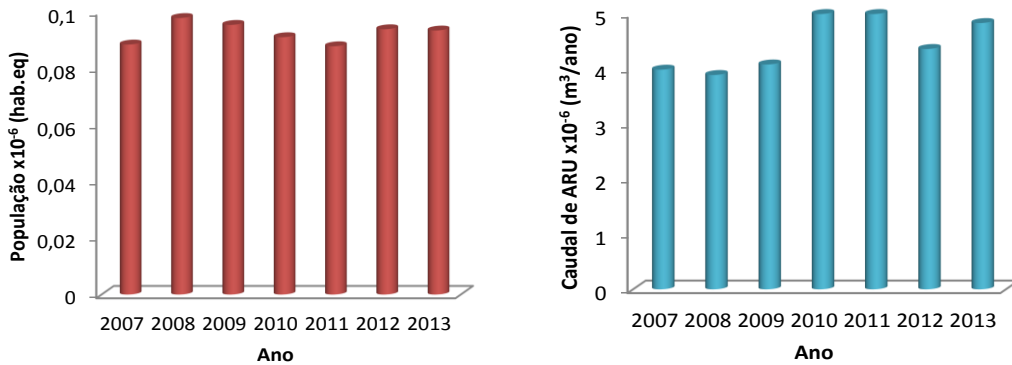
A evolução da quantidade de gradados/tamisados e de areias por caudal de ARU tratada apresentada na Figura VII.8 e a capitação de gradados/tamisados e de areias (Figura VII.9), verificam-se variadas oscilações ao longo de 2009 a 2013.

VII.4. Águas do Sado

De acordo com os relatórios e contas da EG, as Águas do Sado de 2007 e 2008 existiam 6 ETAR, em 2009 passaram para 7 ETAR e assim se manteve em 2010, em 2011 eram 8 ETAR e seguidamente 2013 com 7 ETAR.

Analisando a (Figura VII.10 a) verifica-se que a evolução da população encontra-se praticamente estabilizadas ao longo dos anos, quanto ao caudal (Figura VII.11 b), os

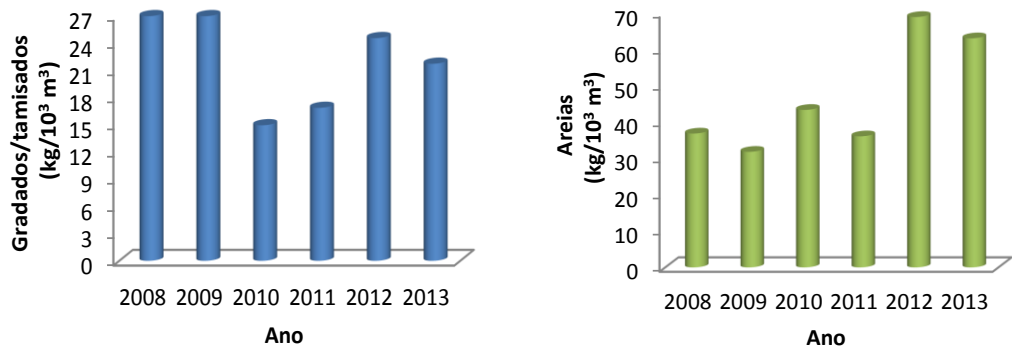
valores estão também praticamente estabilizados com exceção dos anos de 2010, 2011 e 2013, cujo são ligeiramente maiores.



a) b)

Figura VII.10: Evolução a) da população e b) do caudal no período de 2007 a 2013

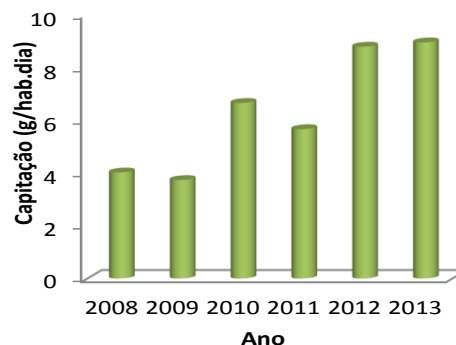
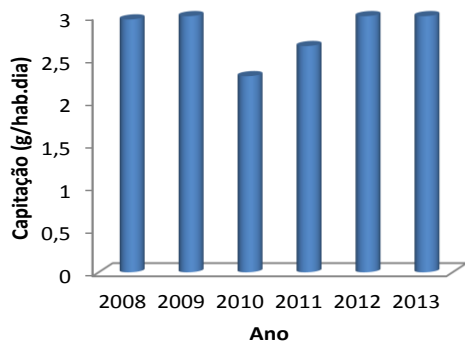
A evolução da quantidade de gradados/tamisados e das areias por caudal de ARU tratada é apresentada na Figura VII.11, verificando-se variadas oscilações.



a) b)

Figura VII.11: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2008 a 2013

A captação de gradados/tamisados (Figura VII.12 a) manteve-se praticamente estabilizada, enquanto que a captação de areias (Figura VII.12 b) tem vindo a aumentar, contudo de 2012 a 2013 não houve praticamente nenhuma variação.



a)

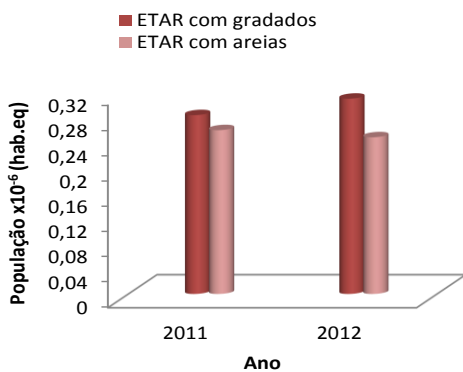
b)

Figura VII.12: Capitação de a) gradados/tamisados e b) areias no período de 2008 a 2013

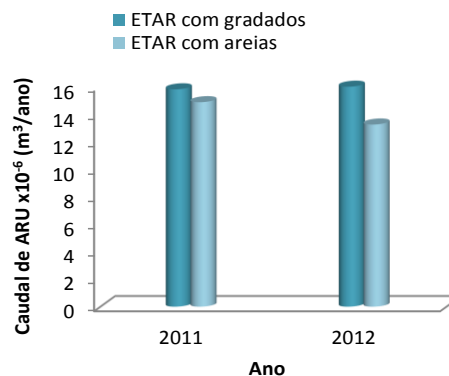
VII.5. SIMDOURO

O SIMDOURO teve o seu início da exploração em 2011, de acordo com os dados fornecidos pela EG, em 2011 existiam 10 ETAR, em 2012 passaram para 15 ETAR, as 5 novas ETAR pertencem ao município de Arouca.

Analisando a Figura VII.13, podemos constatar que a evolução dos valores referentes à população e Caudal de ETAR com gradados é ligeiramente superior aos valores de população e Caudal de ETAR com areias.



a)



b)

Figura VII.13: Evolução a) da população e b) do caudal no período de 2011 a 2012

A evolução da quantidade de gradados/tamisados e das areias por caudal de ARU tratada é apresentada na Figura VII.14.

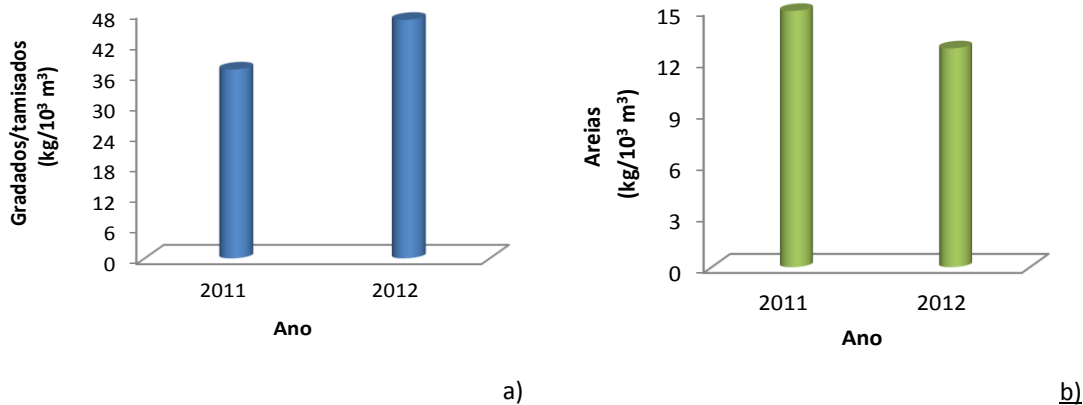


Figura VII.14: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2008 a 2013

A captação de gradados/tamisados (Figura VII.15 a) de 2011 para 2012 aumentaram enquanto que, a captação de areias (Figura VII.15 b) diminuíram, poderá ser devido a existência do novo município de Arouca, em que todas as 5 ETAR continham gradados e nenhuma continha areias.

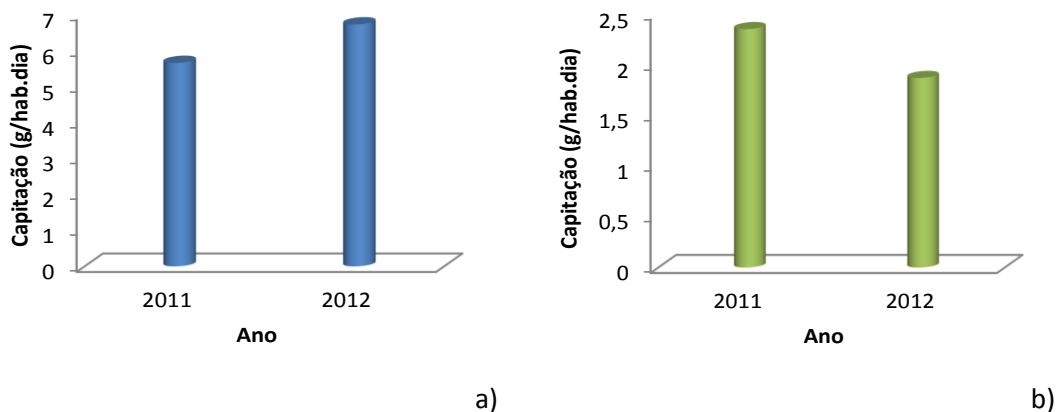
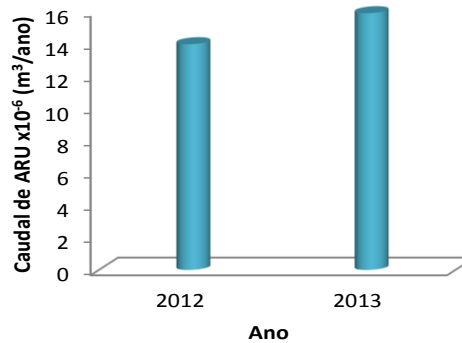
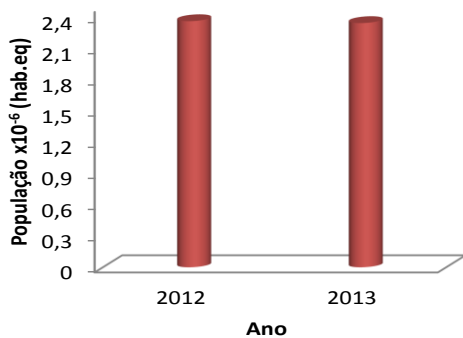


Figura VII.15: Captação de a) gradados/tamisados b) areias no período de 2011 a 2012

VII.6. AGERE

Tendo em conta os dados fornecidos pela EG, os valores de população e do caudal fornecidos foram a partir de 2012, abrangendo 16 ETAR.

Analisando a Figura VII.16 verifica-se que tanto a população e o caudal referente ao ano de 2012 a 2013, estão praticamente estabilizados.

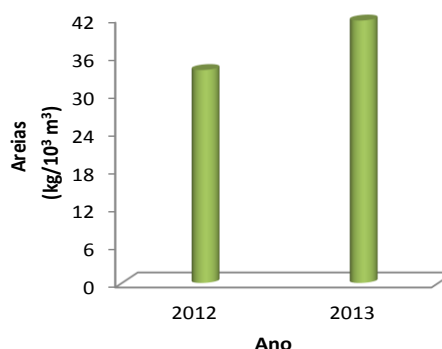
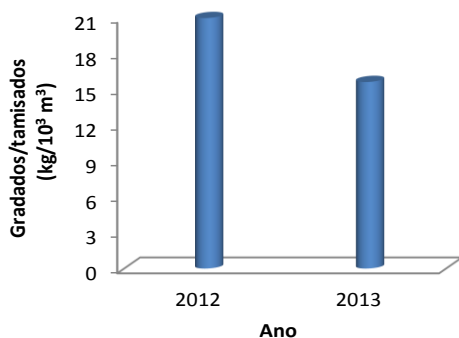


a)

b)

Figura VII.16: Evolução a) da população e b) do caudal no período de 2012 a 2013

A evolução da quantidade de gradados/tamisados por caudal de ARU tratada (Figura VII.17 a) do ano de 2012 para 2013 diminuiu, enquanto a quantidade de areias aumentou (Figura VII.17 b), isso deve-se ao facto da ETAR de Frossos que é uma das maiores ETAR da EG ter diminuído em termos de valores gradados/tamisados e ter aumentado significativamente em termos de areias.

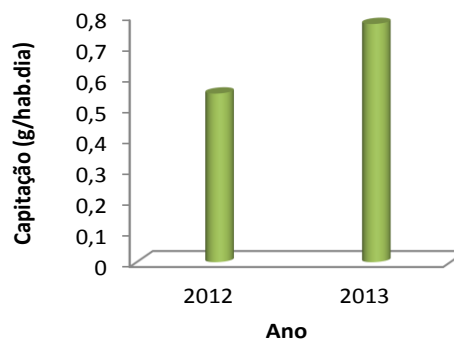
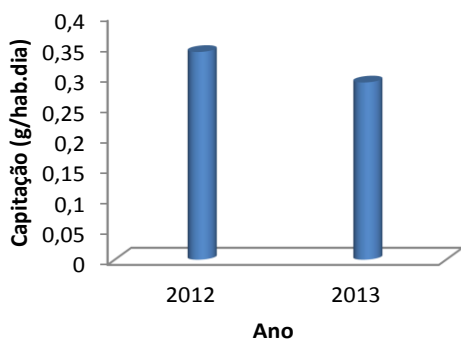


a)

b)

Figura VII.17: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2012 a 2013.

Assim como a evolução da quantidade de gradados/tamisados e areias, a capitação de gradados/tamisados (Figura VII.18 a), de 2012 para 2013 diminuíram e a capitação de areias (Figura VII.18 b), aumentaram, visto que não houve praticamente variação dos valores da população.



a)

b)

Figura VII.18: Capitação de a) gradados/tamisados b) areias no período de 2012 a 2013

VII.7. SIMLIS

De acordo com os dados fornecidos pela EG os gradados e areias produzidos na ETAR não eram antes quantificados, sendo encaminhados em conjunto com os RSU a destino final. No entanto na Tabela VII.1 são apresentados os dados referentes ao ano de 2013.

Tabela VII.1: Evolução dos caudais afluentes, da população e da quantidade de gradados/tamisados e de areias de 2013

SIMLIS	Ano 2013					
	Caudal tratado (m ³)	População (hab.eq)	Gradados/tamisados (ton)	Areias (ton)	Gradados/Tamisados (g/hab.dia)	Areias (g/hab.dia)
Norte	859.668	110.131	35,2	134,5	0,9	3,3
Olhalvas	2.231.456	21.726	41,6	45,5	5,2	5,7
Pedrogão	85.651	1.215	1,6	-	3,6	-
Vieira	923.064	9.747	15,2	-	4,3	-
Marinha Grande	363.998	3.947	20,8	5,3	14,4	3,7
S. Pedro de Moel	78.055	1.111	0,8	-	2,0	-
Juncal	98.168	1.216	9,6	-	21,6	-
Pedreiras	207.213	1.306	6,4	-	13,4	-
Fátima	744.677	11.151	8	8,2	2,0	2,0
TOTAL	5.591.950	161.550	139,2	193,5	2,4	3,3

Analisando a Tabela VII.1 verifica-se que na EG no ano de 2013 existiam 9 ETAR e todas as ETAR produziam gradados e apenas 5 continham areias.

VII.8. SANEST

De acordo com os dados da pesquisa bibliográfica a SANEST de 2009 até 2012 possuía apenas 1 ETAR (ETAR da Guia).

Analisando a Figura VII.19 verifica-se que a população esteve paticamente estabilizada.

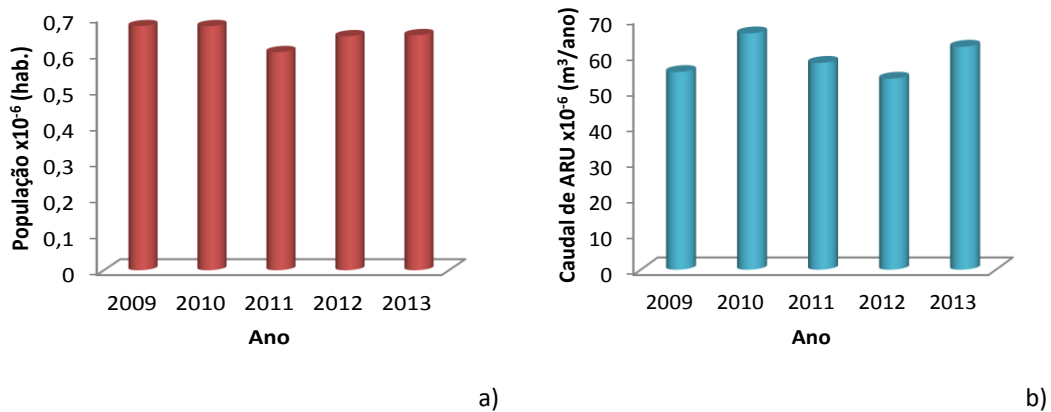


Figura VII.19: Evolução a) da população e b) do caudal no período de 2009 a 2012 (SANEST, 2009 a 2012)

A evolução da quantidade de gradados/tamisados e das areias por caudal de ARU tratada é apresentada na Figura VII.20.

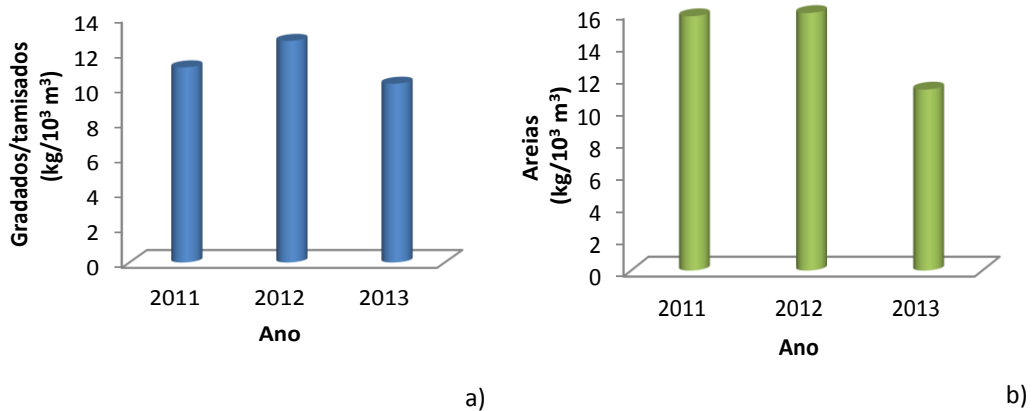


Figura VII.20: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2009 a 2012 (SANEST, 2009 a 2012)

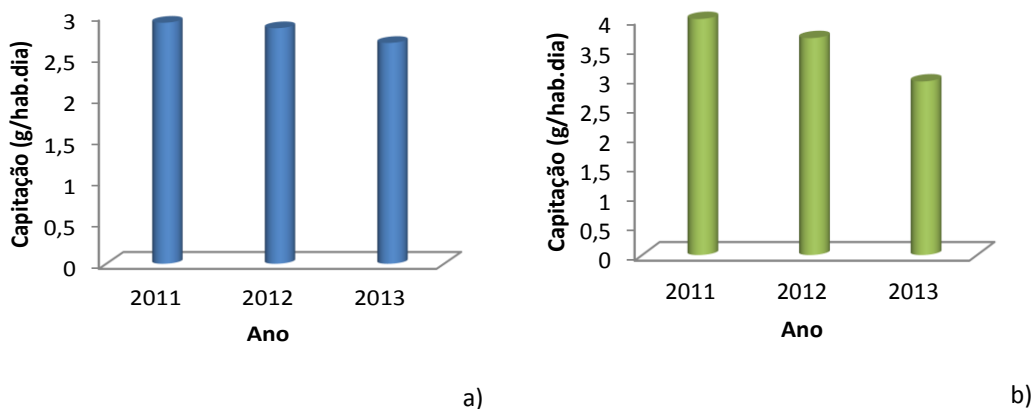


Figura VII.21: Capitação de a) gradados/tamisados b) areias no período de 2009 a 2012 (SANEST, 2009 a 2012)

A capitação de gradados/tamisados e areias (Figura VII.21) diminuiu ao longo de 2011 a 2013.

VII.9. Águas do Oeste

De acordo com os dados dos relatórios e contas da EG em 2009 existiam 68 ETAR, de 2010 a 2011 passaram para 70 ETAR, e de 2012 a 2013 eram 74 ETAR.

Analisando a Figura VII.22 a) verifica-se que a população cresceu ligeiramente ao longo dos anos, os valores do caudal (Figura VII.22 b) apresenta algumas oscilações.

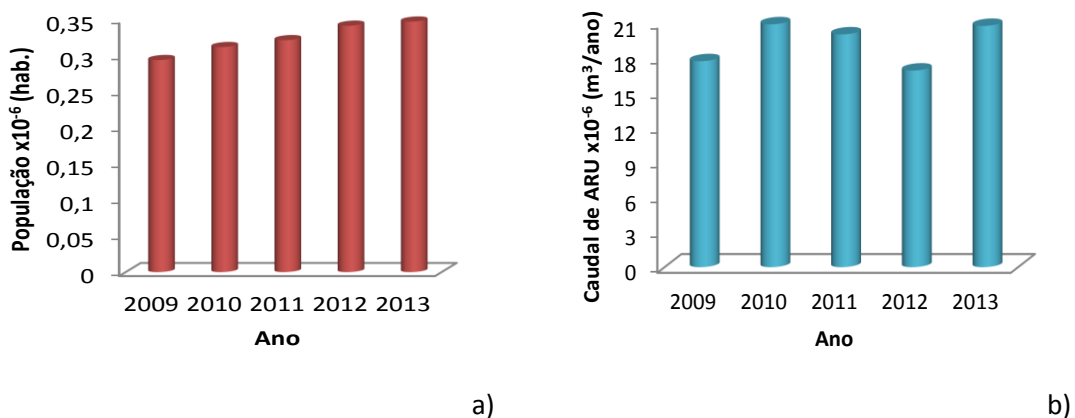
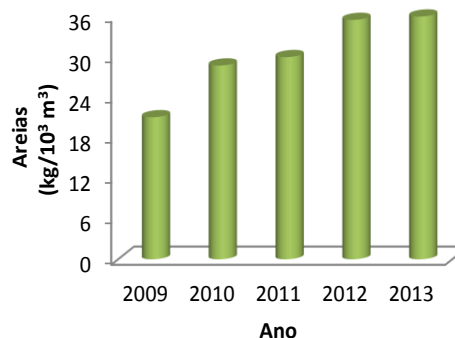
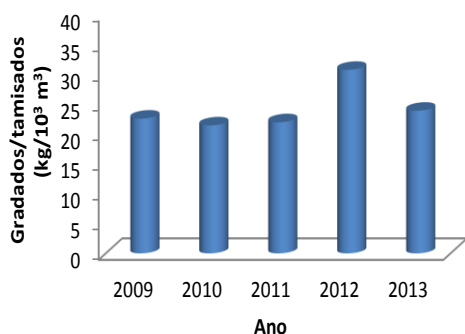


Figura VII.22: Evolução a) da população e b) de caudais no período de 2009 a 2012 (Águas do Oeste, 2009 a 2012)

A evolução da quantidade de gradados/tamisados e das areias por caudal de ARU tratada é apresentada na Figura VII.23.

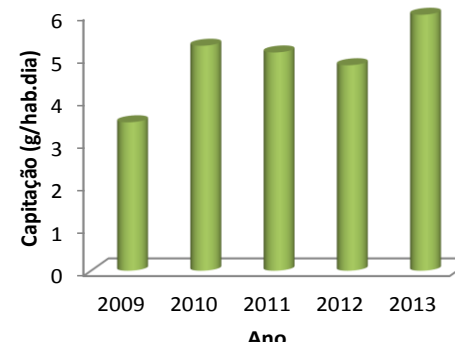
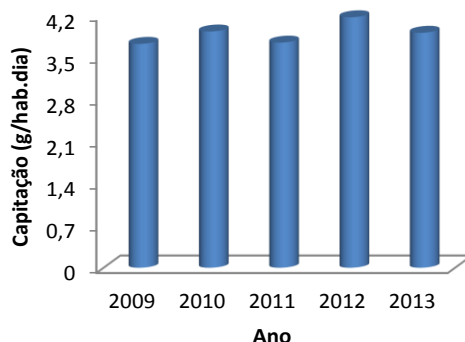


a)

b)

Figura VII.23: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2009 a 2012 (Águas do Oeste, 2009 a 2012)

A capitação de gradados/tamisados (Figura VII.24 a) estão praticamente estabilizados e a capitação de areias (Figura VII.24 b) apresenta grandes oscilações



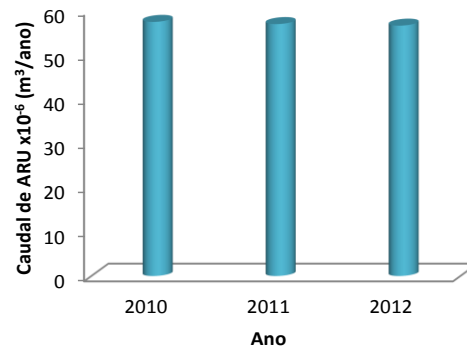
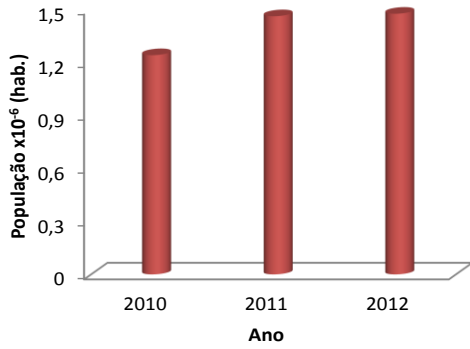
a)

b)

Figura VII.24: Capitação de a) gradados/tamisados b) areias no período de 2009 a 2012 (Águas do Oeste, 2009 a 2012)

VII.10. Águas do Noroeste

De acordo com os dados da pesquisa bibliográfica as Águas de Noroeste em 2010 eram 95 ETAR, em 2011 foram inauguradas a ETAR de Mosteiro, no município de Vieira do Minho, a ETAR de Campo/ Santo Emilião, no município de Póvoa de Lanhoso, as ETAR de Serzedo, Lordelo e de Serzedelo II, no município de Guimarães, as ETAR de Rabada e de Água Longa, no concelho de Santo Tirso, e as ETAR de Penices e de Agra II, no município de Vila Nova de Famalicão. Os valores da população servida são da autoria das águas de Portugal (AdP) (Figura VII.25).

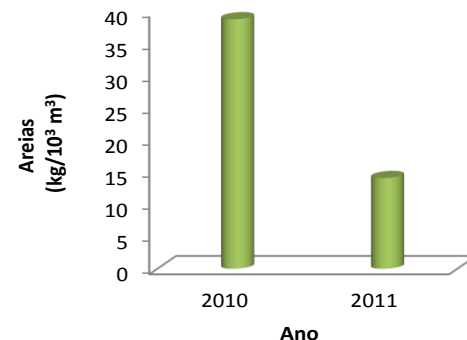
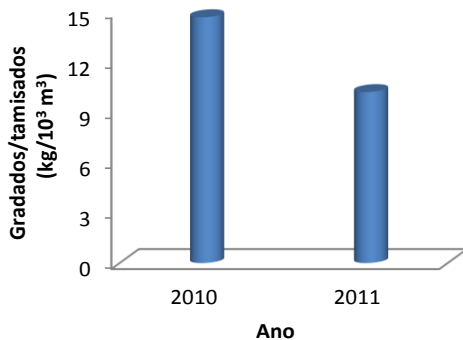


a)

b)

Figura VII.25: Evolução a) da população (AdP, 2010 a 2012) e b) do caudal no período de 2010 a 2012 (Águas do Noroeste, 2010 a 2012)

Analisando a Figura VII.25 verifica-se que a população apresenta um ligeiro acréscimo ao longo dos anos 2010 a 2012, e o caudal que ao longo desses anos apresenta praticamente uma estabilização. A evolução da quantidade de gradados/tamisados por caudal de ARU tratada é apresentada na Figura VII.26.



a)

b)

Figura VII.26: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2010 a 2011 (Águas do Noroeste, 2010 a 2011)

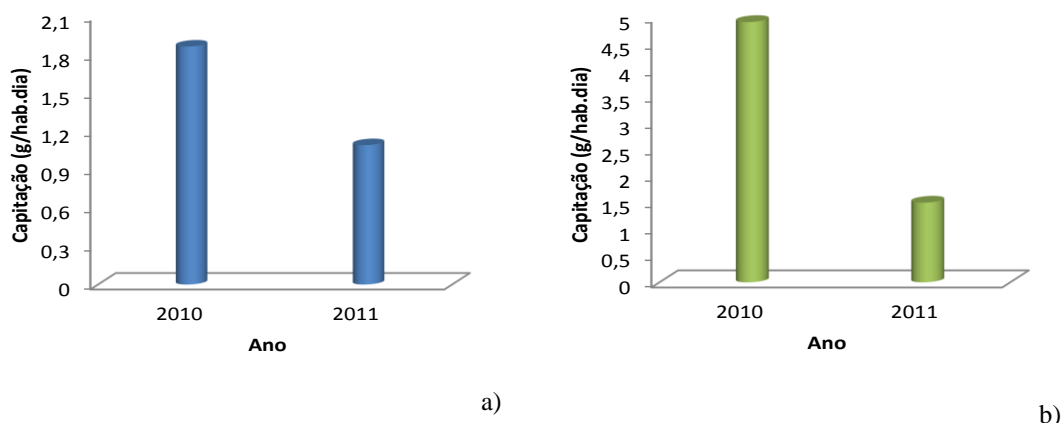


Figura VII.27: Capitação de a) gradados/tamisados b) areias no período de 2010 a 2011 (Águas do Noroeste, 2010 a 2011)

A capitação de gradados/tamisados e areias (Figura VII.27) também apresenta um decréscimo acentuada de 2011 a 2012.

VII.11. SMAS de Almada

Na tentativa de se proceder a uma estimativa da quantidade de areias removidas nas ETAR de SMAS de Almada foram feitas várias pesquisas bibliográficas como, documentos de prestações de contas, relatórios de gestão, relatórios e contas e relatório de sustentabilidade e não havendo outra fonte que possa fornecer este tipo de dados, só foi possível avaliar a produção de gradados e areias (Tabela VII.1) referente ao ano de 2007.

Tabela VII.2: Evolução dos caudais afluentes, da população e da quantidade de gradados/tamisados e de areias de 2007 (SMAS de Almada, 2007)

SMAS Almada	Ano 2007					
	Caudal tratado (m ³)	População servida (hab.eq)	Gradados produzidos (ton)	Areias produzidas (ton)	Gradados (g/(hab.dia))	Areias (g/(hab.dia))
Quinta da Bomba	6.032.219	141.875	324	137	6,3	2,6
Valdeão	346.197	4.788	12	-	6,9	n.d.
Mutela	4.313.824	115.566	313	32	7,4	0,8
Portinho da Costa	2.587.361	59.035	53	160	2,5	7,4
Total	13.279.601	321.264	702	329	6,0	2,8

Analisando a Tabela VII.2 verifica-se que a EG no ano de 2013 existiam 4 ETAR e todas as ETAR contém gradados e apenas a ETAR de Valdeão não possui areias.

VII.12. SMAS Caldas da Rainha

De acordo com os dados da pesquisa bibliográfica o SMAS de Caldas da Rainha de 2009 a 2013 possui 9 ETAR.

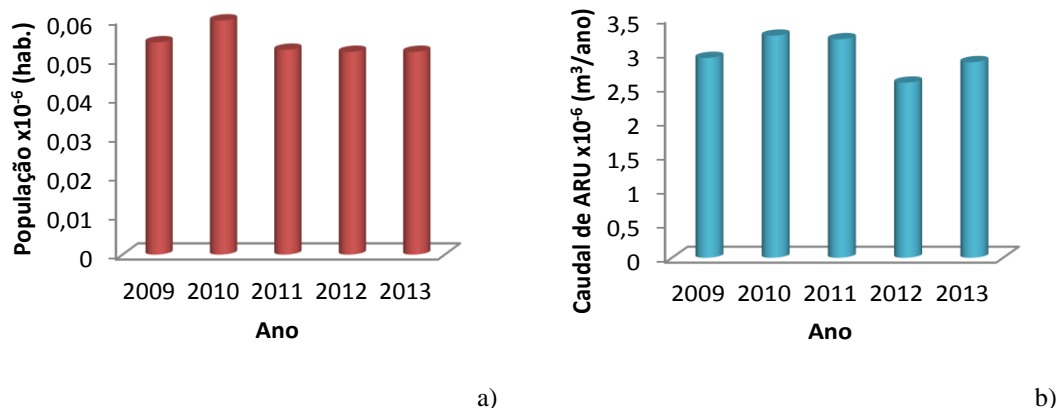


Figura VII.28: Evolução a) da população e b) do caudal no período de 2009 a 2012 (SMAS Caldas da Rainha, 2009 a 2012)

Analisando a Figura VII.28 verifica-se que não há praticamente variação de população e do caudal de 2009 a 2013.

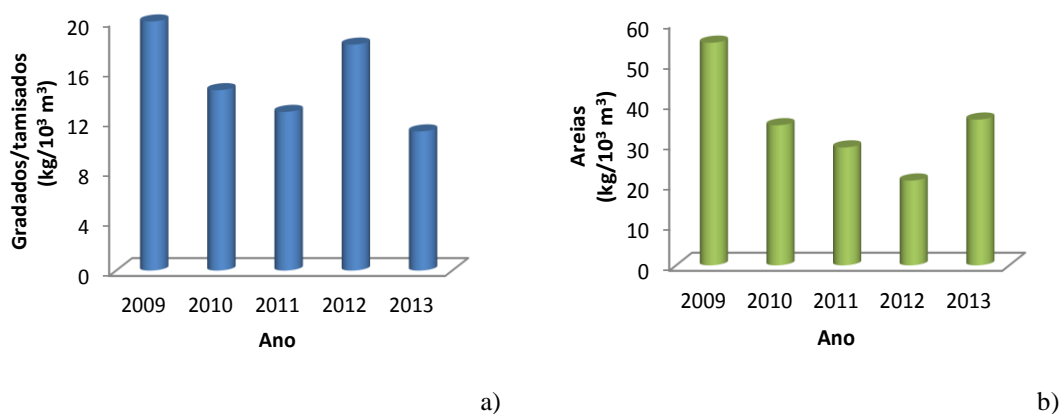
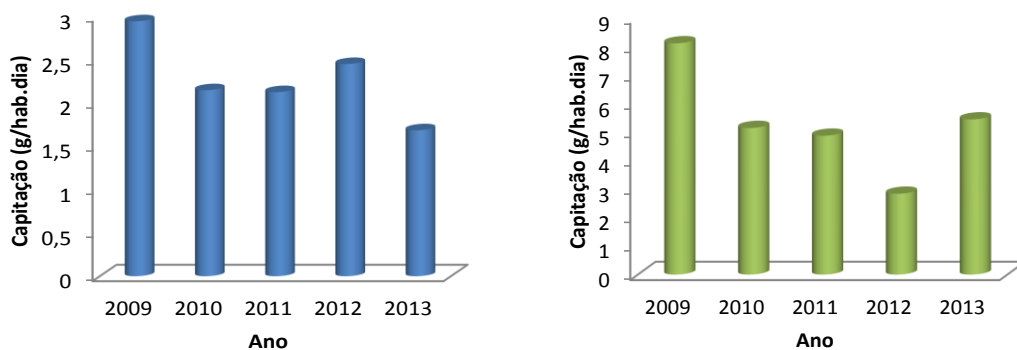


Figura VII.29: Evolução da quantidade a) gradados/tamisados b) areias por caudal de ARU tratado no período de 2010 a 2011 (SMAS Caldas da Rainha, 2009 a 2012)

A evolução da quantidade de gradados/tamisados e areias (Figura VII.29) assim como a capitação de gradados/tamisados e areias (Figura VII.30) verifica-se algumas oscilações

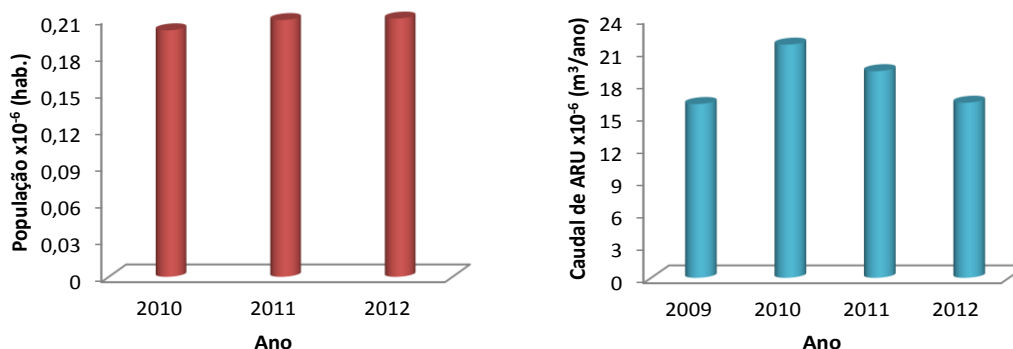


a) b)

Figura VII.30: Capitação de a) gradados/tamisados b) areias no período de 2009 a 2012 (SMAS Caldas da Rainha, 2009 a 2012)

VII.13. Águas Trás-os-Montes e Alto Douro

De acordo com os dados da pesquisa bibliográfica, as águas de Trás-os-Montes e Alto Douro em 2009 existiam 57 ETAR, em 2010 foram realizados vários investimentos na construção de infraestruturas de Saneamento passaram a ser 81 ETAR, em 2011 eram 89 ETAR e em 2012 já existiam 101 ETAR. Os valores da população servida são da autoria das águas de Portugal (AdP). Os cálculos da população e caudal considerados incluem os valores totais da EG (Figura VII.31).



a) b)

Figura VII.31: Evolução a) da população (AdP, 2010 a 2012) e b) do caudal no período de 2010 a 2012 (Águas Trás-os-Montes e Alto Douro, 2010 a 2012)

A evolução da quantidade de gradados/tamisados e das areias por caudal de ARU tratada é apresentada na Figura VII.32 os valores de gradados e areias não se encontram separados.

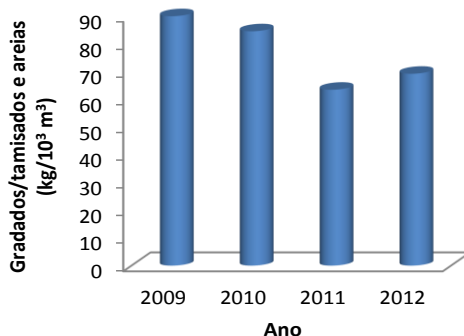


Figura VII.32: Evolução da quantidade de gradados/tamisados e areias por caudal de ARU tratado no período de 2009 a 2012 (Águas Trás-os-Montes e Alto Douro, 2009 a 2012)

Os valores de capitação comparando com as outras EG, são as mais elevadas de todas devido ao facto dos valores de gradados/tamisados e areias não estarem separados.

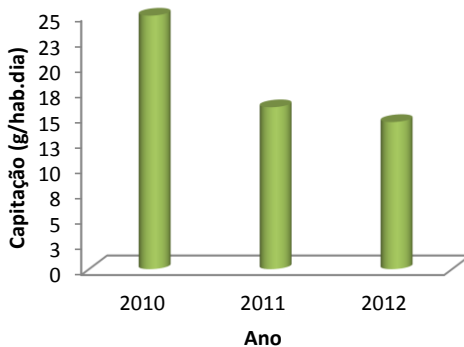


Figura VII.33: Capitação de gradados/tamisados e areias no período de 2010 a 2012 (Águas Trás-os-Montes e Alto Douro, 2010 a 2012)

VII.14. Águas de Santo André

De acordo com os dados da pesquisa bibliográfica, as Águas de Santo André de 2009 até 2012 existia uma ETAR (ETAR de Ribeira de Moinhos). Os valores da população servida são da autoria das águas de Portugal (AdP).

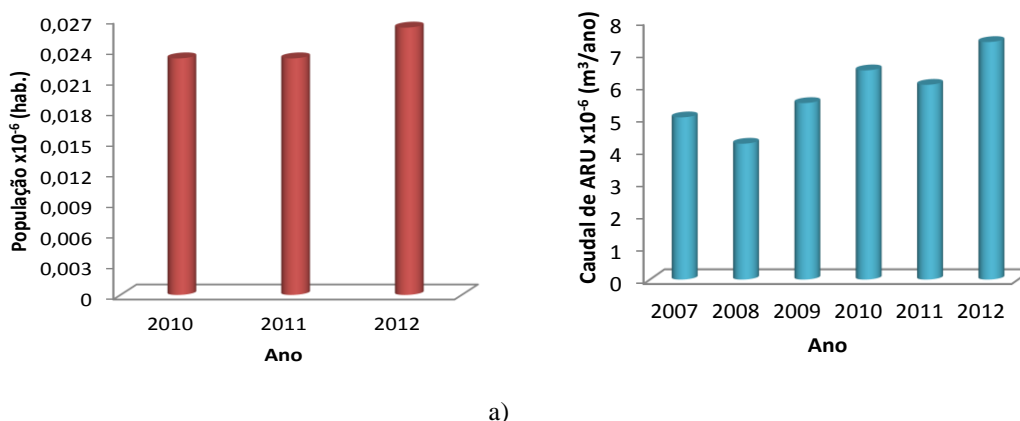


Figura VII.34: Evolução a) da população (AdP, 2010 a 2012) e b) do caudal no período de 2010 a 2012 (Águas de Santo André, 2010 a 2012)

Os cálculos da população e o caudal (Figura VII.34) incluem os valores totais da EG, visto que os dados obtidos foram total e não por ETAR. A evolução da quantidade de gradados/tamisados e das areias por caudal de ARU tratada é apresentada na Figura VII.35, assim como as Águas Trás-os-Montes e Alto Douro, os valores de gradados e areias não se encontram separados.

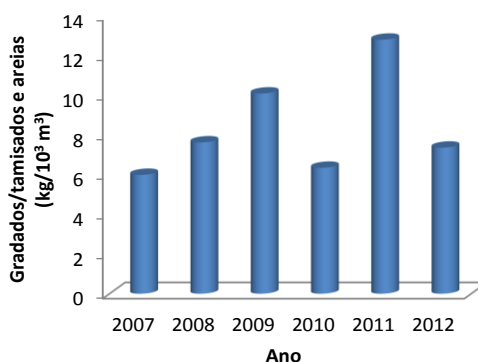


Figura VII.35: Evolução da quantidade de gradados/tamisados e areias por caudal de ARU tratado no período de 2007 a 2012 (Águas de Santo André, 2007 a 2012)

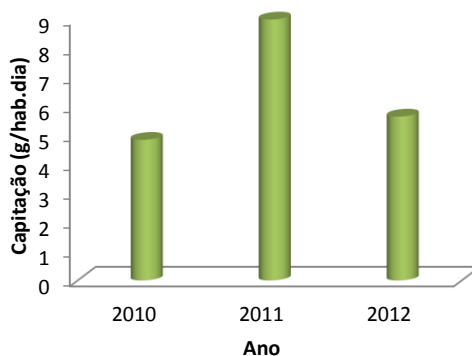


Figura VII.36: Capitação de gradados/tamisados e areias no período de 2010 a 2012 (Águas de Santo André, 2010 a 2012).

Tendo em conta que não foi possível obter o valor da população de 2007 a 2009 os valores da capitação foram calculados a partir de 2010 (VII.36).

VII.15. SIMRIA

De acordo com os dados da pesquisa bibliográfica, a SIMRIA de 2007 a 2009 existiam 4 ETAR, de 2010 a 2011 eram 5 ETAR e de 2011 a 2012 passaram para 7 ETAR.

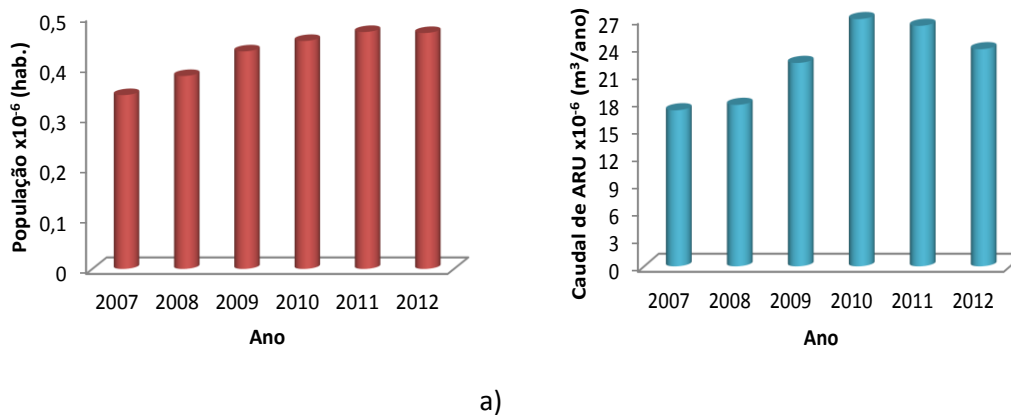
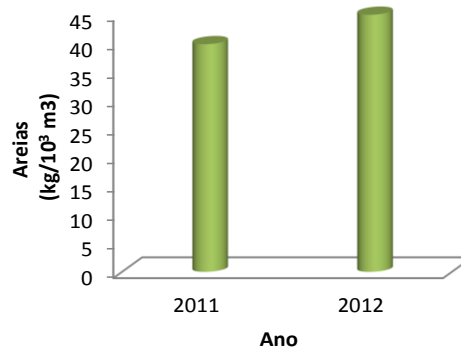
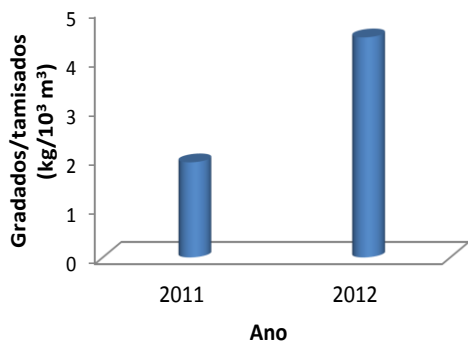


Figura VII.37: Evolução a) da população e b) do caudal no período de 2007 a 2012 (SIMRIA, 2007 a 2012)

Analisando a Figura VII.37 verifica-se que a população aumentou ao longo dos anos (de 2007 a 2012) enquanto o caudal apresenta algumas variações.

Como não foi possível obter a quantidade de gradados/tamisados e areias dos anos anteriores, a evolução da quantidade de gradados/tamisados e das areias por caudal de ARU tratada é apresentada nos anos de 2011 a 2012 (Figura VII.38).

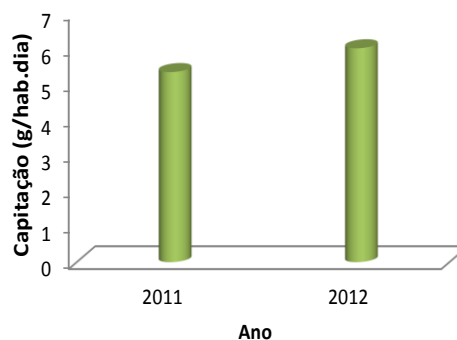
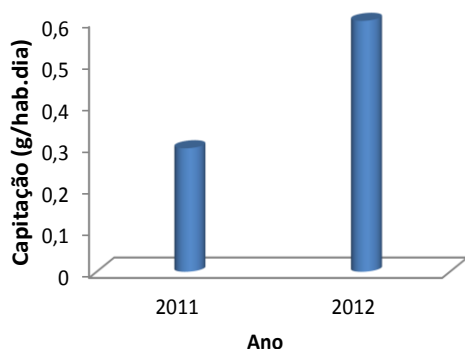


a)

b)

Figura VII.38: Evolução da quantidade de gradados/tamisados e areias por caudal de ARU tratado no período de 2011 a 2012 (SIMRIA, 2011 a 2012)

A capitação de areias (Figura VII.39 b)) é muito mais elevada que a capitação de gradados/tamisados (Figura VII.39 a)).



a)

b)

Figura VII.39: Capitação de gradados/tamisados e areias no período de 2011 a 2012 (SIMRIA, 2011 a 2012)

ANEXO VIII - Indicação do destino final do resíduo de acordo com o DL n.º 73/2011, que altera o Regime Geral de Gestão de Resíduo

O Anexo I do artigo 4º do Decreto – Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, faz as seguintes referências:

Operação de eliminação

D 1 — Depósito no solo, em profundidade ou à superfície (por exemplo, em aterros, etc.).

D 2 — Tratamento no solo (por exemplo, biodegradação de efluentes líquidos ou de lamas de depuração nos solos, etc.).

D 3 — Injeção em profundidade (por exemplo, injeção de resíduos por bombagem em poços, cúpulas salinas ou depósitos naturais, etc.).

D 4 — Lagunagem (por exemplo, descarga de resíduos líquidos ou de lamas de depuração em poços, lagos naturais ou artificiais, etc.).

D 5 — Depósitos subterrâneos especialmente concebidos (por exemplo, deposição em alinhamentos de células que são seladas e isoladas umas das outras e do ambiente, etc.).

D 6 — Descarga para massas de água, com exceção dos mares e dos oceanos.

D 7 — Descargas para os mares e ou oceanos, incluindo inserção nos fundos marinhos.

D 8 — Tratamento biológico não especificado em qualquer outra parte do presente anexo que produza compostos ou misturas finais rejeitados por meio de qualquer das operações enumeradas de D 1 a D 12.

D 9 — Tratamento físico-químico não especificado em qualquer outra parte do presente anexo que produza compostos ou misturas finais rejeitados por meio de qualquer das operações enumeradas de D 1 a D 12 (por exemplo, evaporação, secagem, calcinação, etc.).

D 10 — Incineração em terra.

D 11 — Incineração no mar (1).

D 12 — Armazenamento permanente (por exemplo, armazenamento de contentores numa mina, etc.).

D 13 — Mistura anterior à execução de uma das operações enumeradas de D 1 a D 12 (2).

D 14 — Reembalagem anterior a uma das operações enumeradas de D 1 a D 13.

D 15 — Armazenamento antes de uma das operações enumeradas de D 1 a D 14 (com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde os resíduos foram produzidos) (3).

(1) Esta operação é proibida pela legislação da UE e pelas convenções internacionais.

(2) Se não houver outro código D adequado, este pode incluir operações preliminares anteriores à eliminação, incluindo o pré-processamento, tais como a triagem, a trituração, a compactação, a pelotização, a secagem, a desintegração a seco, o acondicionamento ou a separação antes de qualquer das operações enumeradas de D 1 a D 12.

(3) Por «armazenamento temporário» entende -se o armazenamento preliminar, nos termos da alínea *c*) do artigo 3.º

O Anexo II do artigo 4º do Decreto – Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, faz-se o seguinte referências:

Operação de valorização

R 1 — Utilização principal como combustível ou outro meio de produção de energia (1).

R 2 — Recuperação/regeneração de solventes.

R 3 — Reciclagem/recuperação de substâncias orgânicas não utilizadas como solventes (incluindo digestão anaeróbia e ou compostagem e outros processos de transformação biológica) (2).

R 4 — Reciclagem/recuperação de metais e compostos metálicos.

R 5 — Reciclagem/recuperação de outros materiais inorgânicos (3).

R 6 — Regeneração de ácidos ou bases.

R 7 — Valorização de componentes utilizados na redução da poluição.

R 8 — Valorização de componentes de catalisadores.

R 9 — Refinação de óleos e outras reutilizações de óleos.

R 10 — Tratamento do solo para benefício agrícola ou melhoramento ambiental.

R 11 — Utilização de resíduos obtidos a partir de qualquer das operações enumeradas de R 1 a R 10.

R 12 — Troca de resíduos com vista a submetê-los a uma das operações enumeradas de R 1 a R 11 (4).

R 13 — Armazenamento de resíduos destinados a uma das operações enumeradas de R 1 a R 12 (com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde os resíduos foram produzidos) (5).

(1) Inclui instalações de incineração dedicadas ao processamento de resíduos sólidos urbanos apenas quando a sua eficiência energética é igual ou superior aos seguintes valores:

0,60 para instalações em funcionamento e licenciadas nos termos da legislação comunitária aplicável antes de 1 de Janeiro de 2009;

0,65 para instalações licenciadas após 31 de Dezembro de 2008, por recurso à fórmula:

$$\text{Eficiência energética} = [Ep - (Ef + Ei)]/[0,97 \times (Ew + Ef)]$$

em que:

Ep representa a energia anual produzida sob a forma de calor ou eletricidade. É calculada multiplicando por 2,6 a energia sob a forma de eletricidade e por 1,1 o calor produzido para uso comercial (GJ/ano);

Ef representa a entrada anual de energia no sistema a partir de combustíveis que contribuem para a produção de vapor (GJ/ano);

Ew representa a energia anual contida nos resíduos tratados calculada utilizando o valor calorífico líquido dos resíduos (GJ/ano);

Ei representa a energia anual importada com exclusão de *Ew* e *Ef* (GJ/ano);

0,97 É um fator que representa as perdas de energia nas cinzas de fundo e por radiação.

Esta fórmula é aplicada nos termos do documento de referência sobre as melhores técnicas disponíveis para a incineração de resíduos.

(2) Esta operação inclui as operações de gaseificação e de pirólise que utilizem os componentes como produtos químicos.

(3) Esta operação inclui a limpeza dos solos para efeitos de valorização e a reciclagem de materiais de construção inorgânicos.

(4) Se não houver outro código R adequado, este pode incluir operações preliminares anteriores à valorização, incluindo o pré -processamento, tais como o desmantelamento, a triagem, a trituração, a compactação, a peletização, a secagem, a fragmentação, o acondicionamento, a reembalagem, a separação e a mistura antes de qualquer das operações enumeradas de R 1 a R 11.

(5) Por «armazenamento temporário» entende -se o armazenamento preliminar, nos termos da alínea c) do artigo 3.

ANEXO IX - Tarifas aprovadas para as EG que prestam serviços de gestão de resíduos urbanos (alta) para o ano de 2011

Tabela IX: Tarifa de deposição aprovadas pela ERSAR

EG de resíduos (ano 2011)	Tarifa (€/ton)
ALGAR	33,99
AMARSUL	20,93
AMBISOUSA	15,71
BRAVAL	16,39
ESCOBEIRÃO	36,40
ECOLIZÍRIA	32,50
ERSUC	22,98
GSAMB	34,75
LIPOR	48,36
RESIALENTEJO	33,40
RNORDESTE	29,88
RESINORTE	34,06
RESIESTRELA	48,50
RESITEJO	30,46
RESULIMA	20,20
SULDOURO	19,29
TRATOLIXO	48,89
VALNOR	27,50
VALORLIS	31,95
VALORMINHO	22,98
VALORSUL	20,97
Média	30,00