

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

FEUP

Avaliação do Potencial de Geração de Biogás a partir de Resíduos de Boviniculturas na Área Metropolitana do Porto

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Catarina Silva Gonçalves

Orientador na FEUP: **Prof. Rui Boaventura**

Orientador na Empresa: **Dr. Joaquim Guedes**

Julho de 2010

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Rui Boaventura, orientador pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pela sua disponibilidade no esclarecimento de dúvidas, cedência de bibliografia e sugestões.

Ao doutor Joaquim Guedes, orientador pela Ecoinside, pela sua disponibilidade para discussão, sugestões, revisão do manuscrito e pelo bom acolhimento na empresa.

Ao Professor Doutor José Soeiro de Carvalho, pela indispensável ajuda no tratamento de dados pelo *Software ArcGis*, pela sua elevada disponibilidade para discussão, sugestões e revisão de conteúdos.

Aos meus colegas Cecília, Cristiana e Pedro pelo bom acolhimento que me proporcionaram na empresa.

Aos meus amigos de faculdade pela vossa amizade e pelos ótimos momentos que passámos juntos ao longo destes últimos cinco anos e por aqueles que ainda iremos passar.

Aos meus pais, irmã e avós e restante família pelo apoio incondicional que sempre demonstraram ao longo deste trabalho e de toda a minha vida.

A todos aqueles que, directa ou indirectamente me apoiaram, expresso a minha profunda gratidão.

Resumo

As boviniculturas na Área Metropolitana do Porto caracterizam-se por um tipo de produção mais intensiva que gera uma maior concentração de resíduos pecuários que, por sua vez, exerce fortes impactes ambientais, nomeadamente a contaminação de águas subterrâneas e superficiais, a libertação de maus odores e a emissão de gases para a atmosfera. Com o surgimento do novo Regime do Exercício da Actividade Pecuária (REAP), as normas ambientais deste tipo de actividade tornaram-se mais exigentes em termos da gestão dos efluentes pecuários. Neste âmbito, a Digestão Anaeróbia surge como uma boa alternativa para o tratamento destes resíduos e gera ainda dois subprodutos que podem ser valorizáveis, o digerido e o biogás.

Nesta dissertação foi estimado um potencial máximo de geração de biogás na Área Metropolitana do Porto de 27 milhões de m³/ano, o que permitiria obter 45 GWh de energia eléctrica e 293 TJ de energia térmica através de um sistema de co-geração. Verificou-se ainda que as freguesias com um maior potencial eram Lavra, no Concelho de Matosinhos, Balazar, Rates e Laúndos, no Concelho da Póvoa de Varzim, Santiago de Bougado e S. Mamede de Coronado, no Concelho da Trofa, Rio Mau, Junqueira, Bagunte, Fajozes, Labruge, Guilhabreu e Arcos no Concelho de Vila do Conde e São Martinho da Gândara e Loureiro, no Concelho de Oliveira de Azeméis. Neste trabalho foi estimado também um proveito pela venda de energia eléctrica à rede a partir de biogás de cerca de 3,8 €/m³ de chorume produzido.

A digestão anaeróbia à escala individual poderá ser viável numa exploração com mais de 500 vacas, contudo, em toda a AMP apenas foi identificada uma exploração na freguesia de Guilhabreu, em Vila do Conde, com essa dimensão. Em relação à produção centralizada considerou-se que esta poderia ser viável num local onde estivessem disponíveis 2000 vacas num raio de 8 km. Neste caso, é necessário identificar núcleos de produção de bovinos.

Com base na extensão *Spatial Analyst* do software ArcGis é possível delimitar as zonas mais adequadas para a instalação de uma Central de Digestão Anaeróbia. Este trabalho utilizou como caso de estudo o Concelho da Póvoa do Varzim e utilizaram-se os critérios de número de animais e proximidade geométrica. Contudo para uma análise mais detalhada é necessário considerar critérios mais específicos.

Palavras-Chave: Boviniculturas, Digestão Anaeróbia, Biogás, Potencial Energético, Área Metropolitana do Porto

Abstract

The cattle farming in the Oporto Metropolitan Area is characterized with an intensive production type that generates a higher concentration of livestock wastes which, in turn, has strong environmental impacts, including contamination of groundwater and surface water, odours release and emission of gases into the atmosphere. With the emergence of the new Scheme of Exercise Activity Livestock (REAP), the environmental standards of such activity had become more demanding in terms of management of livestock effluents. In this context, anaerobic digestion appears to be a good alternative for the treatment of waste and generates two products that may still be recoverable, digestate and biogas.

This dissertation was estimated a maximum potential biogas generation in the Porto Metropolitan Area of 27 million m³/year, which would get 45 GWh of electricity and 293 TJ of thermal energy through a gas cogeneration system. It was also found that the parishes with the greatest potential were Lavra of Matosinhos County, Balazar, Rates and Laúndos of Póvoa de Varzim County, Santiago de Bougado and S. Mamede de Coronado of Trofa County, Rio Mau, Junqueira, Bagunte, Fajozes, Labruge, Guilhabreu and Arcos of Vila do Conde County and São Martinho da Gândara and Loureiro of Oliveira de Azeméis County. This work was also estimate a profit by selling electricity to the grid from the biogas of about 3.8 € / m³ of manure produced.

Anaerobic digestion at the individual level can be viable on a farm with over 500 cows, however, throughout the OMA was identified only one farm with that dimension in Guilhabreu parish in Vila do Conde County. Regarding the centralized biogas production was considered that this could be feasible in a place with the availability of 2000 cows within a radius of 8 km. In this case, it is necessary to identify clusters of cattle producers.

Based on Spatial Analyst extension of ArcGIS software this can determine areas most suitable for the installation of a Central Anaerobic Digestion. This dissertation used a case study in Póvoa de Varzim County with the criteria of proximity and number of animals. However for a more detailed analysis is necessary to consider more specific criteria.

Key Words: Cattle farming, Anaerobic Digestion, Biogas, Energy Potencial, Oporto Metropolitan Area

Índice

Agradecimentos	i
Resumo.....	iii
Abstract	v
Índice	vii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas.....	xv
Abreviaturas	xvii
Símbolos Químicos	xix
Unidades	xxi
1. Introdução	1
1.1. Objectivos e Metodologia	3
1.2. Organização da dissertação	3
2. Impactes Ambientais das Boviniculturas	6
2.1. Contaminação das águas subterrâneas e superficiais	6
2.2. Odores	7
2.3. Emissões atmosféricas	7
3. Gestão de Resíduos Pecuários	8
3.1. Principais Desafios da Produção Pecuária Intensiva	8
4. Normas Técnicas para a Gestão dos Resíduos Pecuários	10
4.1. Decreto-Lei n.º 214/2008.....	10
4.2. Portaria n.º 631/2009	10
4.2.1. Plano de Gestão de Resíduos Pecuários	10
4.2.2. Normas para a aplicação dos resíduos pecuários no solo	11
5. Digestão Anaeróbia	13
5.1. Descrição do processo.....	13
5.2. Grupos de microrganismos presentes no processo de Digestão Anaeróbia	16

5.2.1.	Microrganismos Anaeróbios	16
5.3.	Factores ambientais que influenciam a digestão anaeróbia.....	18
5.3.1.	pH	18
5.3.2.	Alcalinidade	18
5.3.3.	Temperatura.....	19
5.3.4.	Força iónica e Salinidade.....	19
5.3.5.	Tempo de Retenção	19
5.3.6.	Agitação.....	20
5.3.7.	Características do substrato.....	20
5.4.	Cinética e Modelos.....	21
5.4.1.	Parâmetros cinéticos em digestão anaeróbia mesófila	23
5.5.	Produtos da Digestão Anaeróbia	24
5.5.1.	Digerido	25
5.5.2.	Biogás	25
5.6.	Tratamento de Purificação do Biogás	26
5.7.	Vantagens e Inconvenientes da Digestão Anaeróbia.....	27
5.8.	Tipos de digestores	28
5.8.1.	Digestor de lagoa coberta	29
5.8.2.	Digestor de mistura completa.....	29
5.8.3.	Digestor de escoamento - pistão	30
5.8.4.	Digestor de filme-fixo	30
6.	Sistemas Individuais e Centralizados de Digestão Anaeróbia.....	32
6.1.	Sistemas Individuais Descentralizados.....	32
6.2.	Sistemas Colectivos Centralizados	33
6.2.1.	Conceito de instalações centralizadas de biogás	34
6.2.2.	Aspectos técnicos e financeiros das centrais de Biogás na Dinamarca	35
6.2.3.	Oportunidades e Barreiras de mercado.....	37
6.3.	Viabilidade técnica, económica e social da Instalação de um Digestor Anaeróbio	38

6.3.1.	Sistema Individual Descentralizado.....	39
6.3.2.	Sistemas Colectivos Centralizados	39
7.	Situação Energética e Ambiental do Sector Agrícola e Pecuário	41
7.1.	Situação energética	41
7.2.	Situação Ambiental	42
8.	Caracterização do Sector Pecuário na AMP	45
8.1.	Enquadramento Geográfico.....	45
8.2.	Caracterização da Área Metropolitana do Porto (AMP)	45
8.3.	Caracterização do sector pecuário.....	46
8.3.1.	Boviniculturas na AMP	48
8.3.2.	Resíduos produzidos nas boviniculturas	50
8.3.3.	Explorações de Leite na AMP	50
9.	Potencial de Geração de Biogás na AMP	54
9.1.	Metodologia	54
9.2.	Resultados e Discussão	54
10.	Localização dos Núcleos de Produção Pecuária.....	61
10.1.	Núcleos de Produção Pecuária da Póvoa de Varzim.....	61
10.1.1.	Tratamento Informático de dados	62
10.1.2.	Resultados	66
11.	Conclusão	71
11.1.	Limitações e Trabalho Futuro.....	73
	Referências Bibliográficas	75
	Anexo 1.....	A1
	Anexo2	A4
	Anexo 3.....	A6
	Anexo 4.....	A17
	Anexo 5.....	A19
	Anexo 6.....	A30

Índice de Figuras

Figura 1 – Risco relativo para o ambiente representado pelas “forças motrizes” da agricultura, por região, entre 1989 e 2007 (INE, 2009a).....	2
Figura 2 – Importância de cada indicador de “forças motrizes” na atribuição do risco relativo para o ambiente, por região, entre 1989 e 2007 (INE, 2009a)	2
Figura 3 – Principais desafios da produção intensiva de animais	9
Figura 4 – Reacções e bactérias envolvidas na Digestão Anaeróbia (Chernicharo, 1997).....	14
Figura 5 – Gráfico que representa a relação entre a alcalinidade, dióxido de carbono presente no gás e pH (Malina e Pohland, 1997)	18
Figura 6 – Necessidade em nutrientes para o tratamento anaeróbio para diferentes cargas mássicas à entrada (Malina e Pohland, 1997).....	21
Figura 7 – Subprodutos e suas utilizações resultantes do processo de digestão anaeróbia (Energia, s/a)	24
Figura 8 – Esquema de um sistema de lagunagem com duas células (Ogejo et al. 2009).....	29
Figura 9 – Esquema de um reactor de mistura completa (Ogejo et al. 2009)	30
Figura 10 – Esquema típico de um sistema com digestor de escoamento-pistão (Ogejo et al. 2009)	30
Figura 11 – Esquema de um digestor de filme-fixo (Ogejo et al. 2009).....	31
Figura 12- Esquema tipo de um sistema individual descentralizado na Dinamarca (ADENE, 2003)	32
Figura 13 – Conceito das centrais colectivas de biogás na Dinamarca (Hjort-Gregersen, 2002)	35
Figura 14 – Esquema típico de uma instalação centralizada de biogás na Dinamarca (ADENE, 2003)	35
Figura 15 – Consumo final directo de energia no sector agrícola, por fonte energética (Tep) (INE, 2009a).....	41
Figura 16 – Consumo de biogás de origem estritamente agrícola para a produção de electricidade em 2007 (Tep) (INE, 2009a).....	42

Figura 17 – Emissões de GEE (CH ₄ , N ₂ O e CO ₂) por sector de actividade, em 2007 (%) (INE, 2009a)	43
Figura 18 – Emissões de CH ₄ por fonte agrícola (%) (INE, 2009a).....	43
Figura 19 – Emissões de CH ₄ devido a fermentação entérica, por espécie animal, em 2007 (%) (INE, 2009a).....	43
Figura 20 – Emissões de N ₂ O, por fonte agrícola (kt eq CO ₂) (INE, 2009a).....	44
Figura 21 – Distribuição das emissões de N ₂ O, devidas à produção de estrume, por categoria animal em 2007 (%) (INE, 2009a).....	44
Figura 22 – Área Metropolitana do Porto e sua localização no Entre Douro e Minho e Portugal Continental.....	45
Figura 23 – Representatividade das espécies animais no índice de densidade pecuária em 2007, por região (INE, 2009a)	47
Figura 24 – Distribuição Regional da Produção de Leite (Campanha 2005/2006) (MADRP, 2007b)	48
Figura 25 – Dimensão Média das Explorações de Leite e de Carne.....	49
Figura 26 – Número de Fêmeas com mais de 2 anos em Explorações de Leite na AMP.....	51
Figura 27 – Número de Fêmeas com mais de 2 anos em Explorações de Leite por hectare de freguesia na AMP	51
Figura 28 – Número de Explorações de Leite por freguesia na AMP.....	52
Figura 29 - Distribuição do Número de Efectivos nas Explorações de Leite por Classes	53
Figura 30 - Distribuição do Número Fêmeas > 2 anos das Explorações de Leite por classes	53
Figura 31 – Potencial de Biogás em m ³ em cada freguesia da AMP	58
Figura 32 – Potencial de Biogás em GJ em cada freguesia da AMP.....	58
Figura 33 – Potencial de Geração de Calor a partir do biogás em GJ em cada freguesia da AMP	58
Figura 34 – Potencial de Geração de Electricidade a partir do biogás em KWh em cada freguesia da AMP	58
Figura 35 – Mapa do Concelho da Póvoa do Varzim e sua localização na Área Metropolitana do Porto.....	62

Figura 36 – Imagem obtida com auxílio do Google Maps com a implementação das explorações para obter as coordenadas geográficas	62
Figura 37 – Mapa das Explorações leiteiras no concelho da Póvoa de Varzim, mostrando o tamanho da exploração por um símbolo proporcional, e o número de fêmeas por freguesia por código de cor	63
Figura 38 – Janela de input de dados da função <i>Kernel Density</i> da ferramenta <i>Density</i>	65
Figura 39 – Janela de input de dados da função <i>Point Statistics</i> da ferramenta <i>Neighborhood Statistics</i>	65
Figura 40 – Representação Esquemática do método utilizado pelas ferramentas	66
Figura 41 – Mapas com a contagem do número de fêmeas com mais de 2 anos na Póvoa do Varzim em vários raios considerados, por código de cor, resultado da aplicação da ferramenta <i>Neighborhood Statistics</i>	67
Figura 42 – Mapas com a densidade do número de fêmeas com mais de 2 anos por hectare na Póvoa de Varzim em vários raios considerados por código de cor, resultado da aplicação da ferramenta <i>Density</i>	68

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Modelos cinéticos de Digestão Anaeróbia (Malina e Pohland, 1997).....	22
Tabela 2 – Parâmetros cinéticos e outros por substrato em digestão anaeróbia mesófila (Malina e Pohland, 1997)	23
Tabela 3 – Parâmetros cinéticos de bactérias anaeróbias (Malina e Pohland, 1997)	24
Tabela 4 – Aspectos técnicos e económicos das centrais de Biogás Dinamarquesas (Seadi, 2000)	36
Tabela 5 – Indicadores de Território e de população nos concelhos da Área Metropolitana do Porto em 2008 (INE, 2009b).....	46
Tabela 6 – Número de efectivos bovinos por escalão nos concelhos da AMP	55
Tabela 7 – Valores considerados para estimar o potencial de biogás das explorações de bovinicultura na AMP.....	55
Tabela 8 – Quantidade de chorume produzido por escalões de bovinos em cada concelho da AMP.....	56
Tabela 9 – Resultados obtidos para o potencial de geração de biogás, o potencial energético e os potenciais de conversão calorífica e energético, se se considerar um sistema de co-geração	57
Tabela 10 – Comparação entre o potencial de geração de biogás e de energia eléctrica com o consumo de energia eléctrica na agricultura e o consumo de gás natural em 2007, por concelho	59
Tabela 11 – Proveitos resultantes da venda de biogás por concelho.....	60

Abreviaturas

AGV	-	Ácidos Gordos Voláteis
AMP	-	Área Metropolitana do Porto
BREF	-	Best Available Techniques Reference
CBPA	-	Código de Boas Práticas Agrícolas
CQO	-	Carência Química de Oxigénio
DPSIR	-	<i>Driving Forces- Pressures- State- Impact- Response</i>
EDM	-	Entre Douro e Minho
EPA	-	Environmental Protection Agency
ETAR	-	Estação de Tratamento de Águas Residuais
EU-15	-	Europa dos 15
GEE	-	Gases com Efeito de Estufa
INE	-	Instituto Nacional de Estatística
LER	-	Lista Europeia de Resíduos
MFC	-	Manual de Fertilização das Culturas
PCIP	-	Prevenção e Controlo Integrado da Poluição
PNAC	-	Plano Nacional de Alterações Climáticas
REAP	-	Regime do Exercício da Actividade Pecuária
SNIRA	-	Sistema Nacional de Identificação e Registo Animal
SNIRB	-	Sistema Nacional de Identificação e Registo de Bovinos
SST	-	Sólidos Suspensos Totais

Símbolos Químicos

CaCO_3	-	Carbonato de Cálcio
CH_3COOH	-	Ácido Acético
CH_3OH	-	Metanol
CH_4	-	Metano
CO_2	-	Dióxido de Carbono
FeO	-	Oxido de ferro (II)
Fe_2O_3	-	Oxido de ferro (III)
FeS	-	Sulfureto de ferro
H_2	-	Hidrogénio
H_2O	-	Água
H_2S	-	Sulfureto de Hidrogénio
HCOOH	-	Ácido fórmico
N	-	Azoto
N_2O	-	Oxido Nitroso
NaCl	-	Cloreto de sódio
NH_3	-	Amoníaco
O_2	-	Oxigénio
P	-	Fósforo
S	-	Enxofre

Unidades

d	-	dia
€	-	Euros
°C	-	graus célsius
hab	-	habitante
J	-	Joule
GJ	-	Gigajoule
TJ	-	Terajoule
m	-	metros
m ³	-	metros cúbicos
km	-	Kilómetro
km ²	-	Kilómetros quadrados
MW	-	Megawatt
MWh	-	Megawatt hora
GWh	-	Gigawatt hora
%	-	Percentagem
Tep	-	tonelada equivalente de petróleo
t	-	toneladas

1. Introdução

As práticas agrícolas tradicionais baseiam-se na aplicação directa dos efluentes pecuários no solo. No passado, uma vez que o regime de produção pecuária era mais extensivo, a concentração de resíduos era menor o que promovia a reciclagem natural de nutrientes pelos solos agrícolas (D'Eça et al. 2001). Contudo, nas últimas décadas tem-se verificado uma intensificação da pecuária resultando numa maior densidade de animais, isto é, num maior número de animais por exploração, o que conduziu à produção e acumulação de grandes quantidades de resíduos (Rocha, 2007), cujo manuseamento, tratamento e destino final originam problemas ambientais significativos ao nível da qualidade do ar, água e solo.

De acordo com a publicação do INE sobre Indicadores Agro-Ambientais que tem por base o modelo DPSIR, esta conclui que, em termos europeus, a pressão da actividade agrícola no ambiente coloca Portugal como um dos estados membros da EU-15 com menor risco de poluição. No entanto, em relação à capacidade de resposta de cada país no combate aos sistemas de poluição e práticas agrícolas mais poluidoras para o ambiente, Portugal encontra-se abaixo da média (INE, 2009a).

Em termos regionais, este mesmo estudo avaliou o grau de risco ambiental através da agregação de indicadores relativos às forças motrizes¹ para cada região. Daqui, verificou-se que as regiões que apresentavam maior risco eram o Entre Douro e Minho, no qual se insere a Área Metropolitana do Porto (AMP) e a Beira Litoral. A figura 1 apresenta, para cada região, os indicadores de forças motrizes com maior impacto. Desta forma, é possível concluir que na região do Entre Douro e Minho os maiores problemas são o uso de fertilizantes e pesticidas e a utilização de água e de energia.

Relativamente ao indicador da intensificação, que é um dos principais responsáveis pelo aumento do impacto da gestão dos resíduos pecuários no ambiente, é possível constatar que a região do Entre Douro e Minho é uma das regiões mais intensivas no plano nacional (figura 2) (INE, 2009a) o que justifica a importância deste estudo.

¹ Os indicadores referentes às forças motrizes considerados na publicação do INE foram o consumo de fertilizantes minerais, o consumo de produtos fitofarmacêuticos, utilização de água, utilização de energia, mudança de uso de solos, sistemas de produção vegetais e animais, práticas de gestão agrícola, intensificação/extensificação, especialização/diversificação e risco de abandono das terras.

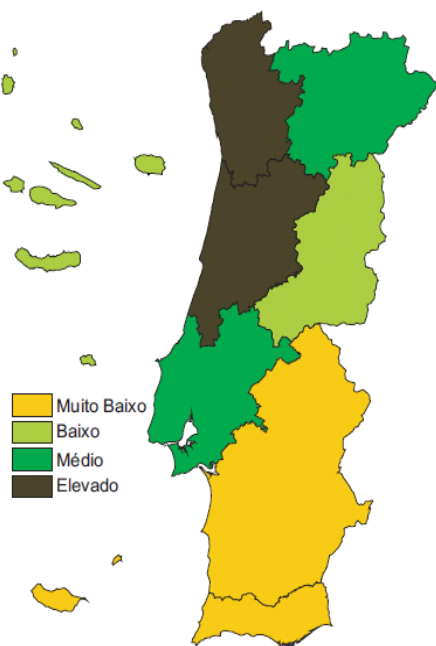


Figura 1 – Risco relativo para o ambiente representado pelas “forças motrizes” da agricultura, por região, entre 1989 e 2007 (INE, 2009a)

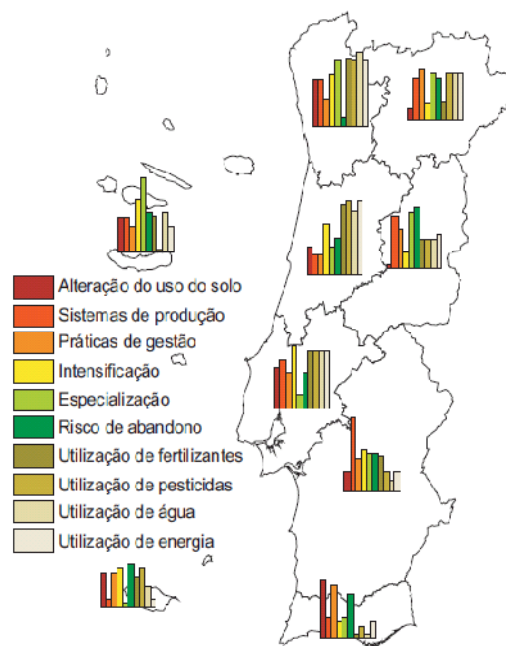


Figura 2 – Importância de cada indicador de “forças motrizes” na atribuição do risco relativo para o ambiente, por região, entre 1989 e 2007 (INE, 2009a)

Em relação aos resíduos produzidos nas boviniculturas, estes são, essencialmente, estrumes e chorumes. De acordo com a Portaria 631/2009 de 9 de Junho, «chorume» é a mistura de fezes e urinas dos animais, bem como de águas de lavagem ou outras, contendo por vezes desperdícios de alimentação animal ou de camas e as escorrências provenientes das nitreiras e silos; e «estrume» é a mistura de fezes e urinas de animais com materiais de origem vegetal como palhas e matos, com maior ou menor grau de decomposição, incluindo a fracção sólida do chorume, assegurando que não tem escorrência líquida aquando da sua aplicação.

A composição dos estrumes e chorumes varia substancialmente com vários factores, entre os quais a espécie pecuária, idade e regime alimentar, tipo de instalação, material utilizado para a cama dos animais e processo de limpeza das instalações (Fernandes e Silva, 2006). A existência de todos estes factores torna difícil a quantificação de valores exactos de produção de efluentes pecuários assim como uma caracterização química e biológica dos mesmos de forma a ser representativa de todas as explorações pecuárias. Assim, neste trabalho, vão ser utilizados alguns valores encontrados na literatura.

Existem várias opções de tratamento destes resíduos, contudo, neste trabalho, será estudada a possibilidade do tratamento por digestão anaeróbia para a produção de biogás e será determinado o potencial máximo de geração de biogás na Área Metropolitana do Porto.

A digestão anaeróbia é um processo biológico adequado ao tratamento dos resíduos agropecuários, sólidos urbanos, lamas de estações de tratamento de águas residuais e efluentes da indústria alimentar e seus derivados (MADRP, 2005). No caso dos chorumes, a digestão anaeróbia é um processo que permite a redução de maus odores característicos destes resíduos, redução das fugas de azoto para as linhas de água, redução da emissão de gases com efeito de estufa e permite valorizar recursos como o biogás e o digerido podendo proporcionar a redução de custos ao nível do consumo de energia e de uso de fertilizantes sintéticos (Rocha, 2007). Assim, este processo surge como uma solução capaz de contribuir, simultaneamente, para a redução da poluição ambiental e para a valorização dos resíduos, numa perspectiva de desenvolvimento sustentável (ADENE, 2003).

Com a publicação de nova legislação em matéria da gestão dos efluentes pecuários (Portaria 631/2009 de 9 de Junho), esta estabelece as normas técnicas de valorização agrícola, em que as unidades de digestão anaeróbia para a produção de biogás surgem como uma alternativa de tratamento destes efluentes.

1.1.Objectivos e Metodologia

Esta dissertação tem como principal objectivo fazer uma avaliação do potencial máximo de geração de biogás nas boviniculturas da Área Metropolitana do Porto, através de um levantamento do número de bovinos existente nessa área, de forma a identificar os concelhos e as freguesias com um maior número de bovinos.

Nesta dissertação foram consideradas duas escalas de implementação da digestão anaeróbia, a escala individual e a escala centralizada. Os critérios de viabilidade de implementação de um digestor anaeróbio à escala individual são a existência de 500 vacas leiteiras numa exploração, enquanto que no caso das instalações centralizadas considerou-se a existência de 2000 vacas num raio de 8 km. Para avaliar a possibilidade de implementação de uma central de digestão anaeróbia é necessário fazer uma localização dos núcleos de produção pecuária da Área Metropolitana do Porto.

1.2.Organização da dissertação

Neste primeiro capítulo (introdução) faz-se um enquadramento do problema em estudo, avaliando a sua importância, actualidade e oportunidade. São ainda identificados os objectivos fixados e a metodologia utilizada.

O capítulo 2 descreve os impactes ambientais resultantes das actividades das boviniculturas, nomeadamente a contaminação das águas subterrâneas e superficiais, a libertação de maus odores e as emissões de gases para a atmosfera.

O capítulo 3 aborda a necessidade de uma gestão integrada dos resíduos pecuários em todas as actividades da exploração, garantido a satisfação das necessidades de produção, a saúde animal e a sustentabilidade ambiental.

O capítulo 4 aborda, sumariamente, os documentos legislativos nacionais referentes às normas ambientais e licenciamento das explorações pecuárias, nomeadamente, o decreto-lei 214/2008 de 10 de Outubro (REAP) e a portaria 639/2009 de 9 de Junho.

A descrição do processo de Digestão anaeróbia é apresentada no capítulo 5, onde se inclui também a identificação dois principais tipos de microrganismos, factores ambientais considerados, cinética e modelos, subprodutos obtidos que podem ser valorizados, vantagens e desvantagens, assim como uma breve descrição de alguns tipos de digestores mais utilizados.

No capítulo 6 definem-se duas escalas de aplicação da digestão anaeróbia, individual ou centralizada, e apresenta-se ainda uma revisão bibliográfica das Centrais de Digestão Anaeróbia na Dinamarca, país pioneiro neste tipo de tecnologia mais centralizada. Este capítulo apresenta ainda alguns critérios para a viabilidade económica nas duas escalas consideradas.

No capítulo 7, este faz-se uma avaliação da situação actual do sector agrícola em termos energéticos e ambientais.

No capítulo 8, referente ao caso em estudo, procede-se à caracterização da Área Metropolitana do Porto e do sector de produção de bovinos nesta região.

O capítulo 9 apresenta a metodologia utilizada para a determinação do potencial máximo de geração de biogás e os principais resultados em termos de volume produzido, potencial calorífico e potencial eléctrico, por concelhos e freguesias, admitindo a utilização de um sistema de co-geração.

No capítulo 10 apresenta-se uma localização dos núcleos de produção do Concelho da Póvoa do Varzim, com base nos critérios de número de animais e proximidade. Este capítulo apresenta ainda outros critérios que devem ser considerados para uma localização mais exacta, neste caso, para uma central de digestão anaeróbia.

1.Introdução

Por último, o capítulo 11 sumaria as principais conclusões obtidas neste trabalho, apresentando ainda as limitações do estudo e recomendações para trabalhos futuros.

2. Impactes Ambientais das Boviniculturas

Os problemas ambientais associados às explorações pecuárias resultam, essencialmente, das seguintes actividades (Fernandes e Silva, 2006):

- Descarga directa dos efluentes pecuários produzidos nos cursos de água;
- Aplicação em excesso dos efluentes pecuários nos solos;
- Técnicas de aplicação de efluentes pouco eficientes e em épocas do ano pouco favoráveis.

Destas actividades vão resultar diversos impactes ambientais, nomeadamente a contaminação das águas subterrâneas e superficiais, a libertação de maus odores e a emissão de gases para a atmosfera (Fernandes e Silva, 2006). De realçar que, efectivamente, a libertação de maus odores resulta da emissão de gases para a atmosfera, no entanto, como apresentam diferentes impactes, estes foram considerados em separado.

2.1.Contaminação das águas subterrâneas e superficiais

A contaminação dos aquíferos pode ser provocada pela má gestão da aplicação dos efluentes pecuários no solo, nomeadamente em termos de quantidades, épocas e técnicas de aplicação devido ao excesso de nutrientes aplicados que depois são lixiviados até às águas subterrâneas (PEI, 2001).

A matéria orgânica presente nos efluentes de descarga nos cursos de água será sujeita a processos de degradação que poderão levar à diminuição da quantidade de oxigénio dissolvido disponível, resultando em efeitos nefastos sobre os ecossistemas aquáticos, nomeadamente a eutrofização. Algumas das consequências possíveis deste fenómeno são a morte de organismos aquáticos, diminuição do valor recreativo do local e aumento dos custos para o tratamento dessas águas caso se destinem ao abastecimento público (PEI, 2001).

A matéria orgânica e o excesso de nutrientes são os principais responsáveis pela contaminação das linhas de água. Contudo, em situações menos habituais poderá dar-se a contaminação por microrganismos patogénicos, tais como bactérias, vírus e protozoários que poderão ser transmitidos para os animais e para o Homem durante as operações de lavagem dos pavilhões, transporte de efluentes e durante a aplicação de chorumes nos solos (D'Eça et al. 2001).

2.2. Odores

Os maus odores provenientes das explorações pecuárias provêm sobretudo do manuseamento e armazenamento dos resíduos pecuários e apresentam um impacto mais directo e intenso sobre a população. Estes odores resultam da degradação da matéria orgânica dos resíduos pecuários que leva à formação de amoníaco, sulfureto de hidrogénio e outros compostos como mercaptanos e aminas que, combinados, podem libertar odores ofensivos, mesmo em pequenas concentrações. Para fazer o controlo dos maus odores, a solução deverá passar pela redução da emissão de gases para a atmosfera e sua dispersão o mais rapidamente possível (PEI, 2001).

2.3. Emissões atmosféricas

As emissões atmosféricas associadas às explorações pecuárias são, fundamentalmente, emissões de amoníaco e de azoto provocadas por processos de desnitrificação e emissões de metano, óxido nitroso, ácido sulfídrico e dióxido de carbono provocadas pela fermentação entérica, manuseamento dos resíduos pecuários e actividades necessárias à manutenção das explorações. Estas emissões poderão levar à formação de poluentes secundários e respectivos sais, contribuindo para a ocorrência de chuvas ácidas (D'Eça et al. 2001). Em relação às emissões de metano e óxido nitroso estes possuem um elevado potencial de GEE (cerca de 21 e 310 vezes superior ao do CO₂, respectivamente).

Estes problemas ambientais encaram um conjunto de condicionalismos que dificultam a sua correcta gestão, nomeadamente o grau intensivo da produção nesta região, a estrutura minifundiária da propriedade o carácter disperso, desordenado e denso do povoamento característico desta região, a natureza morfológica e geológica dos terrenos e, ainda em muitas zonas, as características hidrológicas facilitam a poluição difusa que é muito difícil de controlar (D'Eça et al. 2001). A solução poderia passar pela redução do grau de intensificação da produção, contudo esta poderá não ser viável no futuro uma vez que as necessidades alimentares estão a aumentar e a disponibilidade do solo é cada vez menor. Desta forma, será necessário procurar soluções alternativas que sejam mais sustentáveis em termos económicos, sociais e ambientais (D'Eça et al. 2001).

3. Gestão de Resíduos Pecuários

A gestão dos efluentes pecuários é, actualmente, uma questão preocupante para os produtores pecuário. A produção animal mais intensiva e o conseqüente aumento da concentração de resíduos pecuários agrava-se quando as áreas de produção são pequenas e a disponibilidade de terras de cultivo é insuficiente para assimilar toda essa quantidade de resíduos, de forma a cumprir as normas regulamentares, de acordo com os princípios de fertilização racional dos solos.

O primeiro objectivo de qualquer sistema de gestão de resíduos deve ser o de maximizar os benefícios económicos deste recurso mantendo os padrões ambientais aceitáveis. Desta forma, a gestão dos resíduos pecuários deve pôr em prática os princípios assentes na política dos 4 R's (Reduzir, Reutilizar, Reciclar e Recuperar), de forma a (PEI, 2001):

- Reduzir a quantidade de resíduos gerados;
- Reutilizar os resíduos produzidos na própria instalação ou fornecer para outros usos;
- Reciclar estes resíduos, por exemplo, através da aplicação do chorume no solo;
- Recuperar o gás metano por digestão anaeróbia.

Num sistema de gestão de efluentes pecuários, devem ser tidos em conta diversos pontos críticos, nomeadamente a produção, a recolha, o transporte, o armazenamento e o tratamento e/ou reutilização dos resíduos pecuários. Ao nível da produção de resíduos esta deve ser minimizada através, por exemplo, do controlo dos consumos de água na lavagem das instalações e da redução dos desperdícios efectuados pelos animais (Pereira, 2005). Em relação ao manuseamento, este depende das características dos resíduos pecuários, nomeadamente do teor de matéria seca e do seu potencial poluente e do tipo de limpeza das instalações. Estes factores vão condicionar a sua recolha, transporte, armazenamento e tratamento cujas infra-estruturas devem ser correctamente dimensionadas (D'Eça et al. 2001).

3.1.Principais Desafios da Produção Pecuária Intensiva

Os principais desafios associados a este tipo de produção mais intensiva são, de acordo com *Soares et al. 2004*, a sustentabilidade ambiental, a saúde animal e o incremento na produção (figura 3).

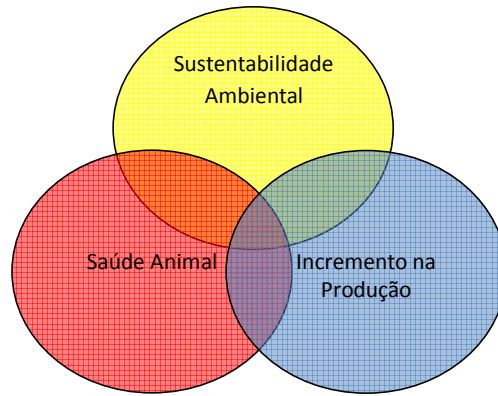


Figura 3 – Principais desafios da produção intensiva de animais

A Sustentabilidade Ambiental está relacionada com a redução da emissão de gases (CO_2 , N_2O , CH_4 , e NH_3), de nutrientes, metais pesados, microrganismos patogénicos e com a reabilitação e melhoria da produtividade dos solos. A saúde animal prende-se com o bem-estar animal e com questões de saúde pública e higiene. O incremento na produção surge devido ao aumento das necessidades alimentares da população e está também relacionado com uma maior competitividade. Desta forma, destaca-se a importância de integrar a correcta gestão dos resíduos pecuários com as necessidades de produção, bem-estar animal e respeito pelo ambiente. (Soares et al. 2004).

4. Normas Técnicas para a Gestão dos Resíduos Pecuários

4.1. Decreto-Lei n.º 214/2008

O decreto-lei n.º 214/2008 de 10 de Outubro estabelece as regras do Regime do Exercício da Actividade Pecuária (REAP) nas explorações pecuárias, entrepostos e centros de agrupamento, garantindo o respeito pelas normas de bem-estar animal, a defesa hígio-sanitária dos efectivos, a salvaguarda da saúde, a segurança de pessoas e bens, a qualidade do ambiente e o ordenamento do território, num quadro de sustentabilidade e de responsabilidade social dos produtores pecuários. Este decreto aplica-se às actividades de gestão para valorização ou eliminação dos efluentes pecuários através de unidades intermédias, nomeadamente entrepostos ou unidades técnicas de fabrico de correctivos orgânicos do solo, unidades de compostagem ou de produção de biogás.

A partir desta norma, foram criadas algumas portarias complementares e mais específicas. Estas portarias determinam as normas técnicas para a gestão dos resíduos pecuários e as normas técnicas do licenciamento das explorações relativas às diferentes espécies pecuárias.

4.2. Portaria n.º 631/2009

Esta portaria estabelece as normas regulamentares a que obedece a gestão dos resíduos das actividades pecuárias e as normas técnicas a observar no âmbito do licenciamento das actividades de valorização agrícola ou de transformação dos resíduos pecuários, tendo em vista promover as condições adequadas de produção, recolha, armazenamento, transporte, valorização, transformação, tratamento e destino final. Neste âmbito, as explorações licenciadas vão ser obrigadas a elaborar um plano de gestão dos resíduos pecuários.

Esta legislação estabelece ainda as normas de aplicação dos resíduos pecuários nos solos com vista à protecção ambiental.

4.2.1. Plano de Gestão de Resíduos Pecuários

A elaboração dos planos de gestão de resíduos pecuários deve ser realizada de forma a promover bem-estar animal, assegurar a gestão rigorosa dos recursos de água, solo e ar com vista à protecção dos ecossistemas aquáticos, minimizar os odores, poeiras e microrganismos patogénicos e a cumprir os regulamentos e legislação aplicados. Desta forma, de acordo com a portaria 631/2009 de 9 de Junho, estes planos devem conter os seguintes elementos:

- A descrição das unidades de produção e das parcelas do requerente ou de terceiros destinadas à valorização agrícola do efluente pecuário;
- A descrição dos processos e estruturas de recolha, redução, armazenamento, transporte, tratamento e transformação ou eliminação dos resíduos pecuários;
- A identificação do sistema de registos a adoptar, nomeadamente os registos das operações de manutenção, monitorização e de suporte à elaboração de relatórios se for necessário;
- A estimativa das quantidades de resíduos pecuários, do futuro encaminhamento ou destino desses resíduos, assim como das quantidades dos mesmos para valorização agrícola de acordo com o tipo de culturas previstas nos solos agrícolas.

4.2.2. Normas para a aplicação dos resíduos pecuários no solo

As medidas para a gestão dos efluentes pecuários estão estabelecidas na portaria 631/2009 de 9 de Junho. Esta portaria integra as regras ambientais assim como as medidas que determinam a dimensão de uma exploração quanto aos efectivos animais caso os resíduos pecuários se destinem à aplicação no solo, de acordo com o princípio de valorização desses resíduos, com vista ao aumento da fertilidade dos solos e promoção de uma reciclagem natural dos nutrientes. Por conseguinte, de acordo com este diploma, é necessário considerar três factores essenciais: a composição química do resíduo, as necessidades de nutrientes pelas culturas e o estado de fertilidade dos solos.

Assim, cada exploração deve ser avaliada individualmente, e o cálculo do volume do resíduo a aplicar no solo por hectare e por ano em termos de encabeçamento², deverá ser determinado uma vez que o valor limite não está convencionado, ou seja, a dimensão da exploração em termos de encabeçamento por área disponível deve ser determinada tendo em conta os três factores enunciados anteriormente. Os dados para o cálculo desse encabeçamento deverão ser obtidos através de:

- Composição química do resíduo a considerar deverá ser a apresentada no anexo II do Código de Boas Práticas Agrícolas (CBPA);
- Necessidades das culturas estão tabeladas no Manual de Fertilização das Culturas (MFC);
- Avaliação da fertilidade dos solos deverá ser realizada através de análises ao solo.

² Número de animais por hectare de pastagem de uma unidade de produção

4. Normas técnicas para a Gestão de Resíduos Pecuários

Caso a exploração se encontre numa zona vulnerável, a legislação aplicável é a portaria n.º 83/2010 de 10 de Fevereiro. Neste caso, é estabelecido nesta portaria a quantidade máxima de azoto a aplicar às culturas que se encontra no anexo I.

É importante referir no caso desta área de estudo, parte dos concelhos da Póvoa do Varzim e de Vila do Conde encontram-se na zona vulnerável 1 de acordo com a portaria n.º 83/2010.

5. Digestão Anaeróbia

A digestão anaeróbia é um processo biológico de tratamento de resíduos onde ocorre a decomposição de resíduos orgânicos biodegradáveis através de microrganismos que actuam na ausência de oxigénio (Metcalf e Eddy, 2003). Este processo pode ocorrer de forma espontânea na natureza em locais onde existam elevadas concentrações da matéria orgânica e ausência de oxigénio (por exemplo em sedimentos nos fundos das lagoas, nos pântanos e no interior dos aterros sanitários) (Neves et al. 2009). Contudo na maior parte dos casos este processo é levado a cabo através de um reactor/digestor anaeróbio que, sob condições adequadas, permite a optimização do processo.

Esta tecnologia pode ser utilizada no tratamento de vários tipos de resíduos, nomeadamente da agricultura (resíduos e efluentes pecuários de bovinos, suínos e aves de capoeira; resíduos de culturas; biomassa de algas; etc.), da indústria (transformação de alimentos; produtos lácteos; açúcar; farmacêutica; cosmética; bioquímica; fruta; matadouros; etc.) e dos municípios (resíduos sólidos urbanos; lamas de ETAR; aparas de jardim; etc.) (Steffen et al. 1998)

A digestão anaeróbia para a produção de biogás é considerada como uma melhor técnica disponível (MTD), nos termos de referência (BREF – Best Available Techniques REFerence) relativo à criação intensiva de aves de capoeira e de suínos para a recolha e manuseamento dos estrumes e chorumes. De acordo com o BREF, a digestão anaeróbia pode ser um processo vantajoso, uma vez que permite a obtenção do biogás que pode ser usado para aquecimento ou para a geração de electricidade (EC, 2003).

Em termos gerais, é possível simplificar este processo através de uma reacção bioquímica global (1): (Evans, 2001)



5.1.Descrição do processo

A conversão da matéria orgânica por digestão anaeróbia ocorre em três etapas fundamentais: hidrólise, acidogénese e metanogénese, ilustradas na figura 4.

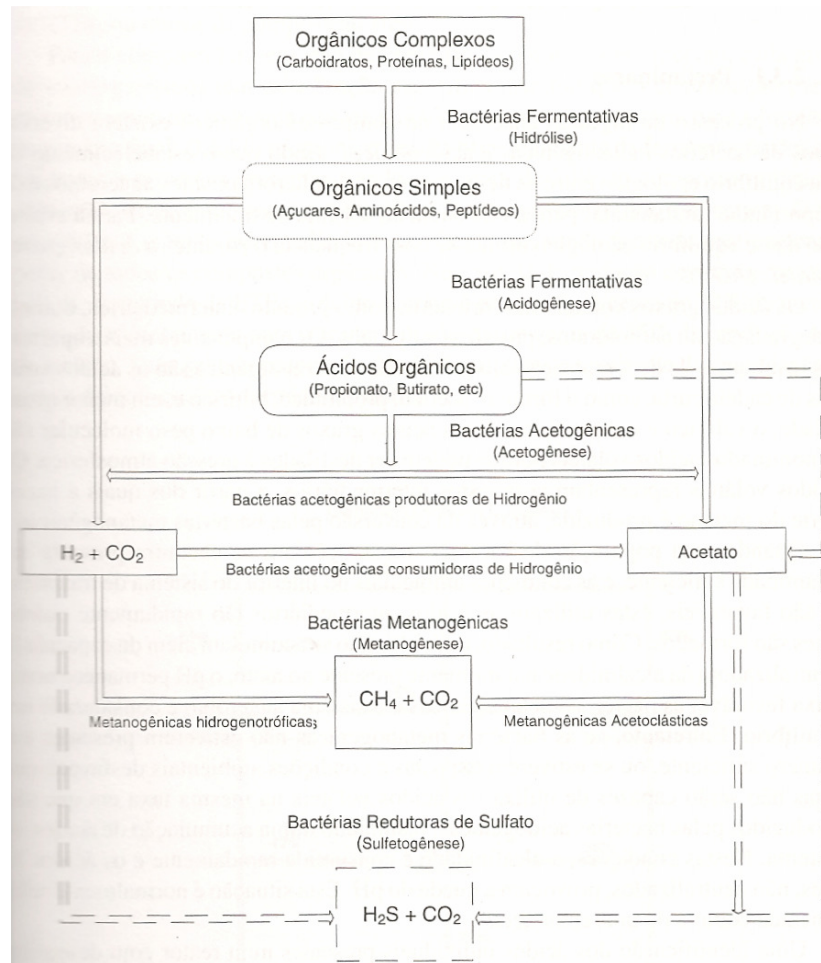


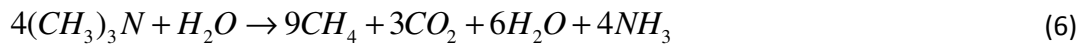
Figura 4 – Reações e bactérias envolvidas na Digestão Anaeróbia (Chernicharo, 1997)

Durante a hidrólise, polímeros orgânicos insolúveis e complexos, como os carboidratos, celulose, proteínas e gorduras são degradados através de enzimas extra-celulares produzidas pelas bactérias hidrolíticas. Em geral, as proteínas são convertidas em aminoácidos, as gorduras em ácidos gordos de cadeia longa e os carboidratos em açúcares simples. A decomposição dos compostos mais complexos, como a celulose, em substâncias solúveis é frequentemente a etapa limitante do processo de digestão, uma vez que a acção das bactérias é mais lenta. A velocidade a que ocorre a hidrólise depende da disponibilidade do substrato, da densidade da população microbiana, da temperatura e do pH. (Evans, 2001)

A acidogênese, por vezes dividida em acidogênese e acetogênese, é caracterizada pela produção de ácido acético através dos produtos resultantes da etapa anterior e dos ácidos gordos voláteis (AGV). Os produtos resultantes desta etapa são, fundamentalmente, o ácido acético, o ácido láctico e o ácido propiónico. À medida que estes produtos são formados o pH tende a baixar. Durante esta etapa, pode também formar-se dióxido de carbono e hidrogénio, resultantes do catabolismo dos carboidratos, com potencial de produção de metanol e/ou

outros álcoois simples. A proporção destes diferentes produtos intermediários produzidos depende, em parte, das condições ambientais, mas, principalmente, da presença de espécies de bactérias específicas (Evans, 2001).

A metanogénese envolve a produção de metano a partir dos produtos intermediários formados na etapa anterior. Esta etapa ocorre devido à acção de bactérias anaeróbias obrigatórias, cuja velocidade de crescimento é, em geral, inferior às das espécies de bactérias precedentes. O metano pode ser produzido através dos seguintes substratos: dióxido de carbono e hidrogénio, ácido acético, ácido fórmico, metanol e metilaminas. Destes substratos, o ácido acético é o mais importante, uma vez que é responsável por 75% da produção de metano total (Metcalf e Eddy, 2003).



Apesar de poderem ocorrer todas estas reacções, durante a fase metanogénica num digestor anaeróbio, as duas principais reacções responsáveis pela formação de metano e dióxido de carbono são a (2) e a (3) correspondente à conversão do hidrogénio e do dióxido de carbono em água e metano através de bactérias hidrogenotróficas e à conversão do acetato em metano e dióxido de carbono através de bactérias acetoclásticas, respectivamente (Metcalf e Eddy, 2003).

É de realçar que a interacção entre os diferentes tipos de microrganismos é fundamental neste processo, uma vez que todas as etapas são dependentes das anteriores e por isso é essencial que haja um controlo eficaz da presença dos vários microrganismos intervenientes no processo.

5.2. Grupos de microrganismos presentes no processo de Digestão Anaeróbia

A digestão anaeróbia é um processo que envolve várias culturas heterogêneas de microrganismos com diferentes metabolismos. Os grupos intervenientes são classificados em quatro grupos: (Evans, 2001):

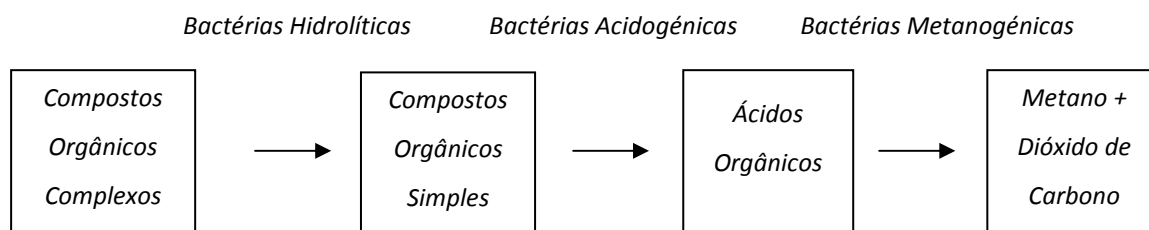
I Bactérias fermentativas hidrolíticas (por exemplo, *Clostridium*, *Eubacterium* e *Peptococcus*)

II Bactérias acetogénicas (por exemplo, *Desulfovibrio*, *Syntrophobacter* e *Syntrophomonas*)

III Bactérias metanogénicas acetoclásticas (por exemplo, *Methanosarcina* e *Methanothrix*)

IV Bactérias metanogénicas hidrogenotróficas (por exemplo, *Methanobacterium* e *Methanobrevibacterium*)

O diagrama seguinte representa uma relação simples destes grupos com as diferentes etapas deste processo: (Evans, 2001)



5.2.1. Microrganismos Anaeróbios

Na digestão anaeróbia a degradação da matéria orgânica é realizada a partir de microrganismos procarióticos anaeróbios facultativos e obrigatórios que pertencem aos grupos de bactérias hidrolíticas-fermentativas, acetogénicas produtoras de hidrogénio e metanogénicas. A acção conjunta destes tipos de bactérias permite a degradação da matéria orgânica que resulta na produção de metano. (Oliveira, 2005)

- **Microrganismos Fermentativos Hidrolíticos**

Este grupo de microrganismos actua nas primeiras fases deste processo (Hidrólise e Acidogénese). Através das exo-enzimas estas bactérias fazem a hidrólise de compostos de elevado peso molecular, como polissacarídeos, lípidos e proteínas, resultando em compostos mais simples como o ácido acético, H_2 , CO_2 , entre outros. Estes compostos podem penetrar

nas células dos microrganismos onde ocorre a fermentação e oxidação formando-se ácidos gordos voláteis (AGV) (Oliveira, 2005).

- **Microrganismos Acetogénicos**

Este tipo de bactérias permite a degradação de produtos resultantes da acidogénese em acetatos, H_2 e CO_2 . Neste processo intervêm bactérias acetogénicas que, obrigatoriamente, produzem H_2 e que podem ser de espécies facultativas ou estritamente anaeróbias. Permitem ainda a fermentação de ácidos voláteis de massa molecular superior ao ácido acético e de compostos neutros com massas moleculares superiores ao metanol. Estas reacções apenas ocorrem quando a concentração de acetato, ou melhor, a pressão parcial do hidrogénio, é mantida a níveis muito baixos uma vez que estas reacções são termodinamicamente desfavoráveis; e bactérias acetogénicas que consomem substrato que permitem a produção de acetato a partir de CO_2 e H_2 o que contribui para manter o nível de pressão parcial do hidrogénio no sistema baixo. Esta reacção é termodinamicamente favorável (Oliveira, 2005).

- **Microrganismos Metanogénicos**

Estes microrganismos intervêm na fase final do processo e permitem a conversão de H_2 , CO_2 , compostos com apenas um carbono e acetato em metano. Estes são estritamente anaeróbios e apenas se desenvolvem em ambientais com ausência total de oxigénio (Oliveira, 2005).

- **Microrganismos sulfato-redutores**

Estas bactérias competem com as metanogénicas pelo H_2 e pelo acetato que precisam para reduzir os sulfatos presentes no meio. No caso de existirem muitos sulfatos pode ocorrer uma inibição da fase metanogénica uma vez que as sulfato-redutoras apresentam uma maior velocidade de crescimento que, durante a competição, é uma vantagem. Além disto elas ainda produzem ácido sulfídrico que, em elevadas concentrações, é tóxico para as bactérias metanogénicas. No caso de existirem poucos sulfatos no meio e se produzirem ácido sulfídrico em elevadas concentrações que sejam inibidoras para as bactérias metanogénicas, elas podem contribuir para a manutenção de uma baixa pressão parcial de H_2 e, conseqüentemente, para a estabilização do processo (Oliveira, 2005).

5.3. Factores ambientais que influenciam a digestão anaeróbia

Além da necessidade de substrato e de uma população microbiana viável, há vários factores ambientais que afectam este processo, nomeadamente o pH, alcalinidade, temperatura, força iónica ou salinidade, tempo de retenção, agitação e características do substrato, nomeadamente o teor de humidade, nutrientes e componentes tóxicos e inibidores.

5.3.1. pH

A maior parte dos processos anaeróbios operam numa gama óptima de pH próxima da neutralidade (6,5 – 7,5) (Malina e Pohland, 1997). Os desvios a este valor podem derivar da produção em excesso e da acumulação de produtos ácidos ou básicos resultantes da conversão, como ácidos gordos voláteis e amoníaco, respectivamente. Além disto, o pH pode afectar a solubilidade de espécies orgânicas e inorgânica. A diminuição do pH é considerado como um factor mais inibitório para as bactérias metanogénicas do que para as fermentativas.

5.3.2. Alcalinidade

A alcalinidade é fundamental para o controlo adequado do pH. A alcalinidade resulta da decomposição da matéria orgânica e, inicialmente, encontra-se na forma de bicarbonato que está em equilíbrio com o dióxido de carbono no gás a um dado pH. A figura 5 representa a relação entre alcalinidade, dióxido de carbono no gás e pH.

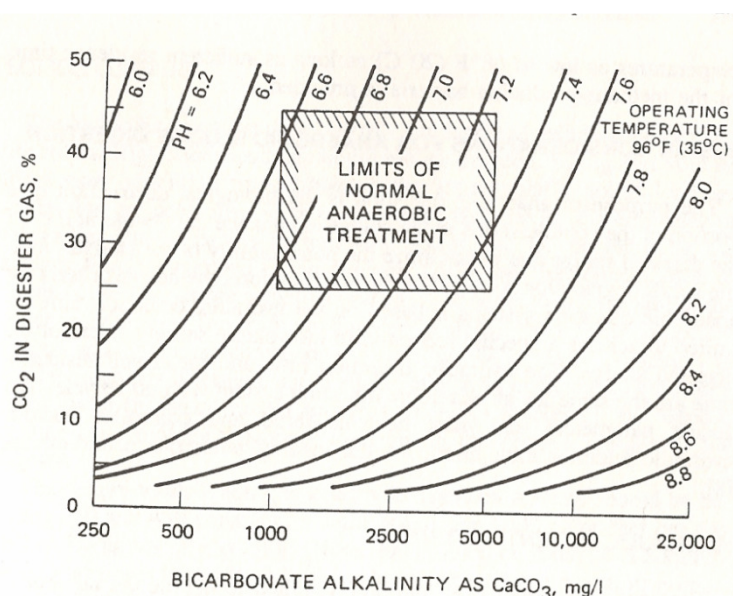


Figura 5 – Gráfico que representa a relação entre a alcalinidade, dióxido de carbono presente no gás e pH (Malina e Pohland, 1997)

5.3.3. Temperatura

Este parâmetro assume um papel fundamental no grau de eficiência da digestão anaeróbia uma vez que afecta a velocidade de crescimento das bactérias, a produção de biogás, o grau de utilização do substrato, a duração do arranque e a capacidade de resposta a variações imprevisíveis na carga do digestor (CCE, 2000). Em relação à velocidade é expectável que esta aumente até à temperatura de 60°C (Malina e Pohland, 1997). Existem duas gamas óptimas de temperatura para a ocorrência da digestão anaeróbia, a gama mesófila, entre 30 e 40°C e a gama termófila, com uma temperatura óptima entre 55 e 60°C.

De acordo com *Chae et al. 2006* a temperatura a que ocorre a digestão tem influência na produção e qualidade do biogás final. Na gama mesofílica de temperatura, foi demonstrado que entre 25 a 35°C quanto mais elevada a temperatura maior o teor de metano no biogás. Entre 30 e 35°C a produção de metano é superior do que à temperatura de 25°C. Contudo, isto não significa que quanto maior a temperatura mais eficaz é o processo, uma vez que elevadas temperaturas implicam também maiores consumos de energia.

5.3.4. Força iónica e Salinidade

O sulfato tem um efeito significativo na metanogénese na presença de certos substratos, devido, fundamentalmente, à competição entre as bactérias sulfato-redutoras e as metanogénicas, podendo levar á diminuição da produção de metano. Em relação aos efeitos da salinidade, concentrações superiores a 0,2 M NaCl poderão ser inibidores do processo, levando à redução da produção de metano. Variações da força iónica total poderão afectar a actividade dos microrganismos e induzir efeitos inibidores. (Malina e Pohland, 1997).

5.3.5. Tempo de Retenção

O tempo que a matéria orgânica permanece no digestor é designado por tempo de retenção que depende do tipo de digestor. Há dois tipos de tempo de retenção: o tempo de retenção de sólidos e o tempo de retenção hidráulico. O primeiro corresponde ao tempo médio que as bactérias permanecem no digestor. O segundo corresponde ao tempo em que o líquido permanece no digestor (Ogejo et al. 2009) Um tempo de retenção de sólidos elevado permite maximizar a capacidade de recuperação do gás e a capacidade de proteger o processo de efeitos provocados pelos compostos tóxicos presentes nos resíduos a tratar (Ogejo et al. 2009).

5.3.6. Agitação

De acordo com *Kaparaju et al. 2007* a agitação permite a homogeneização do substrato prevenindo desta forma a estratificação, a formação de uma crosta à superfície e assegura ainda a permanência dos sólidos em suspensão. Além disto, possibilita ainda a transferência de calor, a redução do tamanho das partículas ao longo do tempo e a libertação do gás formado. A mistura pode ser conseguida a partir de agitadores mecânicos, recirculação do material do digestor ou recirculação do biogás. A mistura adequada facilita uma melhor distribuição do substrato, enzimas e bactérias dentro do digestor.

Em relação à intensidade de mistura, *Kaparaju et al. 2007* demonstrou que misturas lentas permitem homogeneizar o substrato e garantir uma maior produção de biogás comparando com agitações mais rápidas.

5.3.7. Características do substrato

A eficiência do processo está também relacionada com o tipo de resíduos a tratar, nomeadamente pela quantidade de sólidos voláteis a alimentar no digestor que é uma medida da quantidade de material orgânico passível de ser digerido. Além deste é necessário ter em conta o teor em humidade, a presença de nutrientes como o azoto e o fósforo mas também de compostos tóxicos e inibidores.

- **Humidade**

De acordo com *Alvarez et al. 2000* os resíduos a tratar por digestão anaeróbia devem ter um teor de água entre 85 e 90%. O excesso ou falta de água dificultam o bom funcionamento do processo.

- **Nutrientes**

Os resíduos deverão conter os níveis adequados de matéria orgânica, macronutrientes (azoto e fósforo) e de micronutrientes. As quantidades de azoto e fósforo podem ser expressas numa razão CQO/N/P de 580/7/1.

O gráfico da figura 6 relaciona a razão CQO/N com a carga mássica à entrada. Elevadas necessidades em azoto estão associadas a elevadas cargas mássicas à entrada, em que o valor teórico mínimo da razão CQO/N é 350/7.

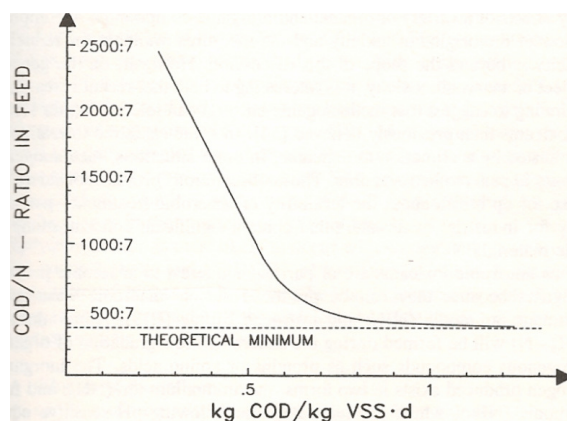


Figura 6 – Necessidade em nutrientes para o tratamento anaeróbio para diferentes cargas mássicas à entrada (Malina e Pohland, 1997)

Além destes nutrientes, é necessário ter em conta vários micronutrientes, nomeadamente o cálcio, o magnésio, o ferro, o cobalto, o níquel e o sulfureto.

- **Componentes tóxicos e inibidores**

Uma das situações mais frequentes de inibição da digestão anaeróbia é a acumulação de ácidos gordos voláteis (AGV) que pode provocar alterações no pH e na alcalinidade do meio. Embora a concentração inicial de AGV possa não ser inibidora, durante o processo, principalmente na fase de arranque, a rápida degradação pelos microrganismos acidogénicos pode aumentar a concentração de AGV e levar a desequilíbrios nos processos de digestão anaeróbia. Também compostos como o amoníaco e o sulfureto de hidrogénio podem provocar efeitos inibidores crescentes e acumulativos. Foram observados efeitos tóxicos do sulfureto entre concentrações de 200 a 1500mg/L e, efeitos inibidores sobre as bactérias metanogénicas com concentrações de amoníaco de 4000 mg/l (Malina e Pohland, 1997).

Existem ainda outros compostos que, apesar do seu efeito inibidor, normalmente não estão presentes nos substratos, como os antibióticos, pesticidas, desinfectantes e metais pesados (Malina e Pohland, 1997).

5.4. Cinética e Modelos

A conversão do substrato pelos microrganismos anaeróbios é um processo bastante complexo que exige uma interacção entre a actividade dos microrganismos, os factores ambientais que afectam a viabilidade do processo e a eficiência de utilização do substrato. Neste sentido foram desenvolvidos vários modelos que descrevem os efeitos do substrato limitante, dos nutrientes essenciais e/ou das condições ambientais para o crescimento microbiano,

nomeadamente o modelo de cinética de Primeira - Ordem, Monod, Grau e t al., Contois, e Chen e Hashimoto (tabela 1) (Malina e Pohland, 1997).

Tabela 1 – Modelos cinéticos de Digestão Anaeróbia (Malina e Pohland, 1997)

Primeira Ordem	$\mu = \frac{kS}{S_0 - S} - b$	$-\frac{dS}{dt} = kS$	$S = \frac{S_0}{1 + k\theta_c}$
Monod (1949)	$\mu = \frac{\mu_{\max} S}{K_s + S} - b$	$-\frac{dS}{dt} = \frac{\mu_{\max} XS}{Y(K_s + S)}$	$S = \frac{K_s(1 + b\theta_c)}{\theta_c(\mu_{\max} - b) - 1}$
Grau et al. (1975)	$\mu = \frac{\mu_{\max} S}{S_0} - b$	$-\frac{dS}{dt} = \frac{\mu_{\max} XS}{YS_0}$	$S = \frac{S_0(1 + b\theta_c)}{\mu_{\max}\theta_c}$
Contois (1959)	$\mu = \frac{\mu_{\max} S}{BX + S} - b$	$-\frac{dS}{dt} = \frac{\mu_{\max} XS}{Y(BX + S)}$	$S = \frac{BYS_0(1 + b\theta_c)}{BY(1 + b\theta_c) + \theta_c(\mu_{\max} - b) - 1}$
Chen e Hashimoto (1978)	$\mu = \frac{\mu_{\max} S}{KS_0 + (1 - K)S} - b$	$-\frac{dS}{dt} = \frac{\mu_{\max} XS}{KX + YS}$	$S = \frac{KS_0(1 + b\theta_c)}{(K - 1)(1 + b\theta_c) + \mu_{\max}\theta_c}$

Frequentemente, nestes modelos assume-se mistura perfeita (RPA), estado estacionário e recirculação da biomassa. Desta forma, a concentração de microrganismos no reactor pode ser expressa pela seguinte equação:

$$X = \frac{\theta_c}{\theta} \frac{Y(S_0 - S)}{1 + b\theta_c} \quad \text{Eq.1}$$

Em que:

X – Concentração de microrganismos;

θ - Tempo de retenção Hidráulico;

θ_c - Tempo de residência médio das células;

Y – Rendimento biológico (g MVS produzida/ g CQO removida);

S_0 e S – Concentrações de substrato limitante à entrada e saída do reactor (sistema aberto);

S – concentração de substrato limitante no interior do reactor (sistema fechado)

b – constante cinética de decaimento (g MVS destruída/ g MVS no reactor.d)

Da mesma forma, quando a velocidade de crescimento dos microrganismos, dx/dt , é considerada em relação à concentração de microrganismos,

$$\frac{dx}{dt} = \mu X \quad \text{Eq.2}$$

Então,

$$\mu = \frac{\mu_{\max} S}{K_s + S} - b \quad \text{Eq.3}$$

μ - Velocidade específica de crescimento;

μ_{\max} (ou kY) – velocidade máxima específica de crescimento;

k – velocidade máxima de utilização do substrato por unidade de massa de microrganismos

K_s – constante de meia velocidade (constante de Monod)

5.4.1. Parâmetros cinéticos em digestão anaeróbia mesófila

A tabela 2 apresenta algumas gamas de valores para parâmetros cinéticos de acordo com o tipo de substrato e fase do processo.

Tabela 2 – Parâmetros cinéticos e outros por substrato em digestão anaeróbia mesófila (Malina e Pohland, 1997)

<i>Substrato</i>	<i>Fase do processo</i>	<i>K (gCQO/gMVS.d)</i>	<i>Ks (mgCQO/L)</i>	<i>μ_o (d⁻¹)</i>	<i>a (fMVS/gCQO)</i>	<i>b (d⁻¹)</i>
<i>Hidratos de Carbono</i>	Acidogênese	1,33-70,6	22,2-630	7,2-3,0	0,14-0,17	6,1
<i>Ácidos voláteis de cadeia longa</i>	Oxidação anaeróbia	0,77-6,67	105-3180	0,085-0,55	0,04-0,11	0,01-0,015
<i>Ácidos Voláteis de cadeia curta (excepto acetato)</i>	Oxidação anaeróbia	6,2-17,1	12-500	0,13-1,20	0,025-0,047	0,01-0,027
<i>Acetato</i>	Metanogênese acetoclástica	2,6-11,6	11-421	0,08-0,7	0,01-0,054	0,004-0,037
<i>H₂/CO₂</i>	Metanogênese	1,92-90	4,8x10 ⁻⁵ -0,60	0,05-4,07	0,017-0,045	0,088

A tabela 3 apresenta alguns parâmetros cinéticos representativos de culturas anaeróbias, determinados a 35°C.

Tabela 3 – Parâmetros cinéticos de bactérias anaeróbias (Malina e Pohland, 1997)

Processo	K (gCQO/gMVS.d)	a (fMVS/gCQO)	K_s (mgCQO/L)	μ_o (d ⁻¹)
Acidogénese	13	0,15	200	2
Metanogénese	13	0,03	50	0,4
Global	2	0,18	-	0,4

5.5. Produtos da Digestão Anaeróbia

Como já referido anteriormente, a digestão anaeróbia tem como subprodutos o biogás e o produto digerido que podem ser valorizáveis. O esquema a seguir representado pela figura 7 identifica os principais subprodutos obtidos e as suas possíveis utilizações:

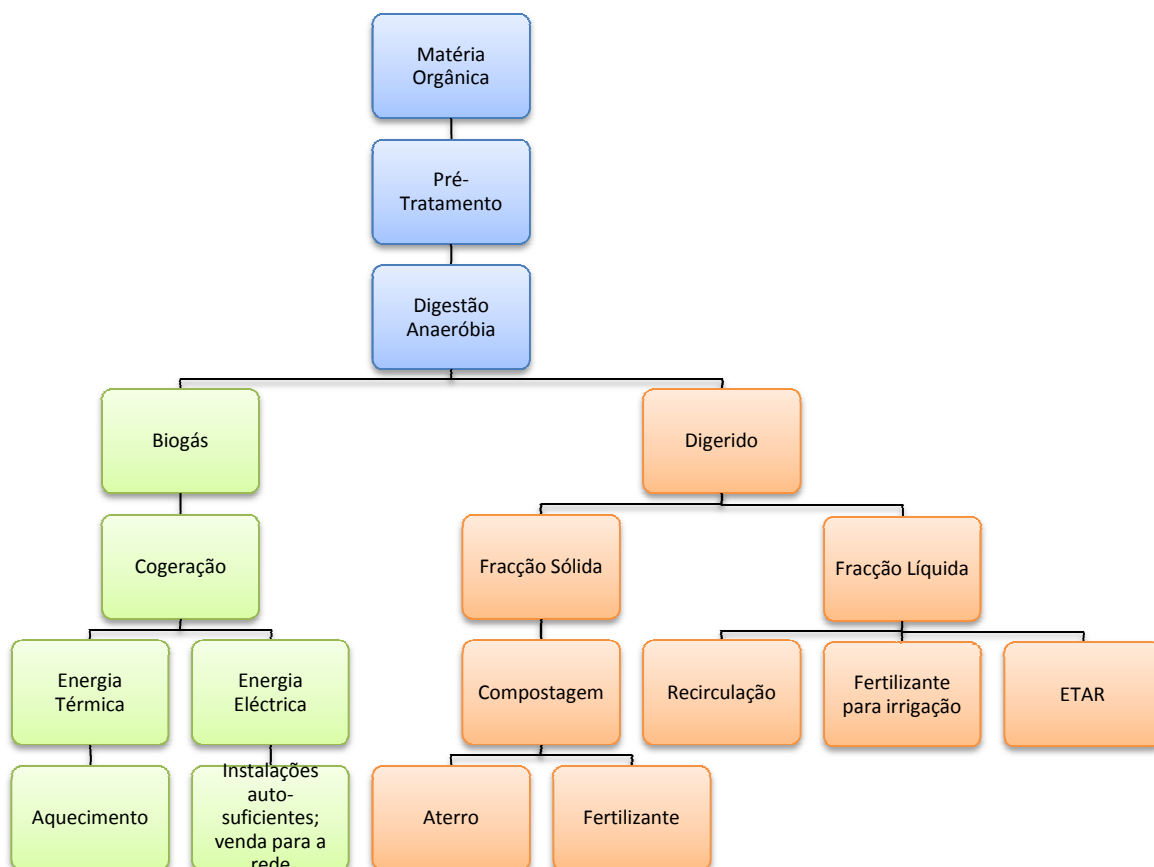


Figura 7 – Subprodutos e suas utilizações resultantes do processo de digestão anaeróbia (Energia, s/a)

5.5.1. Digerido

Após a digestão anaeróbia, se o produto obtido cumprir as normas ambientais de aplicação no solo, este pode ser directamente aplicado nos solos das explorações agrícolas. Contudo, pode ser do interesse do mercado fazer uma separação de fases, através, por exemplo, de uma prensa mecânica, no qual se obtém um produto sólido (designado por fibra) e um líquido clarificado.

Em relação à fibra, esta apresenta normalmente um teor de nutrientes mais reduzido que o líquido clarificado e pode ser utilizado como condicionador de solos, substrato no tratamento por compostagem e se não cumprir as especificidades exigidas para estas utilizações deverá ir para aterro. Quanto ao líquido clarificado, este pode ser utilizado no próprio processo de digestão anaeróbia para aumentar o teor de humidade do substrato a tratar através de recirculação, mas pode também ser utilizado como fertilizante líquido uma vez que pode conter cerca de 80% do valor fertilizante do substrato inicial. A fracção líquida é normalmente mais fácil de ser manipulada tanto na operação de tanques e cisternas como na operação do equipamento de irrigação para espalhamento nos solos agrícolas. (Pereira, 2005).

Caso não haja interesse do mercado em valorizar o composto obtido, este terá de ser encaminhado para uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Contudo, o composto produzido apresenta, normalmente, um elevado teor de sólidos suspensos totais (SST) que pode ultrapassar os limites admissíveis das ETAR. Neste caso, pode também ser necessário fazer uma separação de fases e que a fase líquida poderá ser encaminhada para a ETAR e a parte sólida resultante poderá ir para aterro.

5.5.2. Biogás

O biogás produzido a partir de digestores anaeróbios consiste, fundamentalmente, em 60-70% de CH_4 , 30-40% de CO_2 e menos de 1% de sulfureto de hidrogénio (H_2S). Além destes compostos, podem existir, em quantidades vestigiais, elementos como o azoto, o hidrogénio, o oxigénio, entre outros. (Walsh et al. 1988)

Em geral, o potencial pode ser estimado através da concentração de sólidos voláteis à entrada e a sua percentagem de redução durante o processo. A velocidade de produção do gás pode variar com o teor de sólidos voláteis do substrato e o nível da actividade biológica no digestor.

A utilização do biogás como uma fonte eficiente de energia depende significativamente da sua concentração em metano. Este gás apresenta propriedades semelhantes ao gás natural, não

apresenta cheiro e é altamente inflamável. Comparado com os combustíveis fósseis, a combustão do metano apresenta a vantagem de produzir uma menor quantidade de CO₂ e não gera enxofre nem dióxidos de enxofre. A principal limitação da utilização deste composto como combustível é a sua dificuldade em ser liquefeito, o que leva a um problema ao nível do transporte (Macias-Corral et al. 2007). Apesar da sua dificuldade de liquefacção, o biogás pode ser utilizado como substituto do gás natural ou convertido em combustível para ser utilizado em veículos. Contudo, normalmente, é utilizado como combustível em caldeiras para a produção de calor (aquecimento de água ou geração de vapor) ou então em geradores que combinam a produção de calor e de electricidade (co-geração) (DEFRA, 2007).

5.6. Tratamento de Purificação do Biogás

O tipo de tratamento do biogás a aplicar para a sua purificação depende da sua composição. Este apresenta, tipicamente, um baixo poder calorífico devido à diluição do metano com o dióxido de carbono, o azoto e, possivelmente, o oxigénio. O biogás pode conter ainda água e sulfureto de hidrogénio que pode ter um efeito corrosivo (Walsh et al. 1988). Desta forma, o primeiro objectivo do tratamento de purificação do biogás deve ser a remoção das substâncias corrosivas (sulfureto de hidrogénio e água) e as que afectam o poder calorífico do gás (dióxido de carbono e azoto).

Em relação ao sulfureto de hidrogénio este é corrosivo e liberta maus odores. Este pode ser removido do biogás através da injeção de 2 a 6% de volume de ar no reservatório do biogás, dependendo da concentração em H₂S, da adição de cloreto de ferro, da depuração a seco com óxidos de ferro ou então através de carvão activado (ATTRA, 2006).

As reacções químicas envolvidas na remoção de ácido sulfídrico com óxidos de ferro são as seguintes:

Reacções de purificação:



Reacções de Regeneração com Ar:



Reacção global



A forma mais económica para a remoção de ácido sulfídrico com óxido de ferro é através da utilização de limalha de ferro oxidada ou então uma alternativa mais eficaz, é a utilização de pellets, granulados de argila porosa ou lascas de madeira impregnadas com solução de óxido de ferro. (CCE, 2000)

O dióxido de carbono pode ser removido por lavagem com água que permite também a remoção do H₂S onde estes gases ficam retidos na coluna de lavagem por dissolução; por lavagem com polietileno glicol (Selexol) que permite uma maior economia de reagentes e energia para bombagem em relação ao anterior; por crivos moleculares em carbono mais selectivos; ou por separação por membranas também mais selectivos. (CCE, 2000)

Em relação à humidade esta pode ser removida pelo escoamento do biogás através de uma serpentina refrigerada. (ATTRA, 2006)

5.7. Vantagens e Inconvenientes da Digestão Anaeróbia

Em relação ao processo, em geral, este permite a redução do odor; a redução do potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas; o aumento de receitas provenientes da eventual venda do digerido como fertilizante e da eventual venda do excesso de electricidade produzido à rede eléctrica local; e a redução das emissões de gases com efeito de estufa (Ogejo et al. 2009).

Quanto aos subprodutos produzidos estes poderão ser valorizados. Em relação ao biogás, este pode ser considerado como uma fonte de energia limpa proveniente da biomassa/resíduos e pode ser utilizado como combustível ou então para a produção de calor ou electricidade. A produção de biogás em áreas urbanas poderá ser uma boa alternativa de gestão dos resíduos sólidos que de outra forma seriam depositados em aterro (Neves et al. 2009). Em relação ao

digerido este é rico em nutrientes como o azoto, fósforo, potássio, enxofre, etc. Caso não contenha microrganismos patogénicos e poluentes orgânicos, este pode ser utilizado como fertilizante biológico para aplicação nos solos (Neves et al. 2009).

Todos os problemas associados a um digestor anaeróbio podem ser minimizados ou removidos completamente se for bem projectado e gerido. Os projectos de digestores anaeróbios envolvem custos operacionais e financeiros significativos e, dessa forma, esta tecnologia terá de ser bem avaliada antes de ser considerada como uma alternativa financeiramente viável. As potenciais emissões de gás, a descarga do efluente do digestor para o ambiente, o movimento de tráfego, ruído, saúde e segurança assim como o impacte visual são potenciais problemas associados a esta tecnologia (Ogejo et al. 2009).

Uma vez que a digestão anaeróbia é um processo lento, são necessários elevados tempos de residência hidráulicos (> 30 dias dependendo do tipo de digestor) e, conseqüentemente, um maior volume do digestor o que introduz maiores custos ao sistema (Neves et al. 2009).

Como já referido anteriormente, o biogás pode ser utilizado directamente como combustível, contudo a presença de humidade, dióxido de carbono e gases corrosivos diminuem drasticamente o tempo de vida e a fiabilidade dos equipamentos envolvidos. Os efeitos de sais de potássio e cloreto, os principais agentes corrosivos, podem ser minimizados através da mistura do biogás com outro combustível ou com a remoção total desses agentes que aumentam significativamente os custos de energia (Neves et al. 2009).

Ainda em relação ao metano presente no biogás este apresenta um grande impacto como GEE (é 21 vezes superior ao CO₂), desta forma deve ser gerido e armazenado cuidadosamente de forma a evitar qualquer fuga para a atmosfera (Neves et al. 2009).

5.8. Tipos de digestores

O digestor é a estrutura física onde ocorre a digestão anaeróbia e deve ser optimizado de forma a que as bactérias anaeróbias decomponham e tratem os resíduos para a produção de biogás. Os digestores são cobertos por uma capa impermeável para não deixar entrar o ar e para interceptar a produção de biogás para que possa ser valorizado. A escolha do tipo de digestor depende das características do resíduo a tratar.

5.8.1. Digestor de lagoa coberta

Estas lagoas são usadas para tratar e produzir biogás de efluentes com menos de 3% em sólidos e são o tipo de digestor mais económico. Geralmente, estas lagoas exigem uma elevada área disponível uma vez que apresentam um elevado volume. O volume típico requerido para as lagoas pode ser estimado pela razão entre o fluxo diário de resíduos e o tempo que deverá variar entre 40 a 60 dias. A construção destas lagoas é compatível com climas quentes uma vez que não são aquecidas artificialmente, contudo podem ser aplicadas em climas mais frios para a recuperação sazonal de biogás e para o controlo de odores (EPA, 2007). Estas lagoas são cobertas por um material flexível ou flutuante que se ajusta ao biogás produzido (PSU, 2009) e que depois é extraído através de um tubo de sucção para posterior utilização. A figura 8 apresenta uma representação esquemática deste tipo de tecnologia.

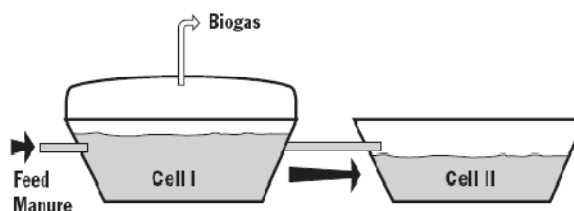


Figura 8 – Esquema de um sistema de lagunagem com duas células (Ogejo et al. 2009)

5.8.2. Digestor de mistura completa

Estes digestores, representados esquematicamente na figura 9, são os mais utilizados e consistem, fundamentalmente, num tanque circular isolado acima ou abaixo do solo e construído em betão armado, aço ou fibra de vidro (PSU, 2009). O substrato a alimentar o digestor é misturado com o conteúdo activo no digestor através de um agitador que também auxilia no maior contacto entre o substrato e os microrganismos (CCE, 2000).

Esta tecnologia envolve maiores custos na construção, operação e manutenção mas são mais adequados para uma elevada quantidade de resíduos com concentrações de sólidos entre 3 a 10%. Estas estruturas ocupam um menor espaço relativamente aos anteriores e requerem aquecimento artificial (EPA, 2007), através da recirculação de água quente e agitação através de um equipamento mecânico ou pela recirculação do digerido ou do biogás. O tempo de retenção varia, normalmente, entre 10 e 20 dias (PSU, 2009) e podem operar a temperaturas na gama mesófila ou termófila.

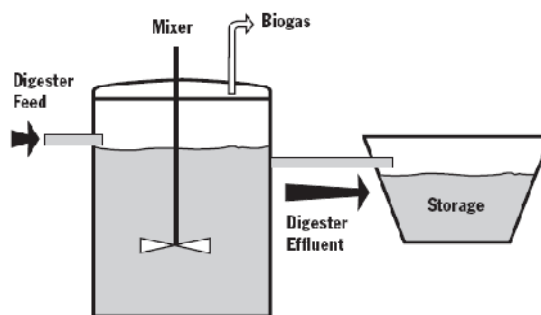


Figura 9 – Esquema de um reator de mistura completa (Ogejo et al. 2009)

5.8.3. Digestor de escoamento - pistão

Este digestor consiste em estruturas retangulares (figura 10) aquecidas artificialmente que tratam resíduos com uma concentração de sólidos entre 11 e 13% (EPA, 2007); a sua manutenção é reduzida. Estes digestores podem operar na gama mesófila e termófila e o seu tempo de retenção pode variar entre 15 e 20 dias (PSU, 2009).

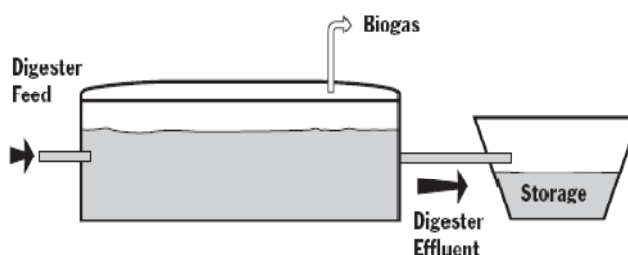


Figura 10 – Esquema típico de um sistema com digestor de escoamento-pistão (Ogejo et al. 2009)

5.8.4. Digestor de filme-fixo

Este tipo de digestor é constituído por um suporte onde se fixam microrganismos que formam películas finas, denominadas por biofilme. Ao contrário do outro tipo de digestores, estes microrganismos permanecem no digestor mesmo quando este é descarregado. Estes digestores são de pequenas dimensões e os tempos de retenção são curtos, 3 a 5 dias e podem tratar resíduos com menos de 3% de sólidos. Tal como nas lagoas anaeróbias cobertas têm uma melhor aplicação em efluentes mais diluídos. Em relação à temperatura estes digestores podem operar à temperatura ambiente em climas quentes mas normalmente são aquecidos até às gamas mesófila ou termófila (PSU, 2009). A figura 11 apresenta um esquema deste tipo de digestor.

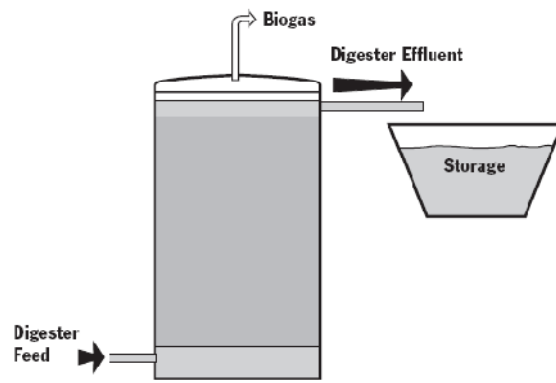


Figura 11 – Esquema de um digester de filme-fixo (Ogejo et al. 2009)

6. Sistemas Individuais e Centralizados de Digestão Anaeróbia

As escalas mais comuns de implementação da digestão anaeróbia correspondem às seguintes situações (ADENE, 2003):

- Instalações individuais, em que os resíduos utilizados provêm da própria instalação e o tratamento é realizado por uma única unidade no próprio local;
- Sistemas centralizados (carácter regional), em que os resíduos provêm de diversas fontes.

6.1.Sistemas Individuais Descentralizados

Nos últimos anos, estes sistemas têm melhorado e verificaram-se desenvolvimentos significativos ao nível de projecto, operação e custos o que perspectiva uma crescente evolução na utilização deste tipo de alternativa.

Em geral, estes sistemas operam em temperaturas mesófilas e tempos de retenção entre 10 e 30 dias, as motivações para o desenvolvimento do projecto são basicamente ambientais onde se tenta tirar algum proveito dos subprodutos obtidos (ADENE, 2003). A figura 12 apresenta um esquema tipo de um sistema individual descentralizado na Dinamarca.

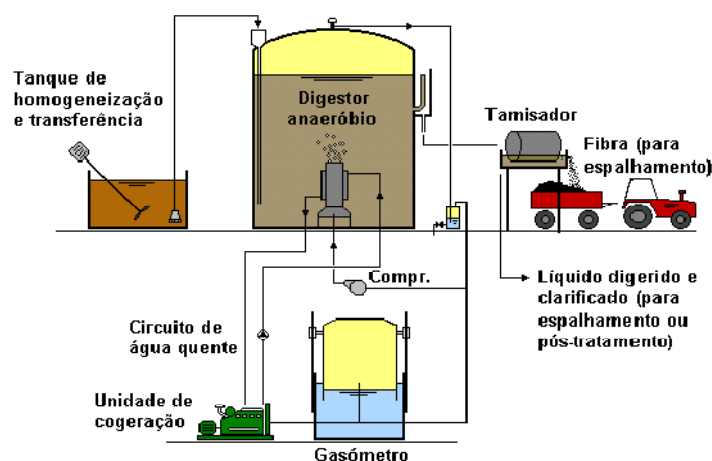


Figura 12- Esquema tipo de um sistema individual descentralizado na Dinamarca (ADENE, 2003)

6.2.Sistemas Colectivos Centralizados

A Dinamarca é dos países europeus onde este tipo de sistemas se encontra mais desenvolvido. Durante a crise do petróleo que se verificou nos anos 70, os agricultores dinamarqueses foram estimulados a investir nesta tecnologia para a obtenção de um recurso energético alternativo ao petróleo. Após esta crise o número de unidades instaladas estabilizou, todavia os 30 anos de pesquisa, experimentação, construção e optimização faz da Dinamarca um dos países de primeira linha em termos de aplicação destes sistemas (Raven e Hjort-Gregersen, 2004).

Além da consciencialização da escassez dos recursos energéticos por parte dos agricultores e governo dinamarquês, em *Raven e Hjort-Gregersen, 2004*, o autor considera vários factores para o sucesso desta tecnologia daquele país. Primeiro, o governo dinamarquês aplicou incentivos para a interacção entre agricultores, investigadores, fornecedores da tecnologia do biogás, operadores das centrais e autoridades públicas, criando uma rede social coesa que promove a troca de experiências entre os vários intervenientes. Segundo, todas as centrais fazem co-digestão dos resíduos, ou seja, combinam a digestão do chorume com a digestão de resíduos orgânicos. Por último, um elemento chave no desenvolvimento das centrais foi a criação de cooperativas de agricultores de 5 a 100 elementos. Estas cooperativas são responsáveis pelo transporte e distribuição para as várias explorações e, nalguns casos, foram construídos locais de armazenamento colectivo dos chorumes que podem ser alugados aos agricultores. Em geral, não é do interesse das cooperativas dinamarquesas ser auto-sustentáveis em termos económicos e apresentar lucros, uma vez que o que pretendem é ajudar os produtores pecuários a gerir os seus resíduos. Desta forma, as cooperativas são financiadas através de subsídios do governo (Raven e Hjort-Gregersen, 2004).

Na Dinamarca, em geral, os agricultores não pagam taxas para o tratamento dos seus resíduos e quanto aos custos de transporte, manutenção e operação da instalação, estes são compensados pelas taxas de recepção dos resíduos orgânicos de outras fontes e pela venda de biogás. Além disto, estas instalações de biogás são beneficiadas pela isenção de impostos e o biogás convertido em energia eléctrica é vendido à rede a um preço superior ao do mercado (Sanna, 2004).

Além das vantagens económicas das centrais de biogás pela venda deste como energia eléctrica, estas instalações permitem ainda a produção de energia limpa, o tratamento eficaz dos resíduos e, nalguns casos, o digerido produzido é aplicado no solo de forma a promover a sua reciclagem natural. Desta forma, é reconhecido a estas centrais o seu papel na redução de

alguns problemas ambientais, nomeadamente nas áreas da Agricultura, reciclagem de resíduos e redução da emissão de gases com efeito de estufa.

Em relação ao apoio governamental, este foi essencial para a implementação das cerca de 20 centrais de biogás existentes na Dinamarca ao nível da criação de um quadro legislativo adequado, programas de desenvolvimento e pesquisa e subsídios ao investimento (Hjort-Gregersen, 2002).

6.2.1. Conceito de instalações centralizadas de biogás

Nestas instalações dinamarquesas, os principais tipos de resíduos utilizados são os provenientes das explorações pecuárias, principalmente, das explorações de bovinos e suínos, mas em geral, são também utilizados cerca de 25% de matéria orgânica proveniente das indústrias alimentares e da fracção orgânica de resíduos sólidos urbanos (Hjort-Gregersen, 2002).

Em relação ao processo, a biomassa é digerida em tanques de digestão anaeróbia, e inclui, normalmente, instalações de higienização para a eliminação de organismos patogénicos. O tempo de digestão varia entre 12 a 25 dias e, findo este tempo, o composto é transportado em veículos da própria central até aos tanques de armazenamento das explorações ou perto dos campos onde serão utilizados como fertilizantes das culturas agrícolas. Eventualmente, há possibilidade de realizar uma separação de fases do produto digerido, em que, como já referido anteriormente, a fracção líquida é mais facilmente transportada e aplicada no solo, o que permite melhorar a distribuição dos nutrientes nos solos. Em relação à fracção sólida este pode ser aplicada com condicionador de solos. O biogás produzido pode ser convertido em calor e em energia eléctrica através de um sistema de cogeração. A energia eléctrica é vendida à rede eléctrica e o calor é vendido através do sistema de aquecimento local, *District Heating*³ (Hjort-Gregersen, 2002). A figura 13 apresenta o conceito esquemático das centrais de digestão anaeróbia na Dinamarca e a figura 14 apresenta um esquema tipo deste tipo de produção.

³ São sistemas que fornecem calor a edifícios a partir de uma unidade central, em que a energia é transportada até aos edifícios através de uma rede subterrânea de tubos de água quente ou vapor.

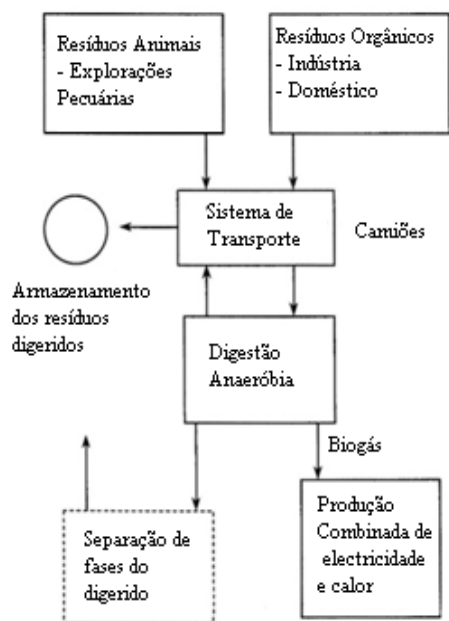


Figura 13 – Conceito das centrais colectivas de biogás na Dinamarca (Hjort-Gregersen, 2002)

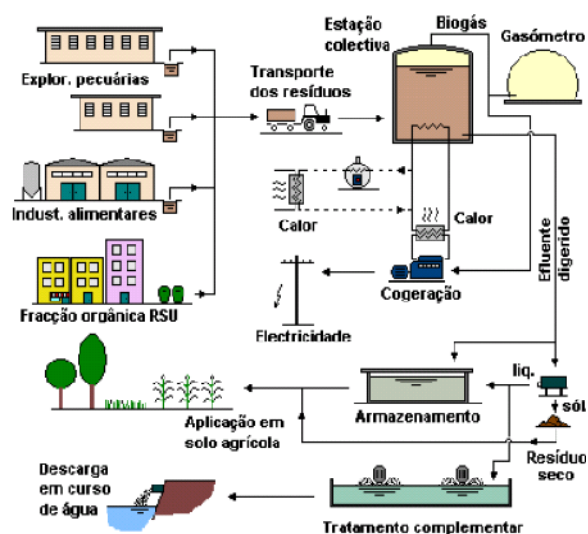


Figura 14 – Esquema típico de uma instalação centralizada de biogás na Dinamarca (ADENE, 2003)

6.2.2. Aspectos técnicos e financeiros das centrais de Biogás na Dinamarca

A tabela 4 apresenta vários aspectos comparativos entre as várias centrais existentes na Dinamarca, com dados que reportam ao ano de 1999. Pela tabela é possível, constatar que a maior central é a *Lintrup* que trata cerca de 547 t/d de biomassa e produz cerca de 5,7 milhões m³/ano de biogás. Em termos de capacidade de tratamento da biomassa e da produção de biogás existem consideráveis variações. Em relação à produção de biogás por tonelada de biomassa esta depende da quantidade e qualidade dos recursos de biomassa disponível. Neste caso, verifica-se que a central mais eficiente é a de *Vegger* com 98 m³ de biogás/t de biomassa. Em termos económicos, a tabela apresenta o custo total dos investimentos realizados e ainda a percentagem de subsídios governamentais ao investimento de cada central.

Tabela 4 – Aspectos técnicos e económicos das centrais de Biogás Dinamarquesas (Seadi, 2000)

	Unidades	Vester Hjermslev	Vegger	Davinde	Sinding - Ørre	Fangel	Ribe	Lintrup	Lemvig	Hodsager	Hashøj	Thorsø	Århus Nord	Filskov	Studsgaard	Blåbjerg	Snertinge	Blåhøj	Nysted
Ano de arranque	-	1984	1986	1988	1988	1989	1990	1990	1992	1993	1994	1994	1995	1995	1996	1996	1996	1997	1998
Volume digestor	m ³	1500	920	750	2250	3750	5235	7200	7600	880	3000	4650	8500	880	6000	5000	3000	1320	5000
Temperatura do processo	m/t (a)	M	t	m	t	m	t	t	t	m	m	t	m	t	t	t	t	t	m
Fornecedores Resíduos Pecuários	-	5	5	6	34	26	69	66	80	6	17	75	70	11	49	49	11	14	36
Biomassa total	t/d	54	59	28	135	143	420	547	437	48	138	261	392	79	266	309	108	87	211
Resíduos Pecuários	t/d	41,0	42,0	25,0	117,0	124,0	352,0	410,0	362,0	42,0	100,0	230,0	346,0	61,0	230,0	222,0	66,0	70,0	180
Outros resíduos	t/d	13,0	17,0	3,0	18,0	19,0	68,0	137,0	75,0	6,0	38,0	31,0	46,0	18,0	36,0	87,0	42,0	17,0	31
% Outras fontes	%	24%	29%	11%	13%	13%	16%	25%	17%	13%	28%	12%	12%	23%	14%	28%	39%	20%	15%
Biogás no total	1000 m ³ /ano	1000	2100	300	2400	2200	4800	5700	5400	700	3000	2900	3800	1300	5700	3100	1600	1400	2600
Produção biogás	m ³ /t	51	98	29	49	42	31	29	34	40	60	30	27	45	59	27	41	44	34
Distância média de transporte	km	1,5	5	5,7	5	6,5	11	7,5	7,5	3	4	7,5	5,5	4	5	5	5	5	7
Investimento	1.000 €	1662	1796	777,2	3511	3390	6070	5842,4	7397	2572,8	2921,2	3899,4	7262,8	3109	7463,8	5909,4	6405,2	4476	5856
Subsídio ao investimento	1.000 €	576,2	388,6	254,6	1193	1340	1729	2251,2	1903	522,6	683,4	844,2	1447,2	335	1862,6	1541	1232,8	924,6	1139
% subsídios	%	35%	22%	33%	34%	40%	28%	39%	26%	20%	23%	22%	20%	11%	25%	26%	19%	21%	19%

(a) m – processo mesófilo; t – processo termófilo

Em geral, quanto maior a capacidade de um digestor anaeróbio, menor o investimento e custos de operação por unidade de resíduos tratados, devido aos efeitos da economia de escala. Por outro lado, quanto maior a capacidade do digestor maior o raio de acção da recolha de resíduos, isto é, os resíduos a tratar são provenientes de fontes mais longínquas o que se traduz em maiores custos de transporte (Sanna, 2004). Assim, é necessário avaliar os custos de investimento de um digestor com maior capacidade e os custos de transporte associados, de forma a concluir se é viável investir numa instalação de maiores dimensões. Na Dinamarca, os sistemas centralizados servem um número limitado de instalações num raio de 1,5 a 11 km, de acordo com a tabela 4.

6.2.3. Oportunidades e Barreiras de mercado

Como já referido, esta tecnologia pode apresentar um grande contributo para atingir as metas governamentais em termos ambientais e energéticos.

Em termos das alterações climáticas, foi estabelecido na convenção para as alterações climáticas e no protocolo de Quito que Portugal poderia aumentar as suas emissões até 27% do valor de referência. Contudo, em 2003 as emissões já tenham aumentado cerca de 40% do valor de referência pelo que é necessário aplicar medidas para evitar o excesso de emissões. (MADRP, 2005). De acordo com a política energética nacional fixaram-se metas para a produção de electricidade a partir do biogás de 50 MW até 2010 (MADRP, 2005).

Além das metas fixadas para a redução das emissões de GEE e para o aumento da produção de electricidade a partir do biogás, o novo regulamento que surgiu sobre o licenciamento das explorações pecuárias (REAP) estabeleceu também normas mais exigentes em termos da capacidade de armazenamento dos chorumes e da aplicação deste nos solos. Neste sentido, esta tecnologia surge como uma ferramenta importante para atingir as metas estabelecidas e as novas normas exigidas. Além destes aspectos, esta tecnologia pode também trazer benefícios ambientais já enunciados neste trabalho e económicos que vão ser descritos no ponto 6.3 relativo à viabilidade dos digestores anaeróbios.

Em relação às barreiras de mercado envolvidas na implementação de uma central de Digestão Anaeróbia, de acordo com (Seadi, 2007), estas prendem-se sobretudo pelos seguintes aspectos:

- Preços de venda de electricidade pouco atractivos mas que pode ser ultrapassado pela existência de tarifas verdes;

- Restrições ao nível da legislação de cada país na utilização de resíduos orgânicos provenientes da indústria para co-digestão, que pode ser ultrapassado pela reformulação dessa legislação à semelhança do que sucedeu na Dinamarca;
- Falta de mercado para a venda de calor através de um sistema *District Heating*. As alternativas poderão ser a utilização do biogás como combustível ou a injeção deste gás na rede de gás natural após o seu tratamento de purificação;
- Barreiras administrativas, legais e de informação devido à complexidade de implementação deste tipo de tratamento que envolve vários decisores e interacção entre vários organismos e autoridades;
- Resistência ao associativismo.

6.3.Viabilidade técnica, económica e social da Instalação de um Digestor Anaeróbio

A viabilidade de implementação de um digestor anaeróbio em termos técnicos e económicos depende da dimensão e complexidade da estrutura e exige um planeamento detalhado do tipo e quantidades de resíduos disponíveis (que, por sua vez, vão ter influência na produção de biogás), da garantia de fornecimento e escoamento dos produtos e da definição da logística e do transporte.

Os custos associados à instalação desta tecnologia são essencialmente ao nível do desenvolvimento do projecto, da construção do digestor e de equipamentos associados, da operação e manutenção. Os custos de desenvolvimento do projecto referem-se às despesas de consultadoria técnica, legal e de planeamento, despesas administrativas e de licenças necessárias. O investimento inicial está associado aos custos das infra-estruturas que é bastante significativo uma vez que exige materiais de elevada qualidade e equipamentos auxiliares. Os custos de operação e manutenção deverão ser substancialmente inferiores aos custos do investimento e referem-se a despesas com recursos humanos, transporte e controlo do processo (Energia, s/a).

Em relação às receitas do processo, como já referido, estas poderão resultar da venda de energia eléctrica, a venda de biogás como combustível ou de energia térmica através de um sistema *District Heating* ou a redução dos custos associados à compra, a venda de composto, a venda de fertilizante líquido e a redução das despesas de deposição dos resíduos noutras unidades de tratamento (Energia, s/a).

6.3.1. Sistema Individual Descentralizado

No caso das boviniculturas, a viabilidade económica de um digestor anaeróbio depende do número de efectivos bovinos, uma vez que quanto maior o número maior a quantidade de resíduos gerados. Desta forma, estudos realizados evidenciam que a aplicação desta tecnologia ao nível de uma exploração, só deverá ser tida em linha de conta em explorações com mais de 500 vacas leiteiras. (EPA, 2007) De acordo com *Soares et al. 2004*, que realizou um estudo sobre a viabilidade económica da digestão anaeróbia em explorações da Beira Litoral e Entre Douro e Minho através do *software FARMWARE*⁴, o limite mínimo de efectivo bovino para tornar viável esta tecnologia é 525 vacas, o que vai de encontro aos resultados obtidos pelos estudos da EPA.

6.3.2. Sistemas Colectivos Centralizados

A viabilidade económica de uma central de Digestão Anaeróbia depende muito da sua localização. Assim, esta poderá ser mais adequada numa região que integre as seguintes características (Seadi, 2007; Ma et al. 2003):

- Produção pecuária intensiva e disponibilidade de um elevado volume de resíduos;
- Região com problemas ambientais associados ao manuseamento e aplicação de resíduos pecuários nos solos, nomeadamente maus odores, eutrofização de ambientes aquáticos, emissões de gases para a atmosfera, entre outros.
- Disponibilidade e acessibilidade de outros tipos de biomassa passível de ser digerida (subprodutos de indústrias alimentares, agricultura, pescas, etc);
- Possibilidade de aplicação de um sistema de co-geração e venda da energia produzida (electricidade e calor);
- Possibilidade de injeção de biogás purificado na rede de gás natural;
- Possibilidade de utilização da biomassa digerida como biofertilizante;
- Distância média de transporte razoável das explorações até à unidade de tratamento;
- Sistemas rodoviários satisfatórios;
- Motivação dos produtores pecuários da região.

Além destas características, de acordo com *Bachewe et al. 2008*, existem ainda outros critérios chave para o sucesso e viabilidade destas centrais, nomeadamente o apoio do sector público às instalações através de subsídios ao investimento, uma boa estimativa dos custos de investimento mas também de transporte uma vez que este constitui um custo considerável ao

⁴ O software AgStar FARMWARE consiste numa ferramenta disponibilizada pela Environmental Protection Agency (EPA) que possibilita um apoio à decisão de instalação de um sistema de reaproveitamento de biogás para aumentar os lucros de uma exploração pecuária de bovinos de leite.

longo do tempo de vida da instalação e acordos de venda de energia e condições de negociação com companhias de electricidade para a venda da energia produzida.

De acordo com o estudo realizado por *Myers e Deisinger, 2006*, o número mínimo de vacas exigido para a instalação de uma central de digestão anaeróbia é de 2000 vacas, num raio de 8 km da central. Este estudo considera ainda a necessidade de fundos ao investimento de cerca de 1/3 a 1/2 dos custos de capital inicial para a viabilidade do projecto.

A avaliação sócio-económica destas instalações permite uma avaliação mais ampla deste sistema ao nível dos aspectos não só económicos mas também agrícolas, ambientais e energéticos, tendo em linha de conta a questão das externalidades. Em termos ambientais, as emissões de GEE, eutrofização das linhas de água, entre outros, são importantes efeitos externos. Desta forma, um dos objectivos da avaliação sócio-económica é quantificar estas externalidades.

Em *Nielsen e Hjort-Gregersen, 2002* é descrita uma metodologia que envolve alguns desses aspectos que consiste fundamentalmente na comparação de vários cenários que têm em consideração a quantificação de externalidades envolvidas em várias actividades de referência implícitas destas instalações com um cenário de referência “business as usual”. Os cenários representam vários níveis de externalidades em que a cada novo nível é adicionado mais externalidades relacionadas com estas instalações, ou seja, esta metodologia estabelece quatro níveis, 0,1,2,3, em que o nível 0 refere-se ao cenário de “business as usual”, não compreende as externalidades, e os restantes vão aumentando o número de efeitos até ao cenário 3 que tem em conta todos os efeitos externos considerados.

7. Situação Energética e Ambiental do Sector Agrícola e Pecuário

7.1.Situação energética

Nas últimas décadas, o crescimento e desenvolvimento económico exponencial e a escassez dos recursos energéticos convencionais, nomeadamente o petróleo, orientou as políticas de cada país para o uso de energias renováveis de forma a assegurar no futuro o fornecimento energético. Esse mesmo crescimento levou também à geração de maiores quantidades de resíduos urbanos, agrícolas e industriais que, actualmente, devem ser considerados como recursos valorizáveis com vista ao desenvolvimento sustentável. A valorização desses resíduos pode passar pela conversão desse desperdício em produtos úteis, como por exemplo o biogás em energia térmica e eléctrica. (ADENE, 2003).

Em 2007, o consumo final de energia no sector agrícola era 261 milhares de Tep (10,9 milhões de GJ). No entanto, desde 2002 que se tem verificado um claro decréscimo do consumo (INE, 2009a). A fonte energética de maior importância é o petróleo, nomeadamente o gasóleo. Contudo esse peso tem vindo a diminuir face a outras fontes (figura 15), como a energia eléctrica que ascendeu de 18% em 2000 para 28% em 2007 (INE, 2009a). Em relação ao consumo de energia por fontes renováveis no sector agrícola, estas ainda não têm uma expressão muito significativa (INE, 2009a). O recurso às energias renováveis pelo sector agrícola traduz-se apenas em algumas situações pontuais, como por exemplo no arranque de motores de bombagem em furos por energia eólica, no aproveitamento da biomassa para a produção de calor no sector da agro-indústria, na produção de biogás para produção de calor e energia eléctrica através dos efluentes pecuários de suiniculturas e na utilização de biomassa (serrim) para o aquecimento de pavilhões de recria de frangos (MADRP, 2005)

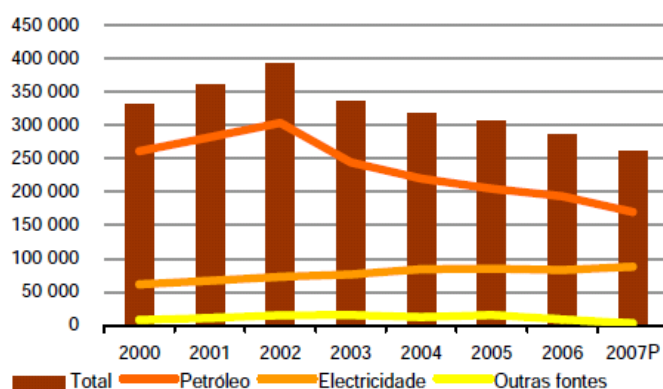


Figura 15 – Consumo final directo de energia no sector agrícola, por fonte energética (Tep) (INE, 2009a)

O consumo de energia pelo sector agrícola representou menos de 2% do consumo final total da economia nacional em 2007 pelo que a sua importância face ao contexto nacional não é muito significativa (INE, 2009a). Neste âmbito, a utilização de energia renovável neste sector não deverá ser fundamental para o cumprimento das metas de utilização deste tipo de energia no contexto nacional.

Contudo, o sector agrícola não surge apenas como consumidor de energia, mas pode também ser uma fonte de energia renovável, nomeadamente através da biomassa vegetal e animal. Assim, é importante determinar o potencial energético desta biomassa que pode ser utilizado nas próprias unidades produtivas individuais permitindo uma redução na sua factura energética ou então pode ser vendida a outras entidades na forma de calor, electricidade ou biocombustível, como já referido anteriormente (MADRP, 2005). O gráfico da figura 16 apresenta a produção de electricidade a partir do biogás de origem estritamente agrícola.

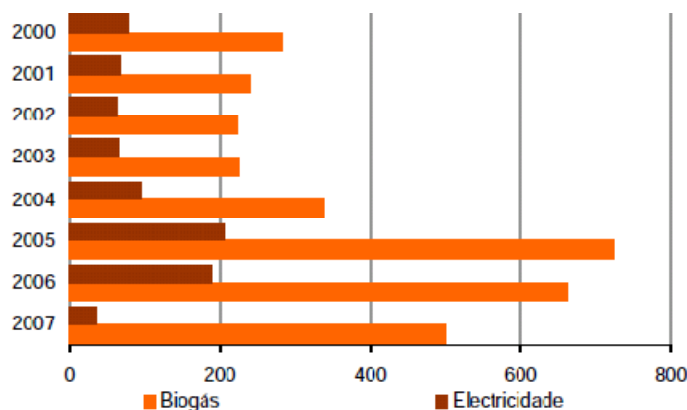


Figura 16 – Consumo de biogás de origem estritamente agrícola para a produção de electricidade em 2007 (Tep)
(INE, 2009a)

7.2.Situação Ambiental

A necessidade crescente da utilização de fontes de energias renováveis surge ao nível das políticas assumidas para as reduções de emissões de gases com efeito de estufa, no âmbito das questões relativas às Alterações Climáticas (ADENE, 2003). Em relação à contribuição do sector agrícola para as emissões de GEE, é possível constatar na figura 17 que, em 2007, este sector foi responsável por cerca 9% das emissões totais (INE, 2009a).

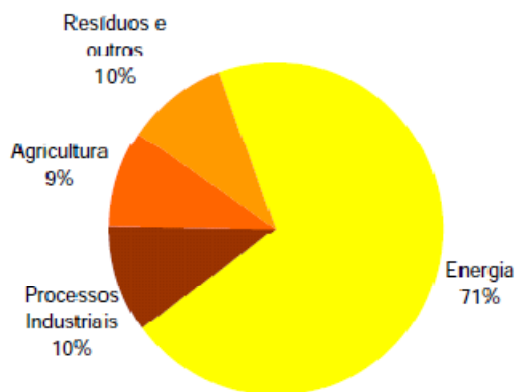


Figura 17 – Emissões de GEE (CH₄, N₂O e CO₂) por sector de actividade, em 2007 (%) (INE, 2009a)

A valorização dos efluentes pecuários além de reduzir a factura energética dos sectores pecuário e agrícola é essencial para a redução do impacto destes resíduos no solo, atmosfera e recursos hídricos (ADENE, 2003).

O impacto deste sector sobre a atmosfera, como já referido anteriormente, surge ao nível da emissão de maus odores e das emissões de GEE que contribuem para o aquecimento global.

No sector agrícola as emissões de GEE são, essencialmente, metano e óxido nitroso. Em relação às emissões de metano estas provêm sobretudo da fermentação entérica durante o processo digestivo dos ruminantes e do manuseamento do estrume como se pode constatar na figura 18. As espécies animais que mais contribuíram, em 2007, para a emissão de metano, de acordo com a figura 19 foram os bovinos com 70% e os ovinos/caprinos com 26% (INE, 2009a). Foi estimado que, em 2007, cerca de 35,5 % das emissões totais de gás metano foram provenientes do sector agrícola (MADRP, 2009).

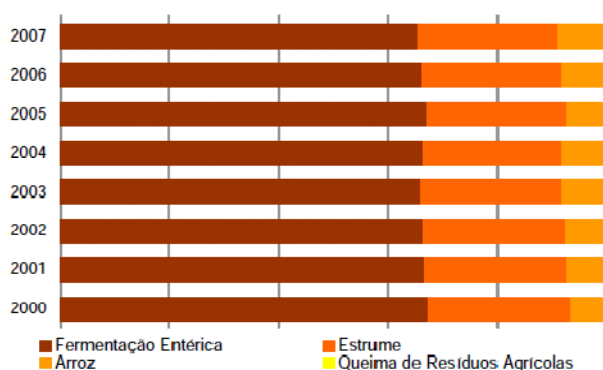


Figura 18 – Emissões de CH₄ por fonte agrícola (%) (INE, 2009a)

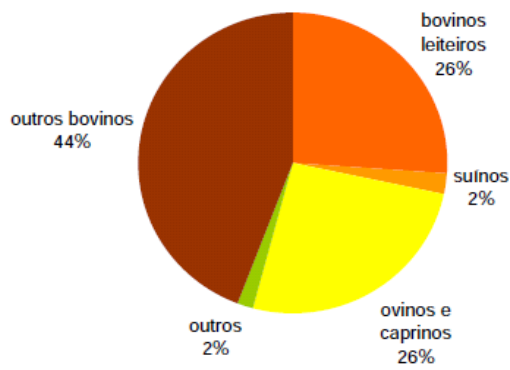


Figura 19 – Emissões de CH₄ devido a fermentação entérica, por espécie animal, em 2007 (%) (INE, 2009a)

Em relação ao óxido nitroso, este resulta essencialmente pela aplicação de adubos azotados e efluentes pecuários no solo (figura 20). Estimou-se ainda que em 2007, 58% das emissões totais deste gás em Portugal, resultaram da actividade agrícola (MADRP, 2009). A avicultura e a bovinicultura deram origem, respectivamente, à emissão de 49% e 30% de óxido nitroso total libertado a partir dos estrumes produzidos pelo sector pecuário, em 2007 (figura 21) (INE, 2009a).

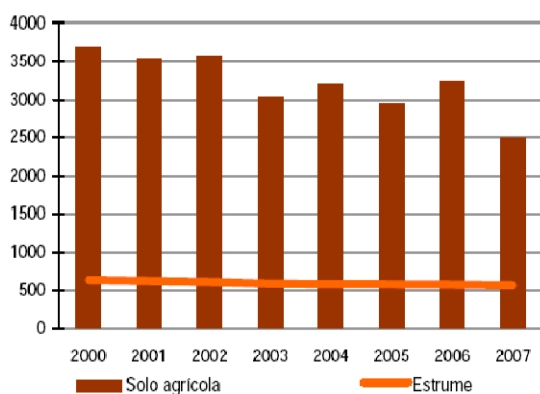


Figura 20 – Emissões de N₂O, por fonte agrícola (kt eq CO₂) (INE, 2009a)

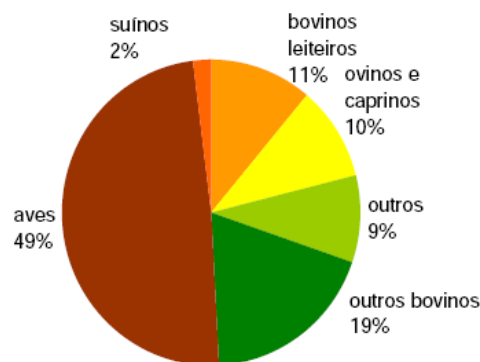


Figura 21 – Distribuição das emissões de N₂O, devidas à produção de estrume, por categoria animal em 2007 (%) (INE, 2009a)

No sector da agricultura e pecuária, o Programa Nacional para as Alterações Climáticas de 2006 (PNAC), de acordo com a Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2006 de 23 de Agosto, apenas considera a Directiva Europeia de Prevenção e Controlo Integrado de Poluição (PCIP), como a única medida em vigor. Dado o carácter ainda muito incerto no que se refere a objectivos concretos e o âmbito de aplicação abrangente, o PNAC 2006 não efectuou a avaliação de impacte em termos de redução de emissões de gases com efeito de estufa nas instalações deste sector.

8. Caracterização do Sector Pecuário na AMP

8.1.Enquadramento Geográfico

A Área Metropolitana do Porto está localizada na zona noroeste de Portugal e é constituída por 16 municípios: Arouca, Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Oliveira de Azeméis, Porto, Póvoa de Varzim, Santa Maria da Feira, Santo Tirso, São João da Madeira, Trofa, Vale de Cambra, Valongo, Vila do Conde e Vila Nova de Gaia, de acordo com a Lei n.º 46/2008 de 27 de Agosto. Esta área está inserida na região agrária do Entre Douro e Minho, como ilustrado na figura 22.

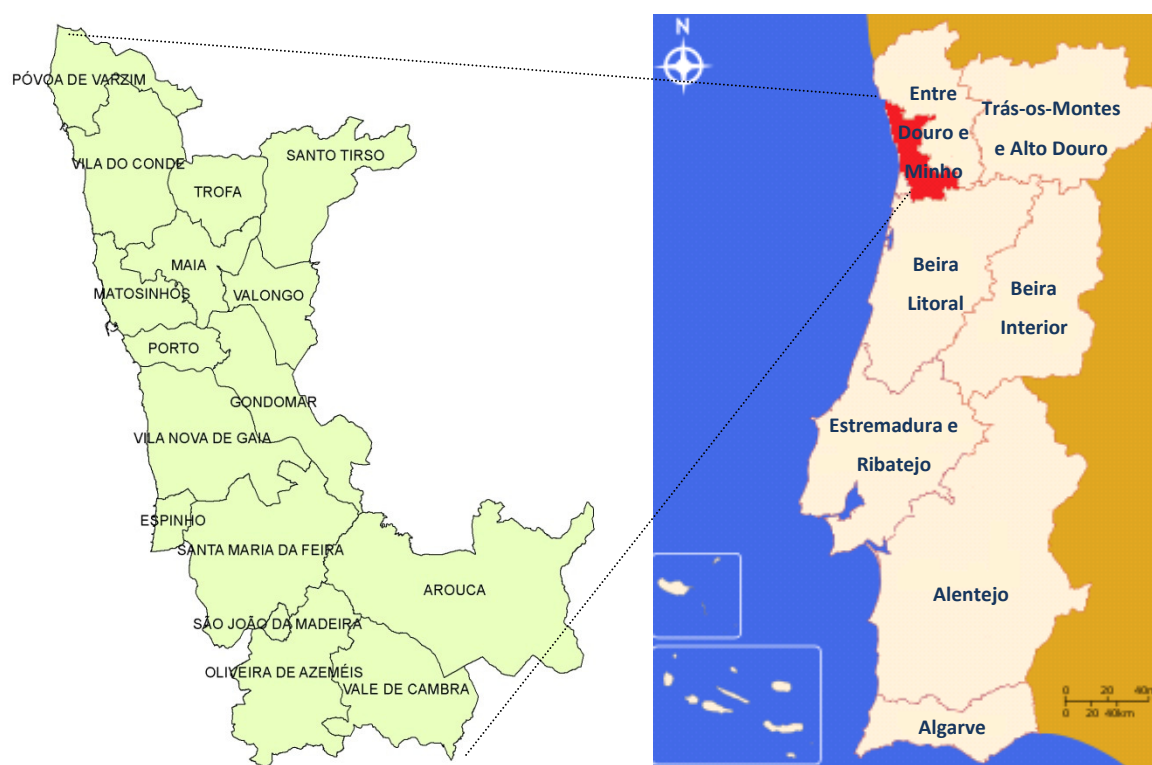


Figura 22 – Área Metropolitana do Porto e sua localização no Entre Douro e Minho e Portugal Continental

8.2.Caracterização da Área Metropolitana do Porto (AMP)

- **Indicadores de Território e Demografia**

A tabela 5 apresenta indicadores de território em termos das áreas de cada concelho da AMP, assim como indicadores de população referentes ao número de habitantes, densidades populacionais e taxas de crescimento em cada concelho no ano de 2008.

8.Caracterização do Sector Pecuário na AMP

Tabela 5 – Indicadores de Território e de população nos concelhos da Área Metropolitana do Porto em 2008 (INE, 2009b)

<i>Concelhos</i>	<i>Área (km2)</i>	<i>Área (%)</i>	<i>População (hab)</i>	<i>Densidade populacional (hab/km²)</i>	<i>Taxa de crescimento efectivo (%)</i>	<i>Taxa de crescimento natural (%)</i>
Santo Tirso	136,6	7,3%	69 920	511,9	-0,72	-0,09
Trofa	71,9	3,8%	40 680	566,0	0,84	0,26
Espinho	21,1	1,1%	29 481	1 400,1	-1,96	-0,09
Gondomar	131,9	7,0%	173 910	1 318,9	0,58	0,23
Maia	83,1	4,4%	140 859	1 694,4	1,89	0,57
Matosinhos	62,2	3,3%	169 261	2 719,5	0,08	0,25
Porto	41,3	2,2%	216 080	5 233,6	-2,61	-0,40
Póvoa de Varzim	82,1	4,4%	66 655	812,4	0,29	0,28
Valongo	75,1	4,0%	97 138	1 293,0	1,49	0,50
Vila do Conde	149,0	7,9%	77 320	519,0	0,35	0,32
Vila Nova de Gaia	168,4	8,9%	312 742	1 857,3	0,85	0,27
Arouca	329,1	17,5%	23 663	71,9	-0,46	0,02
Oliveira de Azeméis	161,1	8,6%	71 210	442,0	-0,16	0,00
Santa Maria da Feira	215,9	11,5%	147 406	682,8	0,72	0,26
São João da Madeira	7,9	0,4%	21 762	2 739,8	0,10	0,16
Vale de Cambra	146,5	7,8%	24 360	166,3	-0,50	-0,18
Total AMP	1 883,1		1 682 447			

8.3.Caracterização do sector pecuário

A região do Entre Douro e Minho apresenta uma área de cerca de 9000 km² (INE, 2009b). Nesta região está inserida a Bacia Leiteira Primária do Entre Douro e Minho que é a maior de Portugal Continental. Esta bacia é constituída por vários municípios, entre os quais Maia, Matosinhos, Póvoa do Varzim, Santo Tirso, Trofa, Vila do Conde e Oliveira de Azeméis que integram também a Área Metropolitana do Porto. (Silva et al. 2007)

A Área Metropolitana do Porto regista fortes dinâmicas populacionais e um elevado desenvolvimento urbano que exerce uma forte pressão sobre os recursos naturais e práticas agrícolas e pecuárias (Silva et al. 2007). Nos últimos anos, verificou-se um aumento da concentração de explorações apesar da diminuição crescente do seu número. Ao mesmo tempo, tem-se verificado um aumento da produtividade animal, do número de animais por exploração e uma melhoria da qualidade do leite produzido.

Esta intensificação resultou da necessidade de resposta à competitividade e aumento da rentabilidade económica com proveitos para as explorações e regiões. Neste sentido, observou-se uma alteração das relações de complementaridade entre a produção vegetal e animal típicas nos sistemas de exploração tradicionais. Contudo, o aumento da densidade pecuária originou também um aumento da produção de efluentes e resíduos que são difíceis de gerir. Além disto, a intensificação conduziu ao uso massivo de fertilizantes e de fitofármacos para alimentação e para a sanidade animal que alteram o equilíbrio natural do ecossistema (Alonso et al. 2007).

Em relação ao tipo de produção pecuária predominante nesta região, observou-se, com base na figura 23, que as boviniculturas apresentam uma maior expressão. Por esta razão, este trabalho centra-se apenas nas explorações de produção de bovinos.

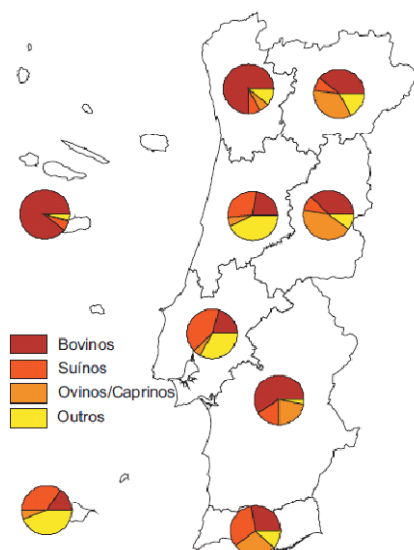


Figura 23 – Representatividade das espécies animais no índice de densidade pecuária em 2007, por região (INE, 2009a)

A região do Entre Douro e Minho destaca-se na produção de leite com cerca de 35% da produção total de leite em Portugal, de acordo com a campanha de 2005/2006 (figura 24) (MADRP, 2007b). Nesta região e, em particular, na Bacia Leiteira Primária verificou-se um crescimento das produções e produtividades das explorações que se encontram numa estrutura bem consolidada através de cooperativas. Desta forma, favorece-se uma boa interligação entre os factores de produção, transformação e ainda com os factores de comercialização de produtos lácteos.

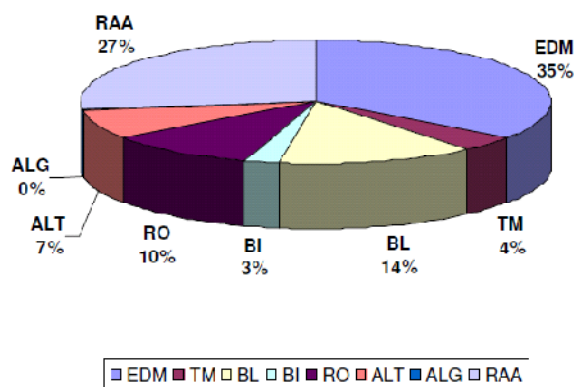


Figura 24 – Distribuição Regional da Produção de Leite (Campanha 2005/2006) (MADRP, 2007b)

A região do EDM, em termos agro-rurais, é caracterizada por uma estrutura agrária minifundiária aliada a uma produção intensiva que se baseia no aumento do encabeçamento das explorações pecuárias, num modelo familiar e policultural das explorações em que a produção vegetal, nomeadamente de milho e azevém, se conjuga com a produção pecuária, e numa elevada concentração das explorações e uma representatividade das explorações leiteiras (Alonso et al. 2007). A estrutura agrária apresenta ainda um carácter disperso, desordenado e, actualmente, densamente povoado resultado da expansão urbana (CACSTT, 2006). Devido ao modelo policultural das explorações é comum nesta região os produtores utilizarem os efluentes produzidos pelos animais como fertilizante para as culturas referidas.

8.3.1. Boviniculturas na AMP

De acordo com os dados fornecidos pela Base de dados do SNIRA/SNIRB⁵ do Serviço de Identificação Animal da Direcção Geral de Veterinária, recolhidos no dia 7 de Abril de 2010, nos concelhos da Área Metropolitana do Porto existem 1117 explorações para a produção de leite e 3829 explorações de carne, albergando um total de aproximadamente, 82 000 e 19 000 bovinos, respectivamente.

Os dados fornecidos apresentavam-se por número de bovinos em cada exploração divididos por sexo, por escalão (< 1 ano; entre 1 e 2 anos e; > 2 anos) e por freguesia. Contudo, através dos dados fornecidos, não era possível distinguir as explorações com aptidão para carne e com aptidão para leite. Assim, após o contacto com várias pessoas das cooperativas, experientes neste sector, foi considerado que todas as explorações que apresentavam um número de fêmeas com mais de 2 anos significativamente superior aos restantes animais seriam

⁵ Base de dados do Sistema Nacional de Informação e Registo Animal/Sistema Nacional de Identificação e Registo de Bovinos

explorações com aptidão para leite e as restantes com aptidão para carne. Neste trabalho, foi considerado ainda que todas as fêmeas com mais de 2 anos seriam leiteiras, uma vez que através dos dados obtidos não era possível distinguir.

Após estas considerações, determinou-se o número de efectivos bovinos e o número de explorações em cada freguesia dos Concelhos da AMP, que se encontra no anexo 2. Com base nestes dados, para determinar a dimensão média das explorações foram agrupados o número de bovinos e o número de explorações de cada freguesia. Como é possível constatar na figura 25, as explorações de bovinos para a produção de leite apresentam uma dimensão consideravelmente superior às explorações para a produção de carne. De acordo com os dados obtidos, a dimensão média das explorações com aptidão para a produção de leite é 73 animais e a dimensão média das explorações com aptidão para a produção de carne é 5 animais.

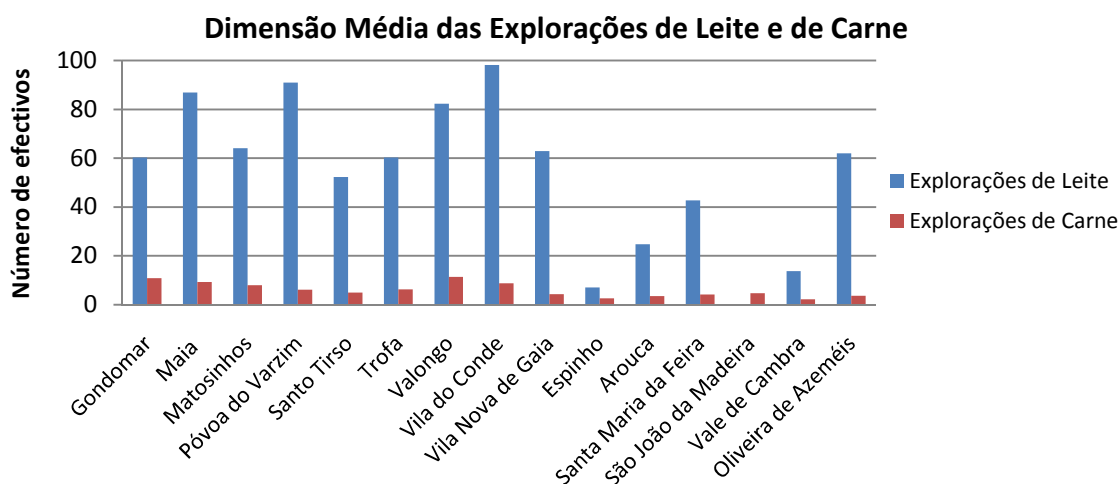


Figura 25 – Dimensão Média das Explorações de Leite e de Carne

Através do gráfico da figura 25 é possível concluir que a dimensão média das explorações para produção de carne é muito reduzida, por exemplo em Vale de Cambra a média é de cerca de 2 bovinos por exploração e os concelhos que apresentam uma maior média com 11 bovinos por exploração são Gondomar e Valongo.

Durante o tratamento de dados, verificou-se que, efectivamente, a maior parte das explorações para a produção de carne era de carácter familiar e eram poucas as explorações de produção de carne com um elevado número de animais. É importante apenas destacar uma exploração de grandes dimensões em Gondomar, na freguesia de Rio Tinto, que tem cerca de 500 animais e é a maior exploração com aptidão para carne desta região. A fraca produção de bovinos de carne, pode-se justificar pela necessidade de elevadas áreas de pastagens, uma vez que este tipo de

produção é realizado, fundamentalmente, em regime extensivo. Contudo, nesta região, a disponibilidade de terras não é muito elevada devido à forte expansão urbanística que exerce grandes pressões sobre este sector.

Em relação às explorações com aptidão para a produção de leite, estas apresentam uma dimensão considerável em termos do número de efectivos por exploração. Este tipo de produção é realizado num regime mais intensivo e recorre, sobretudo, à estabulação permanente ou semi-estabulação. Por esta razão, as necessidades de espaço são significativamente inferiores.

Após esta análise, é possível concluir que, efectivamente, as boviniculturas com aptidão para a produção de leite são o principal tipo de produção na AMP, como se previa pela bibliografia consultada.

8.3.2. Resíduos produzidos nas boviniculturas

Os efluentes pecuários produzidos nas boviniculturas, de acordo com a Lista Europeia de Resíduos (LER) pertencem ao capítulo 02 referente aos resíduos de agricultura, horticultura, aquacultura, silvicultura, caça e pesca, bem como da preparação e do processamento de produtos alimentares e apresentam o código 02 01 06, nos termos do decreto-lei 209/2004 de 3 de Março.

Nas explorações com aptidão para a produção de leite, os resíduos são recolhidos essencialmente sob a forma de chorume, constituído por excrementos, urina e águas de lavagem das áreas impermeabilizadas do estábulo e apresentam, normalmente um teor de matéria seca entre 2 e 12% (ADENE, 2003). Os excrementos podem ser recolhidos através de arraste manual ou mecânico nas áreas impermeabilizadas do estábulo e, juntamente com águas de lavagem dos pavilhões e das salas de ordenha, são acumulados em fossas construídas para o efeito. Após o armazenamento, como já referido anteriormente, é prática corrente a aplicação destes resíduos nos solos agrícolas.

8.3.3. Explorações de Leite na AMP

Com base nas tabelas do anexo 3, foram elaborados os mapas das figuras 26, 27 e 28 que apenas consideram os dados das explorações com aptidão para a produção de leite em cada freguesia da AMP, uma vez que estas apresentam uma maior expressão nesta região. A figura 26 representa um mapa da AMP relativo ao número de fêmeas com mais de 2 anos em cada

freguesia, a figura 27 apresenta a densidade do número de fêmeas com mais de 2 anos em cada freguesia e a figura 28 ilustra o número de explorações com aptidão de leite em cada freguesia.

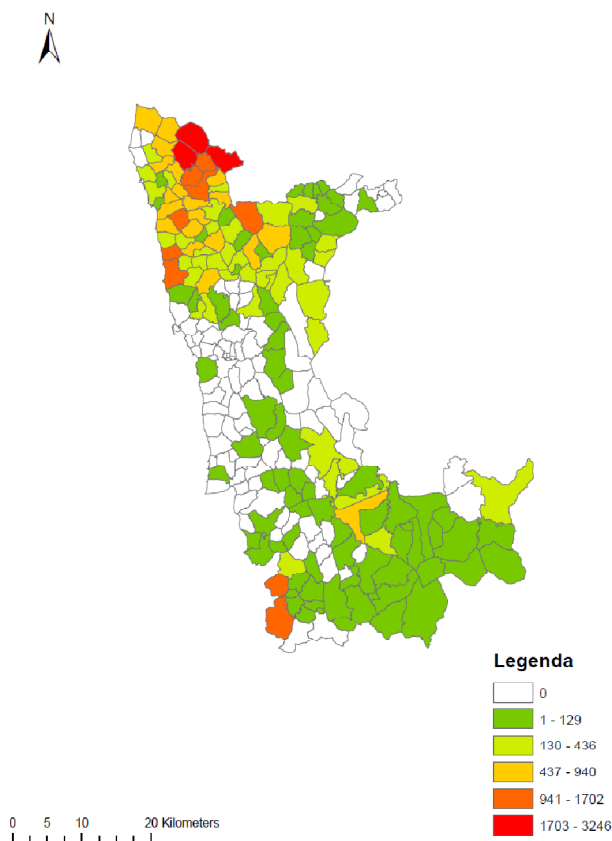


Figura 26 – Número de Fêmeas com mais de 2 anos em Explorações de Leite na AMP

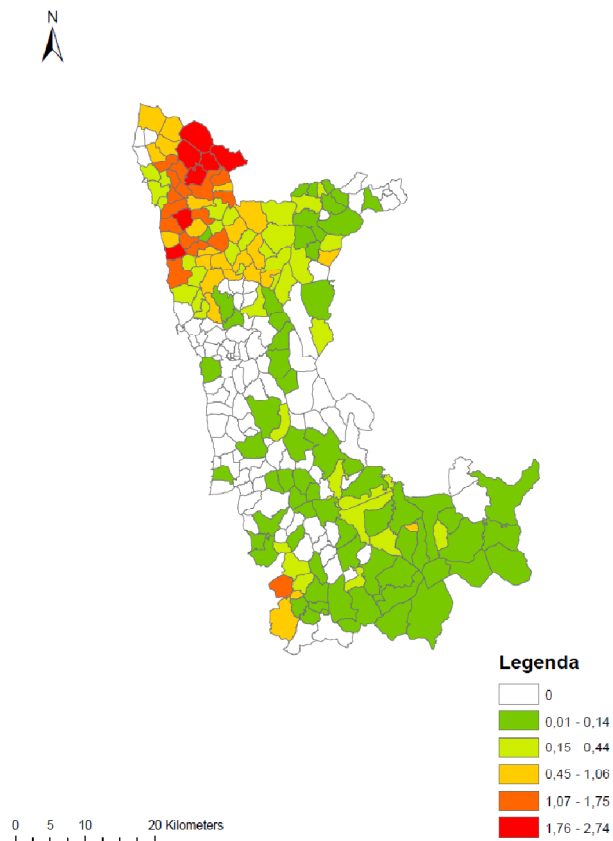


Figura 27 – Número de Fêmeas com mais de 2 anos em Explorações de Leite por hectare de freguesia na AMP

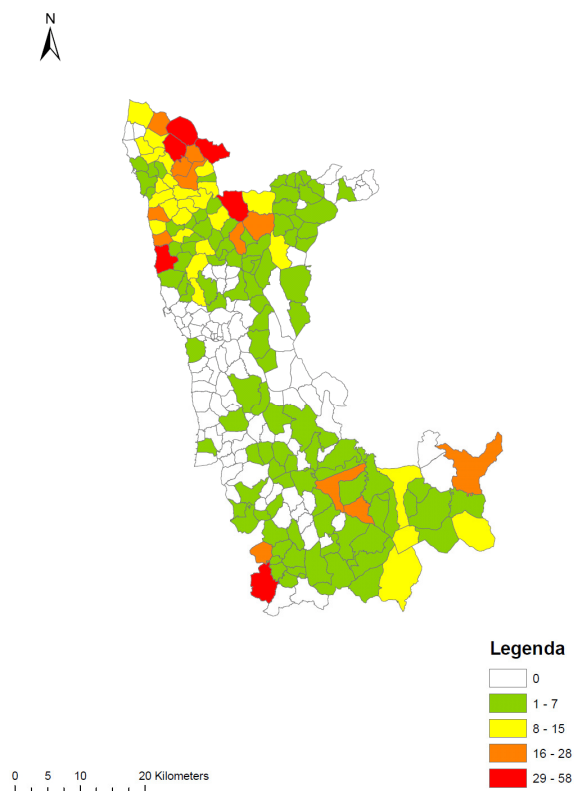


Figura 28 – Número de Explorações de Leite por freguesia na AMP

A análise dos mapas anteriores, permite identificar as zonas da AMP com uma maior concentração animais. Assim, verifica-se que os locais que apresentam um maior número de animais, em termos de freguesias, são Rates e Balazar do Concelho da Póvoa do Varzim, Labruge, Fajozes, Bagunte, Junqueira, Arcos e Rio Mau no concelho de Vila do Conde, Lavra no Concelho de Matosinhos, Santiago de Bougado no Concelho da Trofa e Loureiro e São Martinho de Gândara no Concelho de Oliveira de Azeméis.

Os gráficos das figuras 29 e 30 foram obtidos através das tabelas no anexo 4 e apresentam a distribuição do número de efectivos e a distribuição do número fêmeas com mais de 2 anos por classes nas explorações com aptidão para a produção de leite, respectivamente. A análise destes gráficos permite constatar que nos concelhos com uma maior concentração de animais, as explorações são também de maiores dimensões.

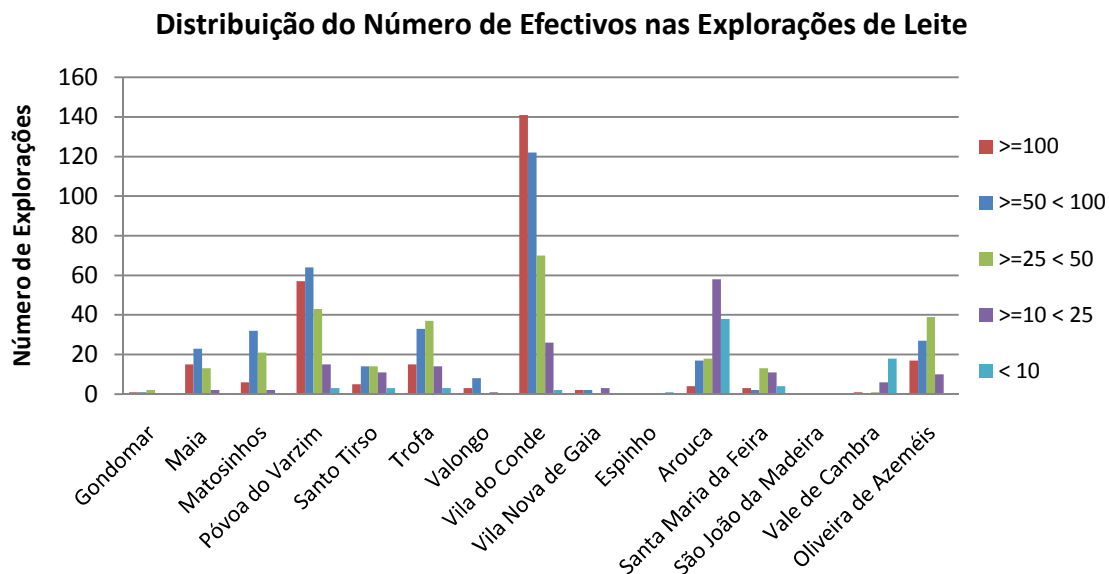


Figura 29 - Distribuição do Número de Efectivos nas Explorações de Leite por Classes

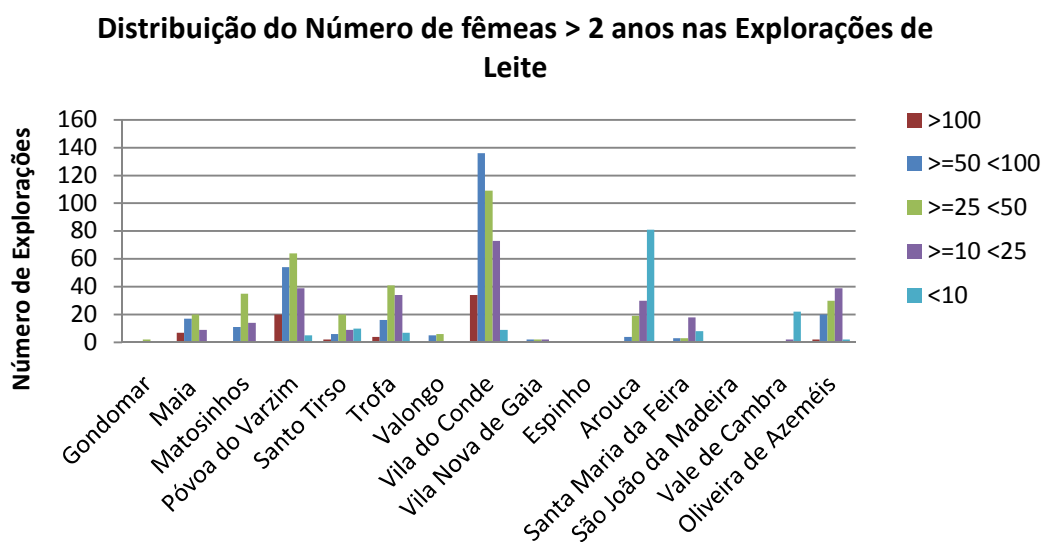


Figura 30 - Distribuição do Número Fêmeas > 2 anos das Explorações de Leite por classes

9. Potencial de Geração de Biogás na AMP

9.1. Metodologia

Para a determinação do potencial de geração de biogás foi utilizada uma metodologia descrita em *Fujino et al. 2005*, que teve como objectivo estimar a quantidade de resíduos produzidos no sector pecuário do Japão, assim como o seu potencial de geração de biogás.

- **Quantidade de resíduos produzidos por escalão**

Para determinar a quantidade de resíduos produzidos em cada concelho por escalão (Q_a) (m^3 chorume/ano) é necessário considerar o número de animais existente por escalão (N_a) (< 1 ano; entre 1 e 2 anos; fêmea >2 anos e; macho > 2 anos) e a taxa de geração de resíduos por escalão (R_a) (m^3 chorume/(animal.ano), de acordo com a equação 4

$$Q_a = N_a \times R_a \quad \text{Eq.4}$$

- **Potencial de Geração de Biogás**

Após a determinação da quantidade de resíduos produzidos (Q_a), para estimar a quantidade de biogás produzido por concelho e por escalão (P_a , m^3 biogás/ano) deve-se considerar um valor de % de matéria seca no resíduo (%MS), um valor de % de sólidos voláteis (%SV) na matéria seca do resíduo e uma taxa de geração de biogás (B) (m^3 biogás/ m^3 SV no resíduo), através equação 5:

$$P_a = Q_a \times \%MS \times \%SV \times B \quad \text{Eq.5}$$

9.2. Resultados e Discussão

- **Quantidade de resíduos produzidos**

O número de efectivos nos concelhos da AMP por escalão está apresentado na tabela 6. É importante esclarecer que, para fazer esta determinação, foi considerado o número total de bovinos das explorações existentes na AMP e não apenas as explorações com aptidão para leite que serão as principais responsáveis pela geração de uma maior concentração de resíduos. Assim, o valor obtido do potencial de biogás será o valor máximo.

Tabela 6 – Número de efectivos bovinos por escalão nos concelhos da AMP

Concelhos	Número de Efectivos bovinos (N_a)			
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos	
			Fêmea	Macho
Gondomar	331	844	255	87
Maia	1 456	1 433	2 883	141
Matosinhos	1 247	1 084	2 438	146
Póvoa do Varzim	4 347	3 238	9 918	114
Santo Tirso	1 037	911	1 746	150
Trofa	1 772	1 521	3 726	105
Valongo	548	551	612	39
Vila do Conde	9 892	6 940	20 624	251
Vila Nova de Gaia	226	236	292	52
Espinho	7	8	8	2
Arouca	1 139	654	2 066	164
Santa Maria da Feira	437	479	467	152
São João da Madeira	34	18	14	9
Vale de Cambra	646	193	717	61
Oliveira de Azeméis	1 216	906	1 885	42

Em relação à taxa de geração de resíduos (R_a), foi consultada a tabela do anexo II do Código de Boas Práticas Agrícolas de 2009 (CBPA, 2009). Neste trabalho, considerou-se que o efluente pecuário era recolhido sob a forma de chorume e que todas as fêmeas com mais de 2 anos seriam vacas leiteiras. Em relação aos restantes escalões, foi considerado que seriam bovinos para recría. Os valores de R_a estão indicados na tabela 7.

Tabela 7 – Valores considerados para estimar o potencial de biogás das explorações de bovinicultura na AMP

Escalões	R_a (m^3 chorume/ animal/ano) (CBPA, 2009)	%MS (CBPA, 2009)	%SV (Fujino et al. 2005)	B (m^3 biogás/ t SV no resíduo) (Fujino et al. 2005)
< 1 ano	5,5	9	87	250
1 - 2 anos	8	9	87	250
Macho > 2 anos	11	9	87	250
Fêmea > 2 anos	23	9	87	250

A quantidade de chorume produzido em cada concelho resultado da aplicação da equação 4 está representada na tabela 8.

Tabela 8 – Quantidade de chorume produzido por escalões de bovinos em cada concelho da AMP

Concelhos	Quantidade de resíduos produzidos por escalões (m ³ /ano)				Total Concelho
	<1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		
			Fêmea	Macho	
Gondomar	1 820,5	6 752	5 865	957	15 394,5
Maia	8 008	11 464	66 309	1 551	87 332
Matosinhos	6 858,5	8 672	56 074	1 606	73 210,5
Póvoa de Varzim	23 908,5	25 904	228 114	1 254	279 180,5
Santo Tirso	5 703,5	7 288	40 158	1 650	54 799,5
Trofa	9 746	12 168	85 698	1 155	108 767
Valongo	3 014	4 408	14 076	429	21 927
Vila do Conde	54 406	55 520	474 352	2 761	587 039
Vila Nova de Gaia	1 243	1 888	6 716	572	10 419
Espinho	38,5	64	184	22	308,5
Arouca	6 264,5	5 232	47 518	1 804	60 818,5
Santa Maria da Feira	2 403,5	3 832	10 741	1 672	18 648,5
São João da Madeira	187	144	322	99	752
Vale de Cambra	3 553	1 544	16 491	671	22 259
Oliveira de Azeméis	6 688	7 248	43 355	462	57 753
Total Escalão	133 842,5	152 128	1 095 973	16 665	1 398 608,5

- **Potencial de Geração de Biogás**

Para a determinação do potencial de geração de biogás, considerou-se o valor de %MS obtido da tabela do anexo II do Código de Boas Práticas Agrícolas de 2009 e os valores de %SV e B, foram extraídos de *Fujino et al. 2005*. Estes valores estão indicados na tabela 7.

Através da aplicação da equação 5 resultou o potencial de biogás em m³ de chorume por ano. Para determinar o potencial energético de biogás em GJ/ano foi necessário estipular um teor de metano (%) e o valor do poder calorífico correspondente. Neste caso utilizou-se um teor em metano de 60% e um poder calorífico de 39,7 MJ/m³, de acordo com *Fujino et al. 2005*. Normalmente, o biogás é sujeito a um processo de co-geração para a obtenção de calor (GJ/ano) e de energia eléctrica (KWh). Assim, ainda de acordo com o mesmo autor, este considerou uma eficiência de conversão em calor de 45% e uma eficiência de conversão em energia eléctrica de 25%. Os resultados obtidos estão indicados na tabela 9.

Tabela 9 – Resultados obtidos para o potencial de geração de biogás, o potencial energético e os potenciais de conversão calorífica e energético, se se considerar um sistema de co-geração

<i>Concelhos</i>	<i>Quantidade chorume (Q_a) (m³/ano)</i>	<i>Potencial geração biogás (P_a) (10³ m³/ano)</i>	<i>Potencial energético (GJ/ano)</i>	<i>Potencial calorífico (GJ/ano)</i>	<i>Potencial eléctrico⁶ (MWh)</i>
Gondomar	15 394,5	301,3	7 178,1	3 230,1	498,5
Maia	87 332,0	1 709,5	40 720,9	18 324,4	2 828,1
Matosinhos	73 210,5	1 433,1	34 136,3	15 361,4	2 370,8
Póvoa de Varzim	279 180,5	5 465,0	130 175,3	58 578,9	9 040,7
Santo Tirso	54 799,5	1 072,7	25 551,7	11 498,3	1 774,6
Trofa	108 767,0	2 129,1	50 715,5	22 822,0	3 522,2
Valongo	21 927,0	429,2	10 224,0	4 600,8	710,1
Vila do Conde	587 039,0	11 491,3	273 722,5	123 175,1	19 010,0
Vila Nova de Gaia	10 419,0	204,0	4 858,1	2 186,2	337,4
Espinho	308,5	6,0	143,8	64,7	10,0
Arouca	60 818,5	1 190,5	28 358,2	12 761,2	1 969,5
Santa Maria da Feira	18 648,5	365,0	8 695,4	3 912,9	603,9
São João da Madeira	752,0	14,7	350,6	157,8	24,4
Vale de Cambra	22 259,0	435,7	10 378,8	4 670,5	720,8
Oliveira de Azeméis	57 753,0	1 130,5	26 928,9	12 118,0	1 870,2
Total	1 398 608,5	27 377,8	632 138,3	293 462,2	45 291,0

Da análise destes resultados, verificou-se que o potencial máximo de geração de biogás, por ano, é cerca de 27 milhões de m³ e, ao considerar o sistema de co-geração, resulta em 293 TJ de potencial calorífico e 45 GWh de potencial eléctrico. Os concelhos com maior potencial de biogás são Vila do Conde, Póvoa de Varzim, Trofa, Maia e Matosinhos.

Neste trabalho, foi calculado ainda o potencial de geração de biogás, por freguesia, que se encontra no anexo 5. Com base nestes resultados, foram elaborados os mapas das figuras 31, 32, 33 e 34.

⁶ Para a conversão, considerei que 1J equivale a 2,778x10⁻⁷kwh

9. Potencial de Geração de Biogás na AMP

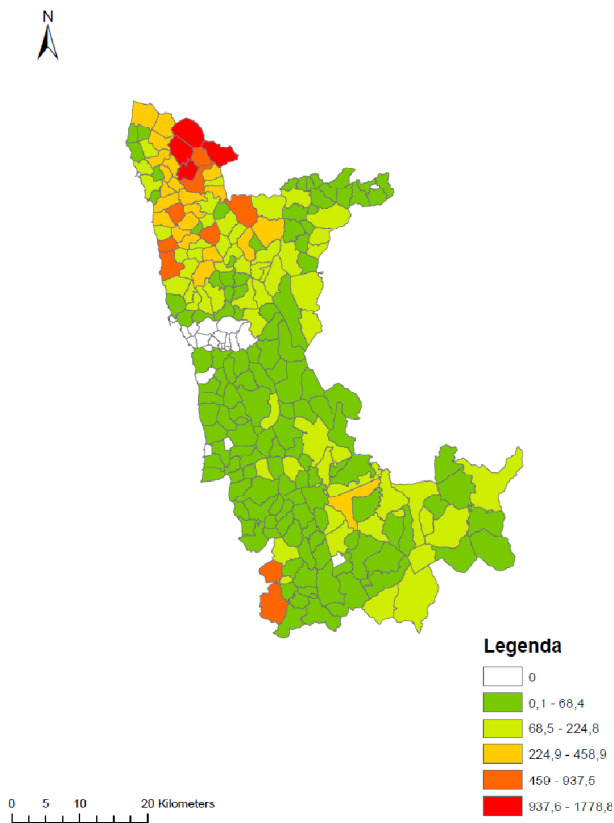


Figura 31 – Potencial de Biogás em m³ em cada freguesia da AMP

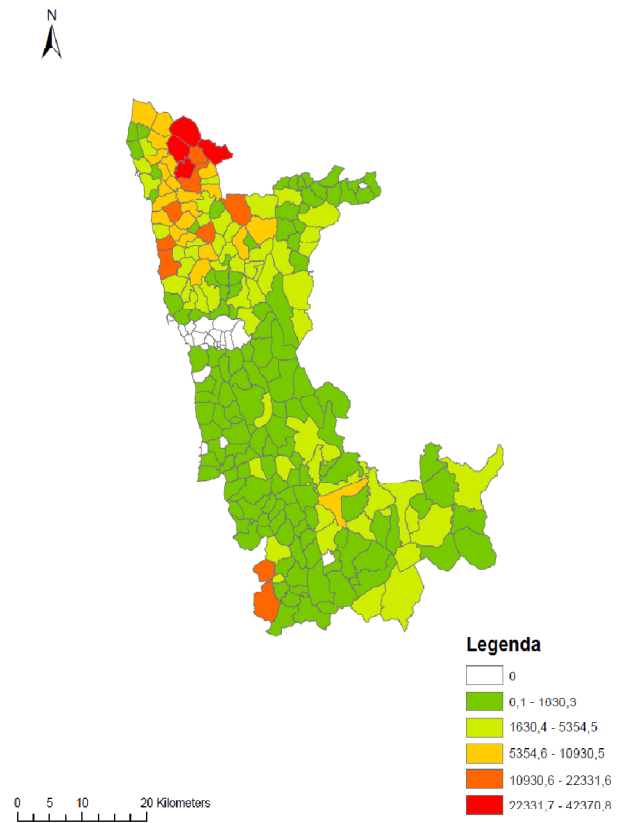


Figura 32 – Potencial de Biogás em GJ em cada freguesia da AMP

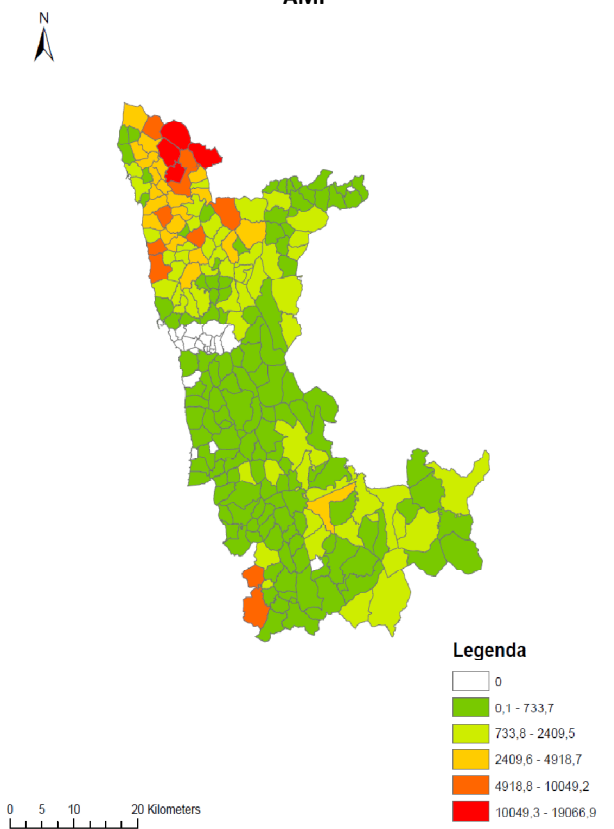


Figura 33 – Potencial de Geração de Calor a partir do biogás em GJ em cada freguesia da AMP

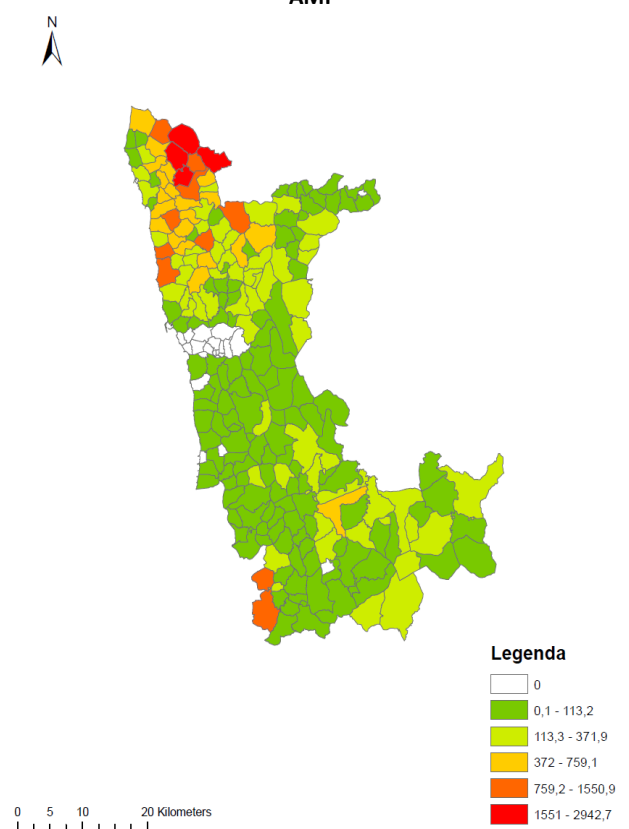


Figura 34 – Potencial de Geração de Electricidade a partir do biogás em KWh em cada freguesia da AMP

Através das tabelas do anexo 5 e dos mapas das figuras 31, 32, 33 e 34, verificou-se que as freguesias com um maior potencial de geração de biogás eram Lavra no Concelho de Matosinhos, Balazar, Rates e Laúndos no Concelho da Póvoa de Varzim, Santiago de Bougado e S. Mamede de Coronado no Concelho da Trofa, Rio Mau, Junqueira, Bagunte, Fajozes, Labruge, Guilhabreu e Arcos do Concelho de Vila do Conde e São Martinho da Gândara e Loureiro do Concelho de Oliveira de Azeméis. É importante realçar que as freguesias com maior número de animais podem não corresponder aos concelhos de maiores dimensões, por isso é mais interessante e fiável fazer uma análise ao nível de freguesia.

A tabela 10 apresenta uma comparação entre o potencial de geração de biogás e o consumo de biogás bem como uma comparação entre a produção estimada de energia eléctrica e o consumo de energia eléctrica na agricultura, nos concelhos da AMP.

Tabela 10 – Comparação entre o potencial de geração de biogás e de energia eléctrica com o consumo de energia eléctrica na agricultura e o consumo de gás natural em 2007, por concelho

<i>Concelhos</i>	<i>Produção Estimada de Energia Eléctrica a partir do biogás (MWh)</i>	<i>Consumo de energia eléctrica na agricultura em 2007 (MWh) (INE, 2009b)</i>	<i>Potencial geração biogás (10³ m³/ano)</i>	<i>Consumo de gás natural (10³ m³/ano) (INE, 2009b)</i>
Gondomar	499	1 989	301,3	786 477
Maia	2 828	4 406	1 709,5	29 297
Matosinhos	2 371	3 898	1 433,1	30 747
Póvoa de Varzim	9 097	8 187	5 465,0	0
Santo Tirso	1 775	2 096	1 072,7	41 101
Trofa	3 522	2 734	2 129,1	25 984
Valongo	710	1 583	429,2	4 269
Vila do Conde	19 010	12 135	11 491,3	11 297
Vila Nova de Gaia	337	3 254	204,0	59 682
Espinho	10	991	6,0	2 739
Arouca	1 969	630	1 190,5	0
Santa Maria da Feira	604	2 596	365,0	34 083
São João da Madeira	24	12	14,7	3 129
Vale de Cambra	721	763	435,7	3 727
Oliveira de Azeméis	1 870	3 216	1 130,5	9 488
<i>Total</i>	<i>45 291,0</i>	<i>48 489</i>	<i>27 377,8</i>	<i>1 042 020</i>

Pela análise da tabela 10 verificou-se que nos concelhos da Póvoa de Varzim, Trofa, Vila do Conde, Arouca e São João da Madeira o potencial de energia eléctrica é superior ao consumo de energia eléctrica na agricultura. Em relação ao consumo de biogás, verificou-se que, em 2007, os Concelhos da Póvoa de Varzim e Arouca não tinham rede de gás natural e verificou-se ainda que

9.Potencial de Geração de Biogás na AMP

o consumo de gás natural é significativamente superior ao potencial de biogás estimado, contudo é uma alternativa que se pode ter em conta em algumas situações.

Com base no decreto-lei n.º 225/2007 de 31 de Maio, as tarifas médias indicativas (€/MWh) para as tecnologias de biogás a partir da digestão anaeróbia de RSU, ETAR e de efluentes e resíduos da agro-pecuária e agro-alimentar são 115 – 117 €/MWh. Por conseguinte, se for considerada uma tarifa de 116 €/MWh, a tabela 11 apresenta os proveitos máximos possíveis pela venda de biogás em cada concelho.

Tabela 11 – Proveitos resultantes da venda de biogás por concelho

<i>Concelhos</i>	<i>Potencial geração biogás (10 m³/ano)</i>	<i>Potencial de conversão eléctrica (MWh)</i>	<i>Proveitos Venda Biogás (€)</i>
Gondomar	301,3	498,5	57 828
Maia	1 709,5	2 828,1	328 055
Matosinhos	1 433,1	2 370,8	275 009
Póvoa do Varzim	5 465,0	9 097,1	1 055 266
Santo Tirso	1 072,7	1 774,6	205 850
Trofa	2 129,1	3 522,2	408 574
Valongo	429,2	710,1	82 367
Vila do Conde	11 491,3	19 010,0	2 205 163
Vila Nova de Gaia	204,0	337,4	39 138
Espinho	6,0	10,0	1 159
Arouca	1 190,5	1 969,5	228 460
Santa Maria da Feira	365,0	603,9	70 052
São João da Madeira	14,7	24,4	2 825
Vale de Cambra	435,7	720,8	83 614
Oliveira de Azeméis	1 130,5	1 870,2	216 944
Total	27 377,8	45 347,4	5 260 304

Desta forma, obtém-se que por cada m³ de chorume produzido, pode resultar um ganho de venda de biogás de 3,8€.

10. Localização dos Núcleos de Produção Pecuária

A identificação das freguesias com uma maior concentração de bovinos, já efectuada anteriormente, permite encontrar os locais onde se prevê que possam existir melhores condições para a viabilidade económica de um digestor anaeróbio.

Em relação à implementação de digestores anaeróbios à escala da exploração, como já referido anteriormente, um dos critérios estabelecidos neste trabalho para a sua viabilidade seria a existência de 500 vacas na exploração, contudo na AMP, de acordo com os dados obtidos, apenas foi identificada uma exploração em Vila do Conde na freguesia de Guilhabreu com cerca de 662 vacas; todas as restantes explorações registavam um número inferior a 500 animais.

Na Área Metropolitana do Porto, as explorações de bovinos são, em geral, de pequenas dimensões mas, em algumas zonas encontram-se bastante concentradas. Por este motivo, seria interessante identificar núcleos de produção onde poderia ser viável a implementação destas instalações centralizadas. Como já referido anteriormente, os critérios de viabilidade das centrais de digestão anaeróbia considerados neste trabalho foram a existência de 2000 vacas num raio de 8 km.

Para identificar os núcleos de produção, era necessário obter as coordenadas das explorações para permitir a sua georeferenciação. No sentido de obter essas coordenadas, foram contactadas as cooperativas existentes na AMP. No entanto, apenas uma cooperativa se mostrou disponível para fornecer as moradas de cada exploração, tendo as restantes argumentado que estes dados eram confidenciais.

Desta forma, neste trabalho apenas serão determinados os núcleos de produção do Concelho da Póvoa do Varzim que, como já referido anteriormente, é um dos principais concelhos que apresenta um maior número de bovinos.

10.1. Núcleos de Produção Pecuária da Póvoa de Varzim

A figura 35 apresenta o mapa da Área Metropolitana do Porto e o mapa do concelho da Póvoa do Varzim.

10. Localização dos Núcleos de Produção Pecuária

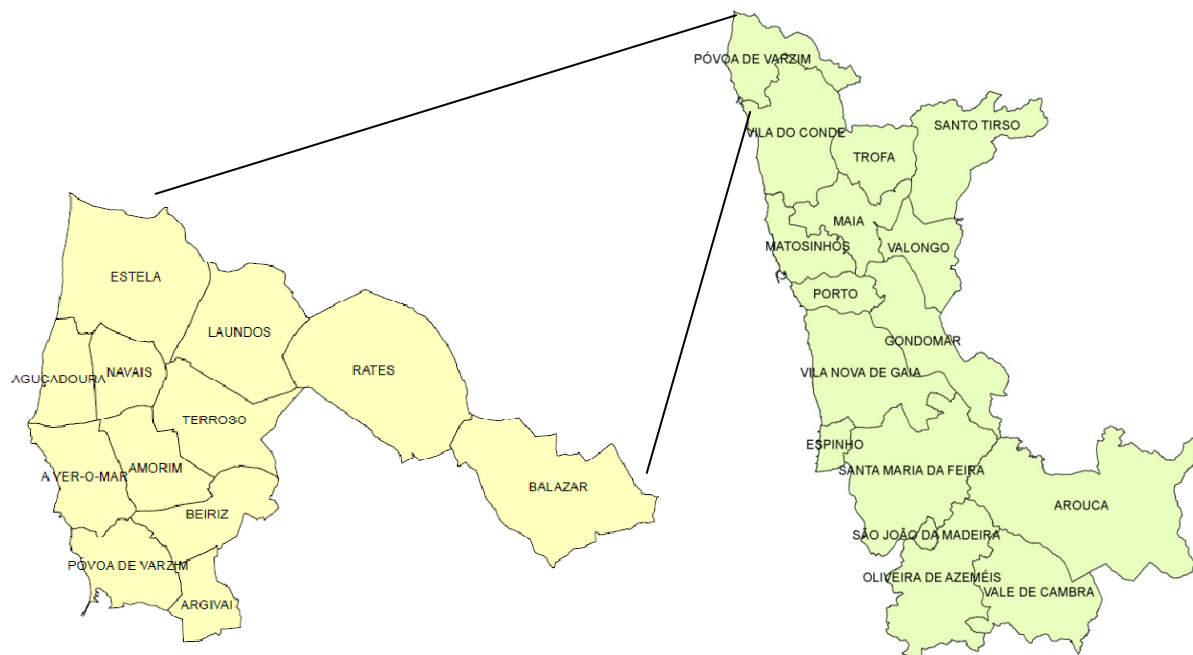


Figura 35 – Mapa do Concelho da Póvoa do Varzim e sua localização na Área Metropolitana do Porto

10.1.1. Tratamento Informático de dados

- Obtenção de coordenadas a partir de moradas

Com base nas moradas fornecidas, através da implementação das explorações com auxílio do programa ArcMap, foram obtidas as suas coordenadas geográficas (figura 36).

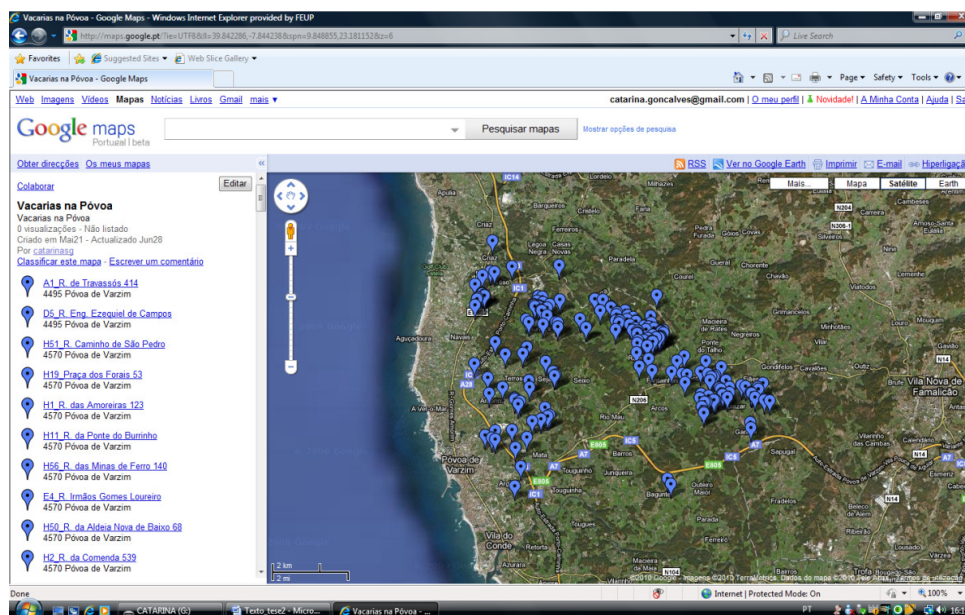


Figura 36 – Imagem obtida com auxílio do Google Maps com a implementação das explorações para obter as coordenadas geográficas

Na etapa seguinte foi elaborada uma tabela de explorações com os seguintes dados:

- Código da Exploração;
- Nome do proprietário;
- Morada da exploração;
- Número de fêmeas com mais de 2 anos;
- Coordenadas geográficas (Latitude e Longitude);
- Confirmação da morada (true – confirmada; false – não confirmada). Este dado é importante porque nos dados fornecidos havia moradas incompletas das explorações, que não foi possível confirmar.

Pela natureza de confidencialidade destas informações, os dados relativos ao nome do proprietário, morada da exploração e coordenadas geográficas de cada exploração não serão publicados neste trabalho. A tabela do anexo 6 indica o código de cada exploração e o número de fêmeas com mais de 2 anos nessas explorações, em cada freguesia.

A figura 37 apresenta o mapa das freguesias do Concelho da Póvoa de Varzim com a georeferenciação das explorações com aptidão para leite e o número de fêmeas com mais de 2 anos das mesmas, a partir das moradas das mesmas. Esta figura mostra ainda que nas freguesias onde existe um maior número de fêmeas com mais de 2 anos, as explorações são também de maiores dimensões.

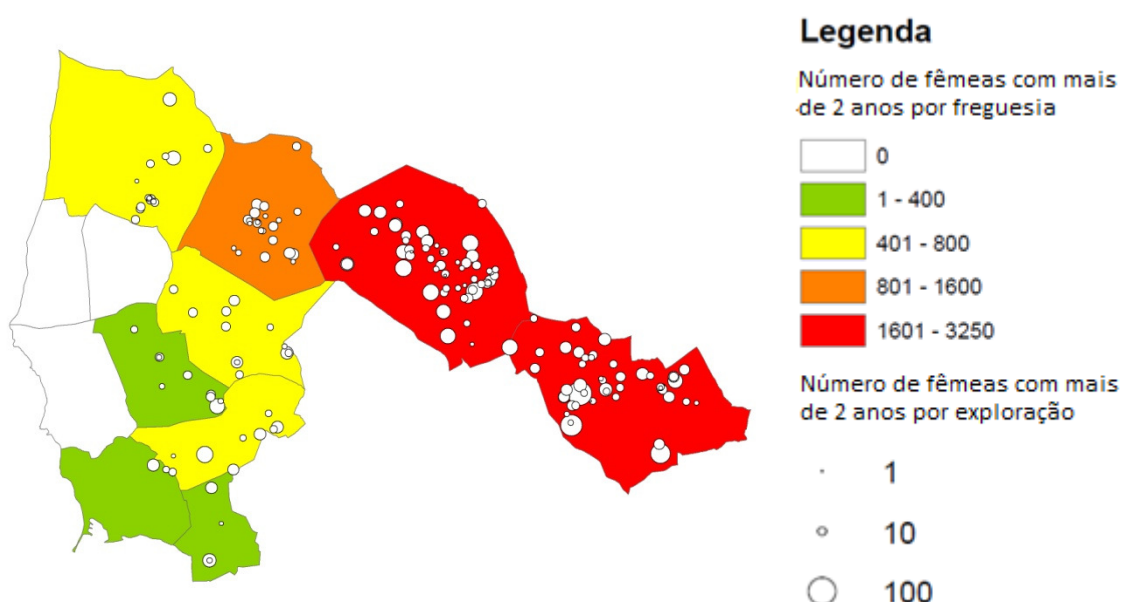


Figura 37 – Mapa das Explorações leiteiras no concelho da Póvoa de Varzim, mostrando o tamanho da exploração por um símbolo proporcional, e o número de fêmeas por freguesia por código de cor

- **Tratamento geográfico**

Para realizar o tratamento geográfico de dados foi usado o software ArcGis (WEB1). Este programa é um conjunto integrado de produtos de software SIG que permite a construção de sistemas de informação geográfica. A extensão do *Spatial Analyst* deste Software permite a realização de modelos simplificados de análises espaciais mais complexas. Esta extensão contém ferramentas capazes de criar, inquirir e analisar dados raster e efectuar análises integradas de dados raster com dados vectoriais. As suas principais tarefas são a realização de análises integradas entre dados vectoriais e matriciais, derivar informação, identificar relações espaciais, encontrar localizações óptimas e calcular o custo acumulado e ponderado de deslocação entre vários pontos. Esta extensão inclui várias técnicas estatísticas que podem ser aplicadas na modelação de dados espaciais.

A função *Density* distribui uma quantidade determinada de pontos de um layer de input para produzir uma superfície contínua. O valor da amostra em cada local é distribuído em toda a área considerada e o valor de densidade é calculado para cada célula do raster de saída. Os mapas de densidade são criados, predominantemente, através de pontos e uma área circular de pesquisa é aplicada a cada célula do raster de saída, ou seja, para cada célula são determinados os valores de densidade num determinado raio definido ao redor dessa célula. As funções disponíveis para o mapeamento da densidade são *Kernel Density*, *Line Density* e *Point Density*. Neste trabalho foi utilizada a função de densidade Kernel. Esta ferramenta visa obter uma estimativa suavizada de uma densidade de probabilidade a partir de uma amostra de dados observados. Baseia-se na contagem de eventos num determinado raio r para estimar a densidade de eventos associada a cada ponto de uma região de estudo. Essa contagem é ponderada pela distância de cada evento ao ponto de referência através de uma função quadrática proposta por *Silverman, 1986*. A figura 38 mostra a janela de input de dados para esta função.

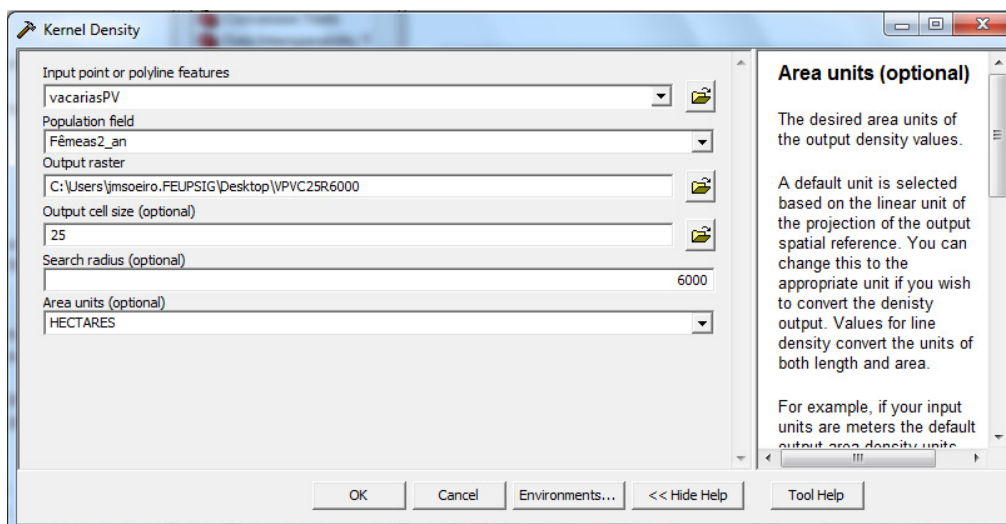


Figura 38 – Janela de input de dados da função *Kernel Density* da ferramenta *Density*

A ferramenta *Neighborhood Statistics* permite o cálculo de uma estatística para cada célula baseado no valor dessa célula e nos valores das células na vizinhança especificada pelo utilizador. Neste trabalho foi utilizada a *Point Statistics* que permite o cálculo de uma estatística sobre pontos numa determinada vizinhança. A figura 39 apresenta a janela de input de dados desta ferramenta.

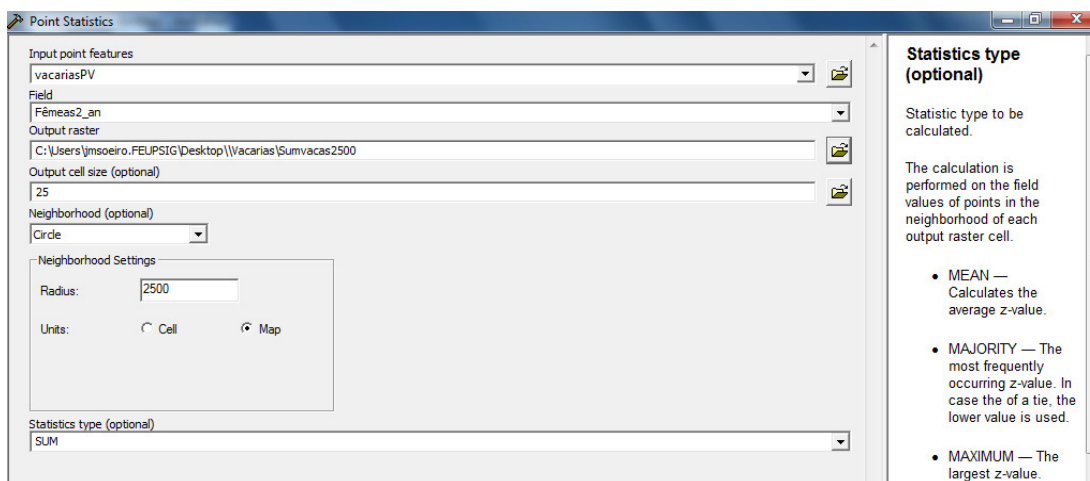


Figura 39 – Janela de input de dados da função *Point Statistics* da ferramenta *Neighborhood Statistics*

Através destas ferramentas, foram determinadas, automaticamente, a densidade de animais por hectare e a soma do número de fêmeas num dado raio predefinido, respectivamente. A utilização destas ferramentas é interessante pois permite limitar os locais para a implementação

de uma central de digestão anaeróbia com base nos critérios de número de animais e proximidade das explorações.

A figura 40 apresenta uma representação esquemática do método utilizado por estas ferramentas. Neste caso considerou-se uma dimensão de célula raster de output de 25x25m.

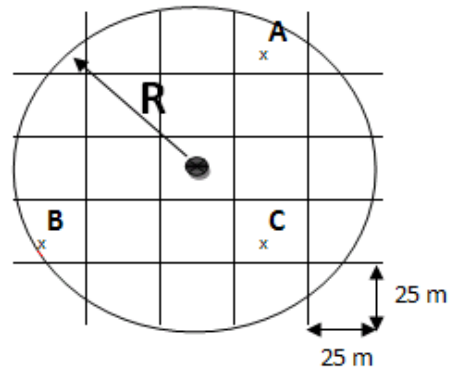


Figura 40 – Representação Esquemática do método utilizado pelas ferramentas

10.1.2. Resultados

As figuras 41 e 42 mostram os resultados das aplicações das ferramentas *Point Statistics* e *Kernel Density*, respectivamente.

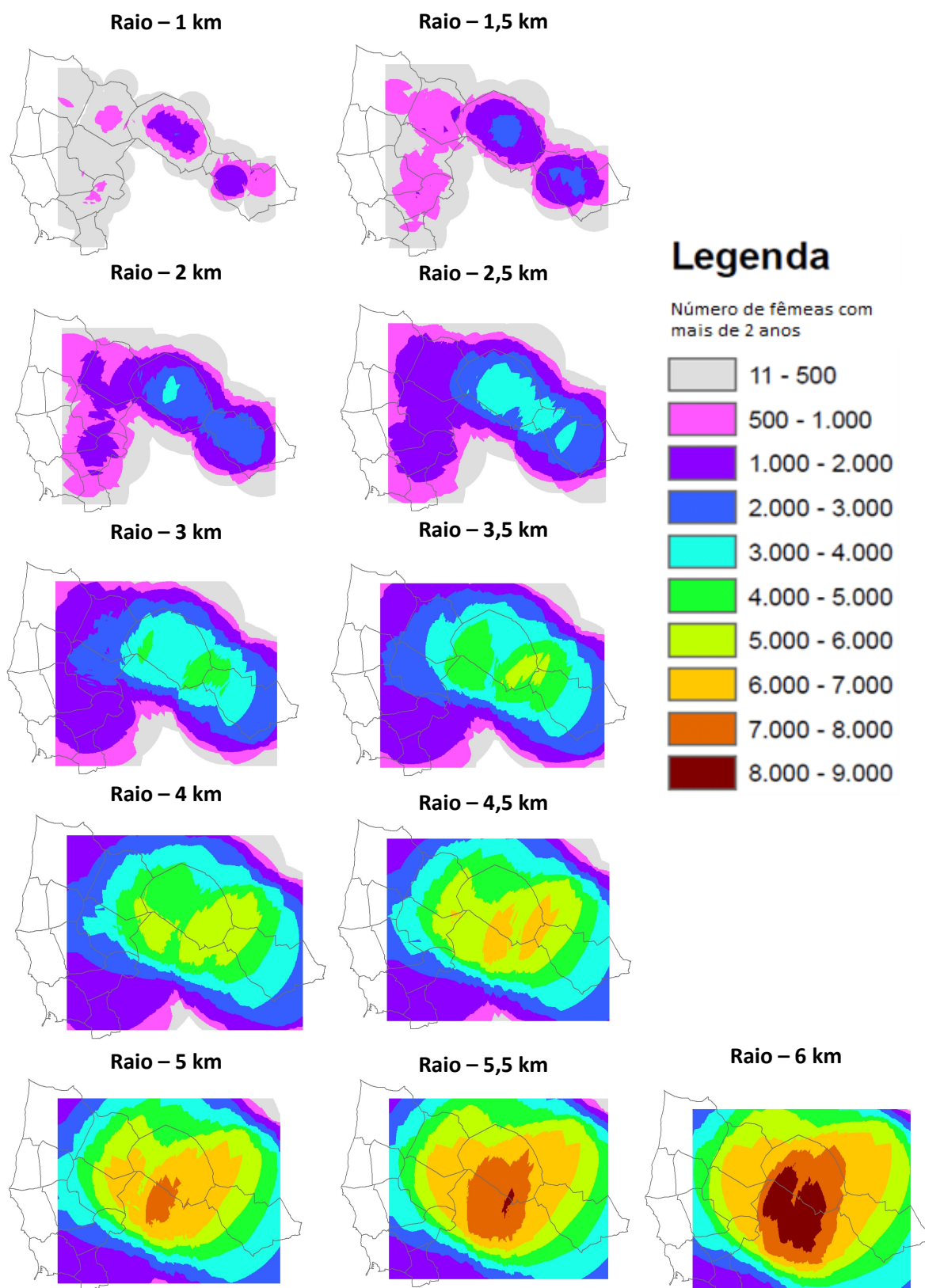


Figura 41 – Mapas com a contagem do número de fêmeas com mais de 2 anos na Póvoa do Varzim em vários raios considerados, por código de cor, resultado da aplicação da ferramenta *Neighborhood Statistics*

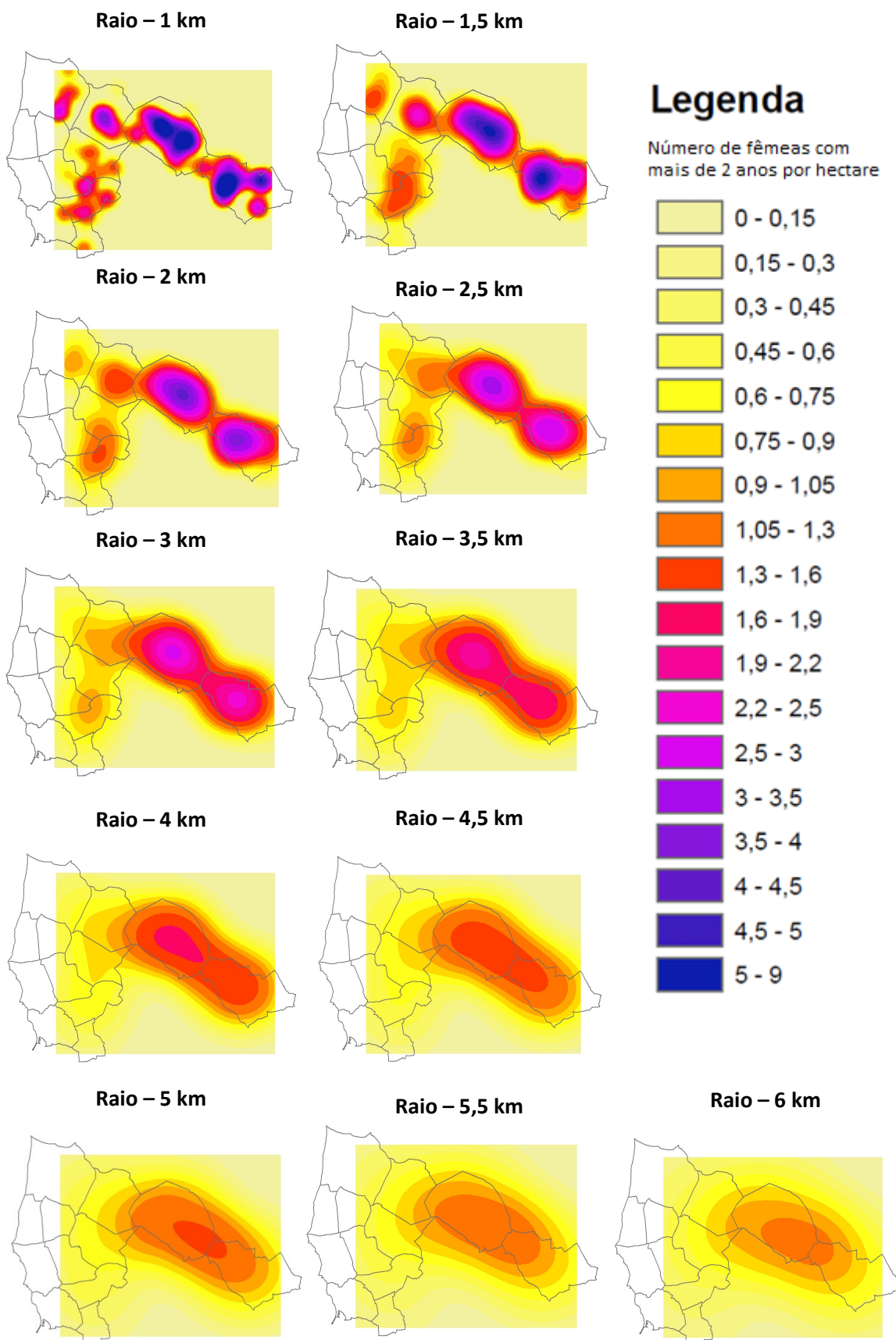


Figura 42 – Mapas com a densidade do número de fêmeas com mais de 2 anos por hectare na Póvoa de Varzim em vários raios considerados por código de cor, resultado da aplicação da ferramenta *Density*

A figura 41 apresenta vários mapas que consideram os raios entre 1 a 6 km que, pela limitação da área em estudo, foi considerado um intervalo suficiente. Pela análise dos mapas, observou-se que, como seria de esperar, quanto maior o raio definido, maior o número de animais disponível. Nesta área em estudo, observou-se, claramente, que a partir da escala de cor azul-escuro (área com mais de 2000 animais) estas zonas poderão ser estudadas mais detalhadamente para uma possível localização de um sistema centralizado de digestão anaeróbia. É importante realçar, que os resultados obtidos poderão não corresponder à realidade uma vez que, neste trabalho, não são contempladas as estradas existentes, ou seja, uma exploração que esta ferramenta tenha considerado num raio de 4 Km, na realidade poderá estar a uma maior distância através de estradas.

Os mapas da figura 42, resultam da aplicação da ferramenta *Kernel Density* em que o menor raio considerado representa uma densidade de animais com um maior nível de detalhe enquanto o maior raio mostra uma densidade mais generalizada. Estes mapas podem complementar os anteriores uma vez que, num nível mais detalhado, apresentam os locais com uma maior concentração de animais e que, por essa razão, poderiam ser mais interessantes para receber uma central de digestão anaeróbia.

Através destes mapas, constatou-se ainda que se forem considerados raios mais pequenos, poderão ser definidos dois núcleos de produção, um na freguesia de Rates e outro em Balazar. No entanto, para raios maiores a localização poderá ser entre estas duas freguesias. Uma vez que nas instalações centralizadas o efeito de economia de escala é importante, em princípio poderão ser analisadas as zonas com raios de acção mais elevados com vista à implementação de uma única central. No entanto, é necessário ter em conta o acréscimo dos custos de transporte associados.

É importante referir ainda que a inexistência de dados dos outros concelhos está a ser interpretada como zero, pelo que a consideração de raios maiores distorce os resultados, uma vez que alguns contornos ultrapassaram os limites territoriais do concelho da Póvoa de Varzim. Embora, este facto seja impossível de ocorrer uma vez que apenas se considerou este território, na realidade a localização de uma central de digestão anaeróbia neste local pode ser possível se nas freguesias a sul do núcleo de produção existir um elevado número de animais. Essas freguesias são Arcos e Rio Mau do concelhos de Vila do Conde que, como já determinado anteriormente, são das freguesias com um maior número de bovinos.

No trabalho realizado, apenas foram tidos em consideração os critérios de proximidade euclidiana e número de animais que por sua vez está relacionado com a geração de resíduos. Contudo, é necessária uma análise mais detalhada dos locais, nomeadamente em termos de vias de comunicação, existência de linhas de água, áreas residenciais, existência de indústrias agro-alimentares ou outras nas redondezas, zonas sensíveis e inundáveis, entre outros. Um outro critério fundamental, e talvez o primeiro que deve ser estudado, é a receptividade e motivação dos produtores pecuários, autoridades competentes e indústrias agro-pecuárias, se for esse o caso, no interesse pela implementação desta tecnologia.

11. Conclusão

A Área Metropolitana do Porto está inserida na Região do Entre Douro e Minho, que integra a Bacia Primária Leiteira do entre Douro e Minho. As explorações pecuárias predominantes neste local operam num regime intensivo de produção que originam elevadas concentrações de resíduos. O manuseamento, armazenamento e destino final destes resíduos resultam em diversos impactes ambientais, nomeadamente a contaminação de águas subterrâneas e superficiais, a libertação de maus odores e a emissão de gases para a atmosfera. Neste sentido, é necessário fazer uma gestão integrada destes resíduos, garantindo o bem-estar animal, a satisfação das necessidades de produção e o respeito pelo ambiente.

A Digestão Anaeróbia é um processo biológico de tratamento de resíduos onde ocorre a decomposição de resíduos orgânicos biodegradáveis através de microrganismos que actuam na ausência de oxigénio. Este processo apresenta diversas vantagens para o tratamento de resíduos pecuários, nomeadamente, a redução de maus odores, a redução de contaminação das linhas de água e a redução de GEE em termos ambientais e o aumento de receitas provenientes de uma eventual venda do digerido como fertilizante e/ou da eventual venda de energia eléctrica a partir do biogás à rede eléctrica local ou da venda do próprio como combustível, em termos económicos. Contudo, esta alternativa pode não ser viável devido aos elevados custos operacionais e financeiros.

A Digestão Anaeróbia pode ser aplicada em duas escalas distintas, ao nível da própria instalação em que os resíduos são gerados ou então em sistemas centralizados em que os resíduos provêm de diversas fontes, sendo afectados pela existência de economias de escala. No caso da digestão anaeróbia à escala individual, prevê-se que esta possa ser viável numa exploração com mais de 500 vacas leiteiras, enquanto que no caso das instalações centralizadas estas poderão ser viáveis se estiver disponível um número mínimo de 2000 vacas num raio de 8 km e com apoios financeiros entre 1/3 e 1/2 do investimento inicial. Normalmente, as centrais de digestão anaeróbia poderão ser mais vantajosas devido aos efeitos de economia de escala, no entanto é necessário contabilizar os custos de transporte e normalmente a sua instalação depara-se com algumas barreiras de mercado difíceis de ultrapassar (preços de venda de electricidade pouco atractivos, restrições legislativas na utilização de alguns resíduos orgânicos como co-substrato provenientes da indústria agro-alimentar, falta de mercado para a venda de biogás, barreiras administrativas, legais e de informação e resistência ao associativismo).

Em termos de consumo de energia no sector agrícola por fontes renováveis, esta tem ainda uma expressão reduzida em Portugal. No entanto, é importante ter em linha de conta que este sector surge não apenas como um consumidor mas também como fonte de energia renovável através da produção de biomassa vegetal e animal. Neste sentido, será importante determinar o seu potencial energético que pode ser utilizado na redução dos custos energéticos da exploração. Nas explorações pecuárias as emissões de GEE são, essencialmente, metano e óxido nitroso. Em relação às primeiras estas provêm sobretudo da fermentação entérica durante o processo digestivo dos ruminantes e do manuseamento do estrume, enquanto que as emissões de óxido nitroso resultam essencialmente da aplicação de adubos azotados e de efluentes pecuários nos solos.

Relativamente ao caso de estudo, a Área Metropolitana do Porto está localizada na zona noroeste de Portugal e é constituída por 16 municípios: Arouca, Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Oliveira de Azeméis, Porto, Póvoa de Varzim, Santa Maria da Feira, Santo Tirso, São João da Madeira, Trofa, Vale de Cambra, Valongo, Vila do Conde e Vila Nova de Gaia. Nesta região, as boviniculturas são o principal tipo de produção pecuária. De acordo com os dados fornecidos existem 1117 explorações com aptidão para leite e 3829 explorações com aptidão para carne nos concelhos da Área Metropolitana do Porto, albergando um total de cerca de 82 000 e 19 000 bovinos, respectivamente. O tratamento dos dados obtidos concluiu que as explorações de bovinos para a produção de leite apresentam uma dimensão consideravelmente superior às explorações para a produção de carne.

As explorações com aptidão para a produção de leite, operam num regime mais intensivo que tende a gerar uma maior concentração de resíduos e, conseqüentemente, maiores impactes sobre o ambiente. Por essa razão este trabalho centra-se essencialmente nas explorações de bovinos com aptidão para leite. Nestas explorações, os resíduos são recolhidos, fundamentalmente, sob a forma de chorume.

Para a determinação do potencial máximo de geração de biogás, considerou-se o número total de bovinos das explorações existentes na AMP. De acordo com os resultados obtidos, as freguesias com um maior potencial máximo de geração de biogás foram Lavra no Concelho de Matosinhos, Balazar, Rates e Laúndos no Concelho da Póvoa de Varzim, Santiago de Bougado e S. Mamede de Coronado no Concelho da Trofa, Rio Mau, Junqueira, Bagunte, Fajozes, Labruge, Guilhabreu e Arcos do Concelho de Vila do Conde e São Martinho da Gândara e Loureiro do Concelho de Oliveira de Azeméis. Neste trabalho, estimou-se ainda os proveitos que poderiam

resultar da venda de biogás à rede eléctrica, que seriam de cerca de 3,8€/m³ de chorume produzido.

Em relação à implementação de digestores anaeróbios à escala da exploração apenas foi identificada uma exploração em Vila do Conde na freguesia de Guilhabreu com cerca de 662 vacas. Todas as restantes explorações registavam um número inferior a 500 animais. Quanto à implementação de instalações centralizadas era necessário identificar núcleos de produção desta área em estudo. Contudo, devido à indisponibilidade de dados, este trabalho apenas aborda o concelho da Póvoa de Varzim.

Com o auxílio do programa *Spatial Analysis* do ArcMap, foram elaborados vários mapas que permitem a localização das zonas com um maior número de animais considerando vários raios predefinidos. A utilização destas ferramentas é interessante pois permite limitar os locais para a implementação de uma central de digestão anaeróbia com base nos critérios de número de animais e proximidade das explorações. A visualização dos mapas permitiu constatar que ao considerar raios mais pequenos são identificados dois núcleos de produção (Balazar e Rates). No entanto se forem considerados raios de maiores dimensões a localização da central de digestão anaeróbia poderá ser entre essas duas freguesias, usufruindo dos efeitos de economia de escala. No entanto, é necessário ter em conta o acréscimo dos custos de transporte associados.

11.1. Limitações e Trabalho Futuro

A natureza de confidencialidade dos dados relativos às explorações condicionou a realização deste trabalho, nomeadamente em termos das suas moradas para fazer a georeferenciação. Neste trabalho também não foi possível obter informação SIG do concelho da Póvoa do Varzim que poderia auxiliar numa maior limitação de zonas mais adequadas para a instalação de uma central de digestão anaeróbia, nomeadamente em termos de vias de comunicação, linhas de água, zonas sensíveis e inundáveis, áreas residenciais, existência de indústrias agro-alimentares, rede de gás natural, rede energética nacional, entre outros. Desta forma, nos pontos seguintes, estão indicadas algumas recomendações para trabalho futuro:

- Solicitar dados referentes às moradas das explorações de cada concelho para fazer a georeferenciação das explorações;
- Fazer um levantamento de outros tipos produção pecuária e de indústrias agro-alimentares e avaliar em termos legislativos a possibilidade dos subprodutos resultantes das suas actividades serem utilizados como co-substrato para a digestão anaeróbia;

- Verificar a existência de rede gás natural e a possibilidade e viabilidade de injeção do biogás purificado nessa rede;
- Avaliar o interesse dos produtores pecuários na utilização deste tipo de tecnologia;
- Fazer uma análise de viabilidade de uma central de digestão anaeróbia através da avaliação de vários cenários que tenham em consideração a localização geográfica, raio de acção máximo das unidades de transporte, tipos de resíduos a processar e por último, processamento adicional, valorização e destino final dos produtos da instalação (por exemplo, venda de calor excedente, equipamento de separação sólido/líquido, venda do digerido, compostagem, etc.);
- Fazer uma análise sócio-económica através da quantificação de externalidades relacionadas com a redução ou resolução de problemas ambientais e agrícolas e/ou redução de custos por tipos de tratamentos mais dispendiosos;

Referências Bibliográficas

ADENE (2003) *Estudo de viabilidade do tratamento centralizado de resíduos agro-pecuários no Concelho de Montemor-o-Novo*, Agência de Energia, Projecto PIGS-Projecto Integrado para a Gestão de Suiniculturas (Programa LIFE-AMBIENTE)

Alonso, J., et al (2007) *O Território e as Explorações Leiteiras do NW de Portugal*, Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal

Alvarez, J., Macé, S., Llabrés, P., (2000), *Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives*, *Bioresource Technology*, 74, 3-16

ATTRA (2006) *Anaerobic Digestion of Animal Wastes: Factors to Consider*, Appropriate Technology Transfer for Rural Areas – Nacional Sustainable Agriculture Information Service, Acedido em Março de 2010 em <http://www.attra.ncat.org>

Bachewe, F., et al (2008) *Review of the literature on the economics of central anaerobic digesters*, Department of Applied Economics, University of Minnesota

CCE (2000) *Guia técnico de biogás, Centro para a Conversão de Energia, Lisboa, 1ª edição*

Chae, K., Jang, A., Yim, S., Kim, I., (2006) *The effects of digestion temperature and temperature shock on the biogas yields from the mesophilic anaerobic digestion of swine manure*, *Bioresource Technology*, 99, 1-6

Chernicharo, C.A.L. (1997) *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuais – Volume 5: Reactores Biológicos*, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais

CACSTT (2006) *Plano de Adaptação Ambiental das Explorações Pecuárias do Concelho da Trofa – Manual Técnico*, Cooperativa dos Agricultores dos Concelhos de Santo Tirso e Trofa – CRL, Trofa

CBPA (2009) *Proposta do Instituto Nacional de Recursos Biológicos do Código de Boas Práticas Agrícolas para 2009 – Anexo II (em revisão)*, acedido em Março de 2010 em <http://www.gppaa.min-agricultura.pt>

Decreto-lei n.º 209/2004 de 3 de Março – *Lista Europeia de Resíduos*, Diário da República – 1ª série B, n.º 53, pp. 1188

Decreto-lei n.º 214/2008 de 10 de Outubro – *Regime Jurídico da actividade pecuária*, Diário da República - 1ª série, n.º 218, pp. 7820

Decreto-lei n.º 225/2007 de 31 de Maio – *Estabelece um conjunto de mediadas ligadas às Energias Renováveis previstas na Estratégia Nacional para a Energia*, Diário da República – 1ª série, n.º 105, pp. 3630

D'Êça, P. et al. (2001) *Estudo da caracterização do impacte ambiental da produção intensiva de leite nas regiões de Entre Douro e Minho e da Beira Litoral*, FENALAC, Porto.

DEFRA (2007) *Advanced Biological Treatment of Municipal Solid Waste*, Department for Environment Food and Rural Affairs, Reino Unido, Acedido em Março de 2010 em <http://www.defra.gov.uk/environment/waste/residual/newtech/documents/abt.pdf>

EC (2003) *Reference Document on Best Available Techniques for Intensive Rearing of Poultry and Pigs*, European Commission

EPA, 2007 *AgStar Handbook*, US Environmental Protection Agency AgStar program, 2ª edição, Setembro de 2007, Acedido em Março de 2010 em <http://www.epa.gov/agstar/resources/handbook.html>

Energia, (s/a) *Manual de Digestão Anaeróbia – Metodologia de Desenvolvimento, Projecto Energia e Desenvolvimento Sustentável na Região Norte*, Vila Nova de Gaia

Evans, Gareth (2001) *Biowaste and Biological Waste Treatment*, James & James, Lda, London, UK, Acedido em Maio de 2010 em <http://books.google.pt>

Fernandes, A., Silva, P., (2006) *Chorumes nas Explorações de Bovinicultura Leiteira Intensiva*, Revista o Minho, a Terra e o Homem, Direcção Regional de Agricultura de Entre Douro e Minho, 83-91

Fujino, F., et al (2005) *Vision for utilization of livestock residue as bioenergy resource in Japan*, Biomass and Bioenergy, 29, 367-374

Hjort-Gregersen, K. (2002) *Development and Implementation of The Danish Centralised Biogas Concept – Financial Aspects*, Economics of Sustainable Energy in Agriculture, 12, 177-188

INE (2009a) *Indicadores Agro-Ambientais 1989-2007*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa

INE (2009b) *Anuário Estatístico da Região Norte – 2008*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa

Kaparaju, P., Buendia, I., Ellegard, L., Angelidakia, I., (2007) *Effects of mixing on methane production during thermophilic anaerobic digestion of manure: Lab-scale and pilot-scale studies*, *Bioresource Technology*, 99, 4919-4928

Lei n.º 46/2008 de 27 de Agosto – *Estabelece o Regime Jurídico das Áreas Metropolitanas de Lisboa e do Porto*, Diário da República, 1ª série, n.º 165, pp. 6012

Ma, J. et al (2003) *Siting Analysis of farm-based centralized anaerobic digester systems for distributed generation using GIS*, *Biomass and Bioenergy*, 28, 591-600

Macias-Corral, M.A., B.S., M.S. (2007) *Biogas production via Anaerobic Digestion of High-Solids livestock manure*, Dissertação de Doutoramento, New Mexico State University

MADRP (2005) *Biomassa e energias renováveis na agricultura, pescas e florestas*, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas – Energias Alternativas, Lisboa

MADRP (2007a) *Estratégia Nacional para os Efluentes Agro-Pecuários e Agro-Industriais*, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa

MADRP (2007b) *Leite e Lacticínios – Diagnóstico Sectorial*, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa

MADRP (2009) *Alterações Climáticas: Emissão de Gases com Efeito de Estufa no Sector Agro-Pecuário em 2007*, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa

Malina, J., Pohland, J.F.G., (1992) *Design of Anaerobic Processes for the treatment of industrial and municipal wastes (Volume 7)*, CRC Press, Florida, USA

Metcalf & Eddy (2003) *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, McGraw Hill, 4ª edição, McGraw-Hill Inter. Ed.

Myers, M., Deisinger, C., (2006) *Developing a Community Manure Digester Model for Wisconsin*, Cooperative Development Services, USDA

Neves, L.C.M, Converti, A, Penna, T.C.V., (2009) *Biogas Production: New Trends for Alternative Energy Sources in Rural and Urban Zones*, *Chem. Eng. Technol.*, 32, 1147-1153

Nielsen, L. H., Hjort-Gregersen, K. (2002) *Socio-economic analysis of centralized biogas plants*, Risø National Laboratory, University of South Denmark, Esbjerg, Denmark

Ogejo, J., Wen, Z., Ignosh, J., Bendfeldt, E., Collins, E., (2009) *Biomethane Technology*, Virginia Polytechnic Institute and State University, 442-881

Oliveira, L., (2005) *Digestão anaeróbia: Uma visão sustentável no tratamento dos subprodutos de origem animal*, Dissertação de Mestrado, Universidade dos Açores

PEI, 2001, *Best Management Practices: Agricultural Waste Management*, Prince Edward Island, Department of Fisheries, Aquaculture and Environment and Department of Agriculture and Forestry, Canada

Pereira, J., (2005) *Manipulação de Efluentes de Bovinicultura: Pré-Tratamento e Aplicação ao Solo*, Tese de Mestrado em Engenharia Sanitária, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Portaria n.º 83/2010 de 10 de Fevereiro – *Programa de Acção para Várias Zonas Vulneráveis de Portugal Continental*, Diário da República – 1ª série, n.º 28, pp. 380

Portaria n.º 631/2009 de 9 de Junho – *Estabelece as normas regulamentares a que obedece a gestão dos efluentes das actividades pecuárias e as normas regulamentares relativas ao armazenamento, transporte e valorização de outros fertilizantes orgânicos*, Diário da República – 1ª série, n.º 111, p. 3580

PSU (2009) *Biogas and Anaerobic Digestion*, Pennsylvania State University, Department of Agricultural and Biological Engineering, USA Acedido em Março de 2010 em <http://www.biogas.psu.edu/>

Raven, R.P.J.M., Hjort-Gregersen, K. (2004) *Biogas plants in Denmark: successes and setbacks*, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 11, 116-132

Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2006 de 23 de Agosto – *Programa Nacional para as Alterações Climáticas de 2006*, Diário da República - 1ª série, n.º 162, pp. 6042

Rocha, C., (2007) *Desenvolvimento de um sistema integrado de gestão de resíduos de natureza orgânica*, Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro

Sanna, M. N. (2004) *The Development of Biogas Technology in Denmark: Achievements & Obstacles*, Department of Environment, Technology and Social Studies, Roskilde University RUC, Denmark

Seadi, T.A. (2000) *Danish Centralised Biogas Plants – Plant Descriptions*, Bioenergy Department, University of Southern Denmark, Denmark

Seadi, T. A. (2007) *The future of Biogas in Europe III*, European Biogas Workshop and study tour, University of Southern Denmark, Esbjerg, Denmark

Silva, A., D'Eça, P., Alonso, J., Curado, M. (2007) *Plano de Ordenamento da Bacia Leiteira Primária do Entre Douro e Minho*, Direcção Regional de Agricultura do Entre Douro e Minho, Instituto para o Desenvolvimento Agrário da Região Norte, Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Universidade do Porto – CIBIO, Portugal

Silvermann B.W., (1986), *Density Estimation for Statistics and Data Analysis* Chapman & Hall, New York

Soares, M., et al (2004) *A digestão anaeróbia no tratamento de efluentes de origem bovina: viabilidade em explorações da Beira Litoral e Entre Douro e Minho*, 8.ª Conferência de Ambiente, Escola Superior Agrária de Coimbra

Steffen, R. et al. (1998) *Feedstocks for Anaerobic Digestion*, Institute of Agrobiotechnology, University of Agricultural Sciences, Vienna

Walsh, J., et al (1988) *Biogas utilization handbook*, Georgia Tech Research Institute, Atlanta, Georgia, USA

WEB1: www.esri.com, acedido em Julho de 2010

Anexo 1

Extracto da Portaria n.º 83/10 de 10 de Fevereiro

ANEXO V

(a que se refere o n.º 1 do artigo 8.º)

Quantidade máxima de azoto a aplicar às culturas

Culturas	Kg de N/ha
a) Arvenses (Primavera-Verão):	
Algodão	120
Girassol para produções de 2,5 t/ha	90
Milho:	
Milho forragem para produções de 50 t/ha (por cada aumento/redução de produção de 10 t/ha, o acréscimo/diminuição de azoto a aplicar é de 50 kg/ha, até ao limite máximo de 300 kg/ha)	180
Milho grão para produções de 10 t/ha (por cada aumento/redução de produção de 2 t/ha, o acréscimo/diminuição de azoto a aplicar é de 40 kg/ha, até ao limite máximo de 300 kg/ha)	200
b) Arvenses (Outono-Inverno):	
Aveia para produções de 2 t/ha (por cada aumento/redução de produção de 500 kg/ha, o acréscimo/diminuição de azoto a aplicar é de 15 kg/ha, até ao limite máximo de 120 kg/ha)	75
Colza para produções de 2 t/ha	100
Trigo, cevada e triticale para produções esperadas de 4 t/ha (por cada aumento/diminuição de produção de 1 t/ha, o acréscimo/redução de azoto a aplicar é de 20 kg/ha, até ao limite máximo de 200 kg/ha)	130
c) Culturas forrageiras:	
Gramíneas estremes para produções de 10 t/ha de MS	100
Consociação para produções de 45 t/ha de MV (gramínea/leguminosa)	60
Leguminosas	0
d) Horto-industriais e hortícolas:	
Abóbora/abóboriga (<i>courgette</i>) para produções de 40 t/ha	80
Alface ao ar livre ou forragem:	
Alface de Outono-Inverno para produções de 30 t/ha	100
Alface de Primavera-Verão para produções de 40 t/ha a 50 t/ha	120
Alho comum para produções de 10 t/ha a 14 t/ha	50
Alho francês para produções de 40 t/ha (por cada aumento/diminuição de produção de 10 t/ha, o acréscimo/redução de azoto a aplicar é de 20 kg/ha, até ao limite máximo de 180 kg/ha)	120
Batata para produções de 40 t/ha (por cada aumento/diminuição de produção de 10 t/ha, o acréscimo/redução de azoto a aplicar é de 25 kg/ha), até ao limite máximo de 220 kg/ha	135
Beterraba forrageira para produções de 80 t/ha	180
Beterraba sacarina para produções de 70 t/ha (por cada aumento/diminuição de produção de 10 t/ha, o acréscimo/redução de azoto a aplicar é de 20 kg/ha)	160
Cebola para produções de 40 t/ha (por cada aumento/diminuição de produção de 10 t/ha o acréscimo/redução de azoto a aplicar é de 20 kg/ha, até ao limite máximo de 180 kg/ha)	130
Cenoura para produções de 50 t/ha (por cada aumento de produção de 10 t/ha o acréscimo de azoto a aplicar é de 30 kg/ha, até ao limite máximo de 200 kg/ha)	140
Couves de inflorescência (couve brócolo e couve flor) e couves de bruxelas para produções de 20 t/ha (por cada aumento de produção de 2 t/ha, o acréscimo de azoto a aplicar é de 20 kg/ha, até ao limite máximo de 200 kg/ha)	140
Couves de cabeça para produções de 50 t/ha (por cada aumento de produção de 2 t/ha, o acréscimo de azoto a aplicar é de 3,2 kg/ha, até ao limite máximo de 180 kg/ha)	120
Couves de folhas para produções de 30 t/ha (por cada aumento de produção de 2 t/ha, o acréscimo de azoto a aplicar é de 4 kg/ha, até ao limite máximo de 120 kg/ha)	90
Ervilha (*)	0
Fava (*)	0
Feijão verde:	
Feijão verde ao ar livre para produções de 20 t/ha	70
Feijão verde em forragem para produções de 40 t/ha	100
Grão de bico (*)	0
Grelos de nabo e de couve para produções de 20 t/ha (por cada aumento de produção de 2 t/ha, o acréscimo de azoto a aplicar é de 4 kg/ha, até ao limite máximo de 120 kg/ha)	80
Melancia para produções de 25 t/ha	80
Melão:	
Melão ao ar livre para produções de 40 t/ha	140
Melão em forragem para produções de 70 t/ha	150
Morango para produções de 30 t/ha	100
Morango em forragem para produções de 50 t/ha	80
Nabo em forragem ou ao ar livre para produções de 50 t/ha (por cada aumento/redução de produção de 10 t/ha, o acréscimo/diminuição de azoto a aplicar é de 30 kg/ha, até ao limite máximo de 210 kg/ha)	140

Culturas	Kg de N/ha
Pepino ao ar livre ou em forçagem para produções de 25 t/ha	80
Pimento:	
Pimento ao ar livre para produções de 40 t/ha (por cada aumento/redução de produção de 10t/ha, o acréscimo/diminuição de azoto a aplicar é de 25 kg/ha, até ao limite máximo de 170 kg/ha)	140
Pimento em forçagem para produções de 120 t/ha	150
Tomate:	
Tomate ao ar livre para produções de 70 t/ha (por cada aumento/redução de produção de 10 t/ha, o acréscimo/diminuição de azoto a aplicar é de 20 kg/ha, até ao limite máximo de 260 kg/ha)	140
Tomate em forçagem para produções de 120 t/ha	150
e) Culturas arbóreas e arbustivas:	
Abacateiro para uma produção superior a 15 t/ha	150
Actinida (kiwi) para produções de 30 t/ha (por cada aumento de produção de 5 t/ha, o acréscimo de azoto a aplicar é de 10 kg/ha)	70
Alfarrobeira	100
Ameixeira para uma produção de 20 t/ha (por cada aumento de produção de 2 t/ha, o acréscimo de azoto a aplicar é de 1 kg/ha)	60
Amendoeira para uma produção de 2 t/ha a 3 t/ha	100
Citrinos por árvore e por ano:	
Até 2 anos	50 g
De 2 a 5 anos	200 g
De 5 a 10 anos para uma produção de 40 t (**)	430 g
Damasqueiro para uma produção superior a 10 t/ha	85
Diospreiro para uma produção de 25 t/ha	150
Figueira para uma produção superior a 10 t/ha	120
Framboesa para produções de 3 t/ha (por cada aumento de produção de 1 t/ha, o acréscimo de azoto a aplicar é de 10 kg/ha)	60
Olival tradicional	40
Olival com mais 200 árvores/ha	80
Olival com mais de 2000 árvores/ha	130
Pessegueiro para produções até 30 t/ha (por cada aumento/redução de produção de 10 t/ha, o acréscimo/diminuição de azoto a aplicar é de 20 kg/ha)	90
Pomóideas (pereiras, macieiras e nespereiras) para produções até 20 t/ha (por cada aumento/redução de produção de 10 t/ha, o acréscimo/diminuição de azoto a aplicar é de 10 kg/ha)	40
Vinha:	
Uva de mesa para produções de 15 t/ha (por cada aumento de produção de 1 t/ha, o acréscimo de azoto a aplicar é de 5 kg/ha até ao limite máximo de 100 kg/ha)	65
Uva de vinho para produções de 10 t/ha	50
f) Culturas ornamentais:	
Flores de corte	100
Relvados	200

(*) Admitindo-se 30 kg de N/ha à sementeira.

(**) Para produções acima de 60 t o nível máximo de fertilização azotada permitido é de 480 g de azoto/árvore/ano para o compasso padrão de 6 m x 4 m.

ANEXO VI

(a que se refere o n.º 3 do artigo 9.º)

Armazenamento de efluentes pecuários

1 — A capacidade de armazenamento de efluentes pecuários de uma actividade pecuária deverá ser dimensionada de forma a poder realizar uma gestão adequada e segura dos efluentes pecuários que sejam produzidos tendo em consideração a sua utilização, transferência para terceiros ou eliminação. Para a determinação da capacidade do armazenamento dever-se-á ter em conta a totalidade de efluentes pecuários produzidos, mas também um volume correspondente a um quarto da pluviosidade anual da região, tendo em consideração as áreas de alojamento dos animais cujas águas pluviais não sejam separadas, bem como os restos alimentares dos animais e os materiais utilizados nas camas.

2 — Sem prejuízo do disposto no número anterior, as estruturas de armazenamento e tratamento de efluentes pecuários não podem ser implantadas:

- A menos de 10 m contados das margens das linhas de água;
- A menos de 25 m contados dos locais onde são efectuadas captações de água, sem prejuízo da demais legislação aplicável;
- Nas zonas ameaçadas pelas cheias, tal como definidas na alínea ggg) do artigo 4.º da Lei da Água;
- Numa faixa, medida na horizontal, com a largura de 100 m contados a partir da linha do nível de pleno armazenamento, no caso das albufeiras de águas públicas de serviço público, e da linha limite do leito, no caso das lagoas ou lagos de águas públicas constantes do anexo I do regime de protecção das albufeiras de águas públicas de serviço público e das lagoas ou lagos de águas públicas, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 107/2009, de 15 de Maio.

Anexo2

Número de efectivos bovinos, número de explorações e dimensão média das explorações por
concelhos da AMP

Tabela A1 - Número de efectivos, número de explorações e dimensão média das explorações nos concelhos integrantes da AMP

<i>Concelhos</i>	<i>Dimensão média das explorações</i>					
	<i>Explorações de Leite</i>			<i>Explorações de Carne</i>		
	<i>N.º de efectivos</i>	<i>N.º de explorações</i>	<i>Dimensão média</i>	<i>N.º de efectivos</i>	<i>N.º de explorações</i>	<i>Dimensão média</i>
Gondomar	241	4	60	1 276	118	11
Maia	4 603	53	87	1 310	141	9
Matosinhos	3 910	61	64	1 005	125	8
Póvoa do Varzim	16 551	182	91	1 172	191	6
Santo Tirso	2 456	47	52	1 388	280	5
Trofa	6 149	102	60	975	157	6
Valongo	988	12	82	762	67	11
Vila do Conde	35 455	361	98	2 252	257	9
Vila Nova de Gaia	440	7	63	757	175	4
Espinho	7	1	7	18	7	3
Arouca	3 345	135	25	2 632	744	4
Santa Maria da Feira	1 410	33	43	1 836	437	4
São João da Madeira	0	0	0	75	16	5
Vale de Cambra	357	26	14	1 260	559	2
Oliveira de Azeméis	5 769	93	62	2 033	555	4
Total	81 681	1 117	73	18 751	3 829	5

Anexo 3

Número de Efectivos bovinos por escalão e por freguesia nas explorações com aptidão para leite
e carne da AMP

- Gondomar

Tabela A2 – Número de efectivos por escalão e número de explorações de leite e de carne, em cada freguesia do Concelho de Gondomar

Freguesias	Explorações de Leite					Explorações de carne				
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações
			fêmea	macho				fêmea	macho	
Covelo	0	0	0	0	0	0	6	1	7	6
Fânzeres	9	14	35	0	1	23	31	1	3	15
Foz do Sousa	0	0	0	0	0	105	88	2	5	18
Jovim	22	27	59	0	1	17	19	40	5	10
Lomba	0	0	0	0	0	2	6	0	1	4
Medas	0	0	0	0	0	0	4	1	4	5
Melres	0	0	0	0	0	5	4	2	4	11
Rio Tinto	0	0	0	0	0	107	593	5	19	21
S. Cosme	11	5	17	0	1	7	20	2	10	12
São Pedro da Cova	0	0	0	0	0	10	8	51	20	7
Valbom	0	0	0	0	0	1	6	1	7	2
Baguim do Monte	6	7	29	0	1	6	6	9	2	7
Total Concelho	48	53	140	0	4	283	791	115	87	118

- Maia

Tabela A3 - Número de efectivos por escalão e número de explorações de leite e de carne, em cada freguesia do Concelho da Maia

Freguesias	Explorações de Leite					Explorações de carne				
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações
			fêmea	macho				fêmea	macho	
Águas Santas	60	56	169	1	4	86	92	11	11	24
Barca	40	45	186	0	3	35	68	21	10	13
Folgosa	56	49	151	0	3	108	104	27	15	21
Gemunde	164	124	416	0	8	47	60	1	13	8
Gondim	27	26	54	0	2	4	4	0	0	2
Gueifães	0	0	0	0	0	4	3	12	10	4
Maia	0	0	0	0	0	6	1	2	1	4
Milheirós	0	0	0	0	0	24	30	1	38	10
Moreira	192	130	472	3	9	28	42	8	3	7
Nogueira	0	0	0	0	0	11	9	2	1	6
Avioso (Santa Maria)	131	107	372	5	6	9	36	9	4	10
Avioso (S. Pedro)	91	82	137	0	5	3	23	4	1	4

Tabela A3 - Número de efectivos por escalão e número de explorações de leite e de carne, em cada freguesia do Concelho da Maia (Cont.)

Freguesias	Explorações de Leite					Explorações de carne				
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º
			fêmea	macho	explorações			fêmea	macho	explorações
S. Pedro Afins	98	53	271	1	5	49	62	5	0	8
Silva Escura	75	84	315	4	3	9	15	1	4	7
Vermoim	0	0	0	0	0	8	24	2	0	3
Vila Nova da Telha	61	59	232	4	5	29	41	2	10	7
Pedrouços	0	0	0	0	0	1	4	0	2	3
Total Concelho	995	815	2 775	18	53	461	618	108	123	141

- Matosinhos

Tabela A4 - Número de efectivos por escalão e número de explorações de leite e de carne, em cada freguesia do Concelho de Matosinhos

Freguesias	Explorações de Leite					Explorações de carne				
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º
			fêmea	macho	explorações			fêmea	macho	explorações
Custóias	162	124	368	2	11	50	31	6	12	11
Guifões	58	47	146	1	4	19	30	11	15	16
Lavra	515	438	1 451	4	35	103	67	16	41	19
Leça do Balio	33	26	79	1	3	61	86	16	35	18
Leça da Palmeira	0	0	0	0	0	8	11	3	0	10
Matosinhos	0	0	0	0	0	11	17	0	3	7
Perafita	37	37	129	0	4	71	58	18	19	15
Santa Cruz do Bispo	23	27	100	0	2	26	19	30	2	9
São Mamede de Infesta	22	24	56	0	2	25	28	8	5	15
Senhora da Hora	0	0	0	0	0	23	14	1	6	5
Total Concelho	850	723	2 329	8	61	397	361	109	138	125

- Póvoa do Varzim

Tabela A5 - Número de efectivos por escalão e número de explorações de leite e de carne, em cada freguesia do Concelho da Póvoa do Varzim

Freguesias	Explorações de Leite					Explorações de carne				
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º
			fêmea	macho	explorações			fêmea	macho	explorações
A-Ver-O-Mar	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2
Aguçadoura	0	0	0	0	0	17	37	1	2	9
Amorim	136	104	395	0	9	39	47	8	4	25
Argivai	43	24	109	0	3	11	10	3	4	5
Balazar	1150	876	3 175	10	48	289	144	66	13	34

Tabela A5 - Número de efectivos por escalão e número de explorações de leite e de carne, em cada freguesia do Concelho da Póvoa do Varzim (Cont.)

Freguesias	Explorações de Leite					Explorações de carne				
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações
			fêmea	macho				fêmea	macho	
Beiriz	342	214	580	4	8	4	12	12	0	5
Estela	293	156	649	7	15	32	29	14	1	18
Laundos	336	287	819	2	22	22	20	4	6	11
Navais	0	0	0	0	0	19	33	9	4	19
Póvoa do Varzim	69	37	150	1	3	7	19	5	0	8
Rates	1 198	936	3 246	19	58	107	37	19	4	34
Terroso	206	182	567	2	12	27	34	86	28	24
Total concelho	4 119	3 114	10 547	47	178	574	422	228	69	194

- Santo Tirso

Tabela A6 - Número de efectivos por escalão e número de explorações de leite e de carne, em cada freguesia do Concelho de Santo Tirso

Freguesias	Explorações de Leite					Explorações de carne				
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações
			fêmea	macho				fêmea	macho	
Agrela	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
Água Longa	122	86	361	1	8	30	38	7	3	18
Areias	10	11	34	0	2	4	2	16	0	8
Aves	0	0	0	0	0	8	7	24	11	10
Burgães	19	12	84	0	2	28	17	2	6	7
Carreira	10	7	35	0	1	49	67	2	2	11
Guimarei	4	4	72	0	2	12	5	13	2	9
Lama	13	10	36	0	1	11	6	2	0	4
Lamelas	15	6	31	0	1	17	15	1	5	10
Monte Córdova	34	25	107	0	6	66	26	50	2	45
Palmeira	10	6	19	0	1	5	9	4	0	5
Rebordões	24	18	59	0	1	8	5	3	1	6
Ave	26	31	178	34	6	20	35	12	1	25
Reguenga	113	84	273	3	5	116	133	10	9	20
Roriz	11	12	27	0	2	19	37	20	8	12
Couto (Santa Cristina)	23	16	55	1	2	20	15	7	9	13
Santo Tirso	67	50	142	1	6	34	47	12	10	24
Negrelos (S. Mamede)	0	0	0	0	0	19	10	5	18	13
Campo (S. Martinho)	0	0	0	0	0	5	1	1	0	1
Couto (S. Miguel)	0	0	0	0	0	7	3	2	4	5
Negrelos (S. Tomé)	0	0	0	0	0	15	27	3	4	14
Sequeirô	10	1	12	1	1	3	3	4	0	4
Vilarinho	0	0	0	0	0	29	24	21	13	14
Total Concelho	511	379	1 525	41	47	526	532	221	109	280

- Trofa

Tabela A7 - Número de efectivos por escalão e número de explorações de leite e de carne, em cada freguesia do Concelho da Trofa

Freguesias	Explorações de Leite					Explorações de carne				
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações
			fêmea	macho				fêmea	macho	
Alvarelhos	132	124	323	2	12	22	26	14	5	14
Bougado (Santiago)	549	399	1 508	19	36	70	101	18	8	38
Bougado (S. Martinho)	130	79	307	0	9	24	24	7	5	22
Coronado (S. Mamede)	285	192	665	4	18	71	89	5	4	16
Coronado (S. Romão)	16	25	83	2	3	36	60	8	7	10
Covelas	214	187	568	2	19	63	77	13	34	29
Guidões	45	34	86	3	2	37	33	6	7	15
Muro	31	31	104	0	3	47	40	11	3	13
Total Concelho	1402	1071	3 644	32	102	370	450	82	73	157

- Valongo

Tabela A8 - Número de efectivos por escalão e número de explorações de leite e de carne, em cada freguesia do Concelho de Valongo

Freguesias	Explorações de Leite					Explorações de carne				
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações
			fêmea	macho				fêmea	macho	
Alfena	55	62	157	0	3	99	51	7	10	14
Campo	75	46	176	0	4	22	28	2	12	16
Ermesinde	25	12	37	0	1	147	225	17	12	13
Sobrado	73	59	210	1	4	7	10	6	3	14
Valongo	0	0	0	0	0	45	58	0	1	10
Total Concelho	228	179	580	1	12	320	372	32	38	67

- Vila do Conde

Tabela A9 - Número de efectivos por escalão e número de explorações de leite e de carne, em cada freguesia do Concelho de Vila do Conde

Freguesias	Explorações de Leite					Explorações de carne				
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações
			fêmea	macho				fêmea	macho	
Arcos	541	305	1 166	2	27	60	69	15	13	12
Árvore	342	234	734	2	11	57	15	5	6	4
Aveleda	62	57	141	0	6	5	10	1	1	5
Azurara	27	11	52	2	2	1	0	3	0	1
Bagunte	677	471	1 546	5	28	54	28	17	35	13
Canidelo	75	47	136	1	5	5	21	2	5	7
Fojozes	562	326	1 145	5	13	5	9	4	2	3
Ferreiró	282	189	777	0	15	38	9	1	9	11
Fornelo	130	116	273	2	8	40	72	20	6	6
Gião	245	190	532	3	12	9	12	13	3	6
Guilhabreu	463	325	940	2	6	154	169	19	5	18
Junqueira	719	478	1 702	8	19	38	29	11	17	13
Labruge	454	369	1 106	2	22	42	27	15	9	31
Macieira da Maia	213	161	611	2	13	30	48	2	0	6
Malta	9	11	15	0	1	15	16	3	5	4
Mindelo	349	282	803	3	21	21	19	13	6	13
Modivas	175	129	436	1	7	21	16	2	0	5
Mosteiró	91	55	197	2	4	33	13	1	2	3
Outeiro Maior	295	205	834	1	14	38	13	0	0	3
Parada	66	52	188	5	4	10	8	0	0	3
Retorta	217	159	544	3	8	8	0	0	0	1
Rio Mau	1 023	810	2 611	24	46	145	67	15	9	30
Tougues	154	99	479	0	8	27	25	2	3	8
Touguinha	198	127	426	0	7	92	13	10	1	11
Touguinhó	321	205	720	3	9	22	8	5	3	8
Vairão	329	229	652	4	14	59	20	12	13	8
Vila Chá	153	119	406	1	10	16	11	1	0	7
Vila do Conde	104	63	248	1	6	9	2	3	1	7
Vilar	345	211	686	4	10	24	6	3	0	3
Vilar de Pinheiro	148	140	317	0	5	45	10	3	9	7
Total Concelho	8 769	6 175	20 423	32	361	1 123	765	201	163	257

- Vila Nova de Gaia

Tabela A10 - Número de efectivos por escalão e número de explorações de leite e de carne, em cada freguesia do Concelho de Vila Nova de Gaia

Freguesias	Explorações de Leite					Explorações de carne				
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações
			fêmea	macho				fêmea	macho	
Arcozelo	0	0	0	0	0	2	9	2	1	3
Avintes	0	0	0	0	0	4	1	6	1	5
Canelas	0	0	0	0	0	2	1	0	0	2
Canidelo	8	2	11	0	1	0	0	1	0	1
Crestuma	0	0	0	0	0	0	2	1	1	4
Grijó	27	29	46	1	2	18	24	18	19	18
Gulpilhares	0	0	0	0	0	14	40	13	3	8
Lever	0	0	0	0	0	6	7	0	4	8
Mafamude	0	0	0	0	0	1	7	0	1	4
Olival	46	25	121	0	2	7	18	1	5	11
Oliveira do Douro	0	0	0	0	0	28	26	12	10	10
Pedroso	40	18	50	0	1	23	27	10	6	26
Perosinho	0	0	0	0	0	119	35	7	1	9
Sandim	2	2	12	0	1	23	12	9	5	28
Santa Marinha	0	0	0	0	0	1	0	0	2	2
São Félix da Marinha	0	0	0	0	0	14	7	5	3	7
Seixezelo	0	0	0	0	0	2	5	1	1	3
Sermonde	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
Serzedo	0	0	0	0	0	13	14	17	11	6
Valadares	0	0	0	0	0	0	3	7	0	3
Vilar de Andorinho	0	0	0	0	0	6	3	3	5	8
Vilar do Paraíso	0	0	0	0	0	8	20	8	4	7
Total Concelho	121	74	228	1	7	105	162	64	51	175

- Espinho

Tabela A11 - Número de efectivos por escalão e número de explorações de leite e de carne, em cada freguesia do Concelho de Espinho

Freguesias	Explorações de Leite					Explorações de carne				
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações
			fêmea	macho				fêmea	macho	
Anta	0	0	0	0	0	4	8	0	2	5
Paramos	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Silvalde	2	0	5	0	1	1	0	2	0	1
Total Concelho	2	0	5	0	1	5	8	3	2	7

- Arouca

Tabela A12 - Número de efectivos por escalão e número de explorações de leite e de carne, em cada freguesia do Concelho de Arouca

<i>Freguesias</i>	<i>Explorações de Leite</i>					<i>Explorações de carne</i>				
	<i>< 1 ano</i>	<i>1 - 2 anos</i>	<i>> 2 anos</i>		<i>N.º explorações</i>	<i>< 1 ano</i>	<i>1 - 2 anos</i>	<i>> 2 anos</i>		<i>N.º explorações</i>
			<i>fêmea</i>	<i>macho</i>				<i>fêmea</i>	<i>macho</i>	
Serra	35	20	96	2	13	24	5	62	17	19
Alvarenga	83	27	154	4	19	96	29	139	11	60
Arouca	8	7	19	0	2	54	19	26	1	28
Burgo	48	31	100	0	4	82	29	58	1	65
Cabreiros	15	4	34	0	7	5	2	7	0	7
Canelas	0	0	0	0	0	33	4	32	1	31
Chave	108	66	283	2	17	116	88	28	4	54
Covelo de Paivô	6	2	39	0	8	8	2	29	0	13
Escariz	189	139	532	1	19	85	56	50	13	49
Espiunca	0	0	0	0	0	18	6	32	1	17
Fermedo	64	50	184	12	7	47	64	117	94	33
Janarde	5	2	22	0	3	10	2	23	0	11
Mansores	16	14	56	0	3	35	21	15	2	20
Moldes	42	12	52	0	6	86	30	121	5	79
Rossas	6	6	15	0	1	44	15	43	4	64
Santa Eulália	45	18	112	0	10	79	33	42	7	64
São Miguel do Mato	4	5	9	0	1	46	67	37	3	35
Tropeço	39	40	111	0	5	44	56	19	3	33
Urrô	24	17	69	0	4	51	23	50	2	54
Várzea	66	45	128	1	6	11	1	7	0	8
Total Concelho	561	348	1 463	21	135	578	306	603	143	744

- Santa Maria da Feira

Tabela A13 - Número de efectivos por escalão e número de explorações de leite e de carne, em cada freguesia do Concelho de Santa Maria da Feira

Freguesias	Explorações de Leite					Explorações de carne				
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações
			fêmea	macho				fêmea	macho	
Argoncilhe	0	0	0	0	0	12	20	17	13	24
Arrifana	22	15	10	1	1	15	21	12	9	14
Canedo	66	65	170	0	2	35	108	23	58	69
Escapães	0	0	0	0	0	5	1	8	0	6
Espargo	0	0	0	0	0	1	1	2	1	4
Feira	11	7	28	0	2	14	12	6	5	9
Fiães	1	1	12	1	2	5	5	45	24	8
Fornos	0	0	0	0	0	20	16	7	0	10
Gião	0	0	0	0	0	14	13	3	4	8
Guisande	6	5	20	0	1	9	13	18	12	19
Lobão	36	32	78	2	3	142	132	8	21	20
Louredo	0	0	0	0	0	23	12	0	1	11
Lourosa	19	11	42	1	2	68	31	77	33	17
Milheirós de Poiares	0	0	0	0	0	17	12	6	3	20
Mosteiró	30	16	85	4	3	8	16	9	5	12
Mozelos	0	0	0	0	0	5	9	6	0	6
Regedoura	0	0	0	0	0	0	4	0	1	2
São Paio de Oleiros	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
Paços de Brandão	0	0	0	0	0	3	3	6	3	5
Pigeiros	8	7	24	0	2	1	4	3	5	5
Rio Meão	0	0	0	0	0	8	5	2	9	11
Romariz	21	11	49	0	4	91	37	43	16	49
Sanfins	0	0	0	0	0	4	7	6	1	4
Sanguedo	0	0	0	0	0	1	5	1	2	5
Lamas	0	0	0	0	0	3	7	2	0	2
São João de Ver	0	0	0	0	0	22	13	14	4	15
Caldas de S. Jorge	2	0	7	0	1	20	16	18	3	8
Souto	24	28	65	0	3	13	24	13	3	14
Travanca	20	4	25	0	2	8	14	0	5	12
Vale	82	47	189	0	5	36	42	13	8	42
Vila Maior	0	0	0	0	0	2	2	1	6	5
Total concelho	142	125	318	4	33	295	354	149	148	437

- São João da Madeira

Tabela A14 - Número de efectivos por escalão e número de explorações de leite e de carne, em cada freguesia do Concelho de Santa Maria da Feira

Freguesias	Explorações de Leite					Explorações de carne				
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações
			fêmea	macho				fêmea	macho	
São João da Madeira	0	0	0	0	0	34	18	14	9	16
Total Concelho	0	0	0	0	0	34	18	14	9	16

- Vale de Cambra

Tabela A15- Número de efectivos por escalão e número de explorações de leite e de carne, em cada freguesia do Concelho de Vale de Cambra

Freguesias	Explorações de Leite					Explorações de carne				
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações
			fêmea	macho				fêmea	macho	
Arões	13	12	51	0	9	78	35	195	2	152
São Pedro de Costelões	7	4	12	0	1	141	19	24	12	86
Cepelos	5	2	17	0	3	59	11	56	3	67
Junqueira	10	2	30	2	5	71	29	122	32	83
Macieira de Cambra	7	1	10	0	2	58	19	37	2	58
Roge	6	1	17	0	4	117	22	42	4	77
Vila Chá	34	19	95	0	2	14	3	1	3	13
Vila Nova de Perrinho	0	0	0	0	0	26	14	8	1	23
Total Concelho	82	41	232	2	26	564	152	485	59	559

- Oliveira de Azeméis

Tabela A16 - Número de efectivos por escalão e número de explorações de leite e de carne, em cada freguesia do Concelho de Oliveira de Azeméis

Freguesias	Explorações de Leite					Explorações de carne				
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos		N.º explorações
			fêmea	macho				fêmea	macho	
Carregosa	18	6	111	0	4	91	50	13	7	54
Cesar	0	0	0	0	0	6	10	6	5	14
Fajões	39	23	106	0	3	114	71	42	3	72
Loureiro	493	421	1 297	3	41	179	147	91	16	94
Macieira de Sarnes	0	0	0	0	0	20	13	10	1	11
Macinhata da Seixa	7	7	22	0	1	6	1	0	0	4
Madail	50	43	129	0	3	36	16	3	3	16
Nogueira do Cravo	0	0	0	0	0	4	2	1	0	6
Oliveira de Azeméis	6	8	20	0	1	11	6	1	1	11
Ossela	4	10	17	0	1	71	49	9	2	46
Palmaz	0	0	0	0	0	27	6	2	0	20
Pindelo	0	0	0	0	0	34	17	5	1	29
Pinheiro da Bemposta	0	0	0	0	0	68	48	23	4	48
Santiago de Riba	32	26	88	0	3	22	10	2	2	16
Gândara	561	380	1 259	1	27	113	97	11	14	44
Travanca	22	12	40	0	2	28	11	4	1	18
UL	17	17	42	0	1	44	28	4	2	13
São Roque	16	17	78	0	1	32	23	12	14	12
Cucujães	60	44	217	0	5	89	68	32	18	27
Total Concelho	617	518	1 702	3	93	599	388	183	39	555

Anexo 4

Número de efectivos bovinos, número de explorações e dimensão média e distribuída por classes nas explorações com aptidão para leite nos concelhos da AMP

Tabela A17 – Dimensão das explorações de leite em cada concelho distribuídas por classes

Concelhos	Explorações de Leite				
	≥ 100	$\geq 50 < 100$	$\geq 25 < 50$	$\geq 10 < 25$	< 10
Gondomar	1	1	2	0	0
Maia	15	23	13	2	0
Matosinhos	6	32	21	2	0
Póvoa do Varzim	57	64	43	15	3
Santo Tirso	5	14	14	11	3
Trofa	15	33	37	14	3
Valongo	3	8	0	1	0
Vila do Conde	141	122	70	26	2
Vila Nova de Gaia	2	2	0	3	0
Espinho	0	0	0	0	1
Arouca	4	17	18	58	38
Santa Maria da Feira	3	2	13	11	4
São João da Madeira	0	0	0	0	0
Vale de Cambra	1	0	1	6	18
Oliveira de Azeméis	17	27	39	10	0
Total	270	345	271	159	72

Tabela A18 – Dimensão média e distribuída por classes das explorações de leite, de acordo com o número de fêmeas com mais de 2 anos

Concelhos	N.º fêmeas > 2 anos	>100	$\geq 50 < 100$	$\geq 25 < 50$	$\geq 10 < 25$	<10	N.º explorações	Média
Gondomar	140	0	1	2	1	0	4	35
Maia	2 775	7	17	20	9	0	53	52
Matosinhos	2 329	1	11	35	14	0	61	38
Póvoa do Varzim	9 848	20	54	64	39	5	182	54
Santo Tirso	1525	2	6	20	9	10	47	32
Trofa	3 644	4	16	41	34	7	102	36
Valongo	580	0	5	6	1	0	12	48
Vila do Conde	20 423	34	136	109	73	9	361	57
Vila Nova de Gaia	240	0	2	2	2	1	7	34
Espinho	5	0	0	0	0	1	1	5
Arouca	2 015	1	4	19	30	81	135	15
Santa Maria da Feira	804	1	3	3	18	8	33	24
São João da Madeira	0	0	0	0	0	0	0	0
Vale de Cambra	232	0	1	1	2	22	26	9
Oliveira de Azeméis	3426	2	20	30	39	2	93	37
Total	47 986	72	276	352	271	146	1 117	43

Anexo 5

Potencial de biogás obtido por freguesias da AMP

- Gondomar

Tabela A19 – Quantidade de resíduos e potencial de biogás obtido em m³, GJ e considerando um sistema de co-geração que produza calor (Potencial calorífico e Potencial Eléctrico) em cada freguesia do Concelho de Gondomar

<i>Freguesias</i>	<i>Quantidade Chorume (10³ m³/ano)</i>	<i>Potencial biogás (10³ m³/ano)</i>	<i>Potencial de Biogás (GJ/ano)</i>	<i>Potencial calorífico (GJ/ano)</i>	<i>Potencial eléctrico (MWh)</i>
Covelo	0,1	2,9	69,0	31,1	4,8
Fânzeres	1,4	27,3	651,4	293,1	45,2
Foz do Sousa	1,4	27,1	644,6	290,1	44,8
Jovim	2,9	57,1	1 359,0	611,5	94,4
Lomba	0,1	1,4	32,6	14,7	2,3
Medas	0,1	1,9	46,2	20,8	3,2
Melres	0,1	2,9	69,7	31,4	4,8
Rio Tinto	5,7	110,7	2 637,5	1 186,9	183,2
São Cosme	0,8	16,6	394,5	177,5	27,4
São Pedro da Cova	1,5	29,6	705,0	317,3	49,0
Valbom	0,2	3,0	71,6	32,2	5,0
Baguim do Monte	1,1	20,9	497,1	223,7	34,5
Total do Concelho	15,4	301,3	7 178,1	3 230,1	498,5

- Maia

Tabela A20 - Quantidade de resíduos e potencial de biogás obtido em m³, GJ e considerando um sistema de co-geração que produza calor (Potencial calorífico e Potencial Eléctrico) em cada freguesia do Concelho da Maia

<i>Freguesias</i>	<i>Quantidade Chorume (10³ m³/ano)</i>	<i>Potencial biogás (10³ m³/ano)</i>	<i>Potencial de Biogás (GJ/ano)</i>	<i>Potencial calorífico (GJ/ano)</i>	<i>Potencial eléctrico (MWh)</i>
Águas Santas	6,3	122,5	2 918,4	1 313,3	202,7
Barca	6,2	121,1	2 885,1	1 298,3	200,4
Folgosa	6,4	125,0	2 977,2	1 339,7	206,8
Gemunde	12,4	242,1	5 766,2	2 594,8	400,5
Gondim	1,7	32,3	770,5	346,7	53,5
Gueifães	0,4	8,5	201,4	90,6	14,0
Maia	0,1	1,9	45,7	20,6	3,2
Milheirós	0,8	15,9	379,1	170,6	26,3
Moreira	13,7	268,0	6 384,3	2 872,9	443,4
Nogueira	0,2	3,7	88,4	39,8	6,1
Avioso (Santa Maria)	10,8	210,9	5 024,6	2 261,1	349,0
Avioso (S. Pedro)	4,6	90,3	2 150,0	967,5	149,3
São Pedro de afins	8,1	158,3	3 771,0	1 697,0	261,9
Silva Escura	8,6	168,5	4 014,6	1 806,6	278,8

Tabela A20 - Quantidade de resíduos e potencial de biogás obtido em m³, GJ e considerando um sistema de co-geração que produza calor (Potencial calorífico e Potencial Eléctrico) em cada freguesia do Concelho da Maia (Cont.)

<i>Freguesias</i>	<i>Quantidade Chorume (10³ m³/ano)</i>	<i>Potencial biogás (10³ m³/ano)</i>	<i>Potencial de Biogás (GJ/ano)</i>	<i>Potencial calorífico (GJ/ano)</i>	<i>Potencial eléctrico (MWh)</i>
Vermoim	0,3	5,5	131,5	59,2	9,1
Vila Nova da Telha	6,8	133,7	3 185,1	1 433,3	221,2
Pedrouços	0,1	1,2	27,7	12,5	1,9
Total do Concelho	87,3	1 709,5	40 720,9	18 324,4	2 828,1

- Matosinhos

Tabela A21 - Quantidade de resíduos e potencial de biogás obtido em m³, GJ e considerando um sistema de co-geração que produza calor (Potencial calorífico e Potencial Eléctrico) em cada freguesia do Concelho de Matosinhos

<i>Freguesias</i>	<i>Quantidade Chorume (10³ m³/ano)</i>	<i>Potencial biogás (10³ m³/ano)</i>	<i>Potencial de Biogás (GJ/ano)</i>	<i>Potencial calorífico (GJ/ano)</i>	<i>Potencial eléctrico (MWh)</i>
Custóias	11,2	218,5	5 204,6	2 342,1	361,5
Guifões	4,8	94,5	2 250,5	1 012,7	156,3
Lavra	41,7	815,8	19 432,1	8 744,4	1 349,6
Leça do Balio	4,0	78,2	1 862,3	838,0	129,3
Leça da Palmeira	0,2	3,9	93,7	42,2	6,5
Matosinhos	0,2	4,5	107,0	48,2	7,4
Perafita	4,9	96,8	2 305,3	1 037,4	160,1
Santa Cruz do Bispo	3,6	71,4	1 701,7	765,8	118,2
São Mamede de Infesta	2,2	43,1	1 026,5	461,9	71,3
Senhora da Hora	0,3	6,4	152,7	68,7	10,6
Total do Concelho	73,2	1433,1	34136,3	15361,4	2370,8

- Póvoa de Varzim

Tabela A22 - Quantidade de resíduos e potencial de biogás obtido em m³, GJ e considerando um sistema de co-geração que produza calor (Potencial calorífico e Potencial Eléctrico) em cada freguesia do Concelho da Póvoa de Varzim

<i>Freguesias</i>	<i>Quantidade Chorume (10³ m³/ano)</i>	<i>Potencial biogás (10³ m³/ano)</i>	<i>Potencial de Biogás (GJ/ano)</i>	<i>Potencial calorífico (GJ/ano)</i>	<i>Potencial eléctrico (MWh)</i>
A-Ver-O-Mar	0,1	1,1	26,1	11,8	1,8
Aguçadoura	0,4	8,5	202,6	91,2	14,1
Amorim	11,5	224,8	5 354,5	2 409,5	371,9
Argivai	3,2	62,4	1 487,0	669,1	103,3
Balazar	90,9	1 778,8	42 370,8	19 066,9	2 942,7
Beiriz	17,4	340,0	8 099,7	3 644,9	562,5
Estela	17,6	344,3	8 200,6	3 690,3	569,5

Tabela A22 - Quantidade de resíduos e potencial de biogás obtido em m³, GJ e considerando um sistema de co-geração que produza calor (Potencial calorífico e Potencial Eléctrico) em cada freguesia do Concelho da Póvoa de Varzim (Cont.)

Freguesias	Quantidade Chorume (10 ³ m ³ /ano)	Potencial biogás (10 ³ m ³ /ano)	Potencial de Biogás (GJ/ano)	Potencial calorífico (GJ/ano)	Potencial eléctrico (MWh)
Laúndos	23,4	458,9	10 930,5	4 918,7	759,1
Navais	1,6	32,0	763,1	343,4	53,0
Póvoa de Varzim	6,6	128,9	3 071,1	1 382,0	213,3
Rates	88,2	1 726,7	41 130,7	18 508,8	2 856,5
Terroso	20,1	392,6	9 351,4	4 208,1	649,5
Total do Concelho	280,9	5 499,1	130 988,0	58 944,6	9 097,1

- Santo Tirso

Tabela A23 - Quantidade de resíduos e potencial de biogás obtido em m³, GJ e considerando um sistema de co-geração que produza calor (Potencial calorífico e Potencial Eléctrico) em cada freguesia do Concelho de Santo Tirso

Freguesias	Quantidade Chorume (10 ³ m ³ /ano)	Potencial biogás (10 ³ m ³ /ano)	Potencial de Biogás (GJ/ano)	Potencial calorífico (GJ/ano)	Potencial eléctrico (MWh)
Agrela	0,02	0,3	7,7	3,5	0,5
Água Longa	10,3	202,3	4 819,4	2 168,7	334,7
Areias	1,3	26,1	620,6	279,3	43,1
Aves	0,8	15,1	360,4	162,2	25,0
Burgães	2,5	49,6	1 181,8	531,8	82,1
Carreira	1,8	35,0	834,4	375,5	57,9
Guimarei	2,1	41,8	996,4	448,4	69,2
Lama	1,1	22,2	528,8	237,9	36,7
Lamelas	1,1	22,2	529,2	238,2	36,8
Monte Córdova	4,6	89,9	2 140,7	963,3	148,7
Palmeira	0,7	14,3	341,1	153,5	23,7
Rebordões	1,8	35,2	837,9	377,1	58,2
Refojos de Riba de Ave	5,5	108,4	2 581,3	1 161,6	179,3
Reguenga	9,6	188,6	4 493,3	2 022,0	312,1
Roriz	1,7	33,8	804,8	362,2	55,9
Couto (Santa Cristina)	2,0	39,6	942,1	424,0	65,4
Santo Tirso	5,0	97,8	2 328,8	1 048,0	161,7
Negrelos (São Mamede)	0,5	9,7	232,0	104,4	16,1
Campo (São Martinho)	0,1	1,1	27,3	12,3	1,9
Couto (São Miguel)	0,2	3,0	71,1	32,0	4,9
Negrelos (São Tomé)	0,4	8,1	191,9	86,3	13,3
Sequeirô	0,5	9,4	225,0	101,2	15,6
Vilarinho	1,0	19,1	455,8	205,1	31,7
Total do Concelho	54,8	1 072,7	25 551,7	11 498,3	1 774,6

- Trofa

Tabela A24 - Quantidade de resíduos e potencial de biogás obtido em m³, GJ e considerando um sistema de co-geração que produza calor (Potencial calorífico e Potencial Eléctrico) em cada freguesia do Concelho da Trofa

<i>Freguesias</i>	<i>Quantidade Chorume (10³m³/ano)</i>	<i>Potencial biogás (10³m³/ano)</i>	<i>Potencial de Biogás (GJ/ano)</i>	<i>Potencial calorífico (GJ/ano)</i>	<i>Potencial eléctrico (MWh)</i>
Alvarelhos	9,9	193,3	4 604,5	2 072,0	319,8
Bougado (Santiago)	42,8	837,8	19 956,4	8 980,4	1 386,0
Bougado (São Martinho)	8,9	175,2	4 172,2	1 877,5	289,8
Coronado (São Mamede)	19,7	385,7	9 187,5	4 134,4	638,1
Coronado (São Romão)	3,2	61,8	1 472,5	662,6	102,3
Covelas	17,4	340,5	8 110,6	3 649,8	563,3
Guidões	3,2	62,9	1 498,1	674,2	104,0
Muro	3,7	71,9	1 713,6	771,1	119,0
Total do Concelho	108,8	2 129,1	50 715,5	22 822,0	3 522,2

- Valongo

Tabela A25 - Quantidade de resíduos e potencial de biogás obtido em m³, GJ e considerando um sistema de co-geração que produza calor (Potencial calorífico e Potencial Eléctrico) em cada freguesia do Concelho de Valongo

<i>Freguesias</i>	<i>Quantidade Chorume (10³m³/ano)</i>	<i>Potencial biogás (10³m³/ano)</i>	<i>Potencial de Biogás (GJ/ano)</i>	<i>Potencial calorífico (GJ/ano)</i>	<i>Potencial eléctrico (MWh)</i>
Alfena	5,6	110,3	2 626,5	1 181,9	182,4
Campo	5,4	104,8	2 495,3	1 122,9	173,3
Ermesinde	4,2	82,5	1 965,8	884,6	136,5
Sobrado	6,0	117,5	2 799,5	1 259,8	194,4
Valongo	0,7	14,1	336,9	151,6	23,4
Total do Concelho	21,9	429,2	10 224,0	4 600,8	710,1

- Vila do Conde

Tabela A26 - Quantidade de resíduos e potencial de biogás obtido em m³, GJ e considerando um sistema de cogeração que produza calor (Potencial calorífico e Potencial Eléctrico) em cada freguesia do Concelho de Vila do Conde

<i>Freguesias</i>	<i>Quantidade Chorume (10³m³/ano)</i>	<i>Potencial biogás (10³m³/ano)</i>	<i>Potencial de Biogás (GJ/ano)</i>	<i>Potencial calorífico (GJ/ano)</i>	<i>Potencial eléctrico (MWh)</i>
Arcos	33,6	658,2	15 678,8	7 055,5	1 088,9
Árvore	21,3	416,4	9 918,4	4 463,3	688,8
Aveleda	4,2	81,9	1949,7	877,4	135,4
Azurara	1,5	29,9	712,9	320,8	49,5
Bagunte	44,4	869,2	20 703,4	9 316,5	1 437,8
Canidelo	4,2	82,7	1 969,6	886,3	136,8
Fajozes	32,3	632,3	15 061,9	6 777,9	1 046,0
Ferreiró	21,3	417,7	9948,9	4477,0	691,0
Fornelo	9,3	181,4	4 320,5	1 944,2	300,1
Gião	15,6	305,6	7 280,4	3 276,2	505,6
Guilhabreu	29,5	577,1	13 745,6	6 185,5	954,6
Junqueira	47,9	937,5	22 331,6	10 049,2	1 550,9
Labruge	31,8	622,5	14 827,6	6 672,4	1 029,8
Maceira da Maia	17,1	335,3	7 987,1	3 594,2	554,7
Malta	0,8	16,0	380,9	171,4	26,5
Mindelo	23,3	456,3	10 868,9	4 891,0	754,8
Modivas	12,3	241,2	5 745,9	2 585,7	399,1
Mosteiró	5,8	114,0	2 715,6	1 222,0	188,6
Outeiro Maior	22,8	445,7	10 616,4	4 777,4	737,3
Parada	5,3	103,3	2 460,5	1 107,2	170,9
Retorta	15,1	294,7	7 019,6	3 158,8	487,5
Rio Mau	74,2	1 452,5	34 598,2	15 569,2	2 402,8
Tougues	13,1	256,1	6100,5	2745,2	423,7
Touguinha	12,8	249,7	5 946,9	2 676,1	413,0
Touguinhó	20,3	398,0	9 480,1	4 266,0	658,4
Vairão	19,6	383,4	9 132,0	4 109,4	634,2
Vila Chã	11,3	222,0	5 288,3	2 379,7	367,3
Vila do Conde	6,9	135,8	3 234,3	1 455,4	224,6
Vilar	19,7	384,8	9 165,4	4 124,4	636,5
Vilar de Pinheiro	9,7	190,3	4 532,4	2 039,6	314,8
Total do Concelho	587,0	11 491,3	273 722,5	123 175,1	19 010,0

- Vila Nova de Gaia

Tabela A27 - Quantidade de resíduos e potencial de biogás obtido em m³, GJ e considerando um sistema de co-geração que produza calor (Potencial calorífico e Potencial Eléctrico) em cada freguesia do Concelho de Vila Nova de Gaia

<i>Freguesias</i>	<i>Quantidade Chorume (10³m³/ano)</i>	<i>Potencial biogás (10³m³/ano)</i>	<i>Potencial de Biogás (GJ/ano)</i>	<i>Potencial calorífico (GJ/ano)</i>	<i>Potencial eléctrico (MWh)</i>
Arcozelo	0,1	2,7	65,3	29,4	4,5
Avintes	0,2	3,5	83,5	37,6	5,8
Canelas	0,0	0,4	8,9	4,0	0,6
Canidelo	0,3	6,6	156,7	70,5	10,9
Crestuma	0,1	1,0	23,3	10,5	1,6
Grijó	2,4	46,3	1102,0	495,9	76,5
Gulpilhares	0,7	14,3	339,9	153,0	23,6
Lever	0,1	2,6	62,0	27,9	4,3
Mafamude	0,1	1,4	33,8	15,2	2,3
Olival	3,5	68,4	1 630,3	733,7	113,2
Oliveira do Douro	0,7	14,6	348,8	156,9	24,2
Pedroso	2,2	42,1	1 003,7	451,6	69,7
Perosinho	1,1	21,7	515,9	232,2	35,8
Sandim	0,8	15,4	367,2	165,2	25,5
Santa Marinha	0,0	0,5	12,8	5,8	0,9
São Félix da Marinha	0,3	5,5	131,0	59,0	9,1
Seixezelo	0,1	1,7	39,6	17,8	2,8
Sermonde	0,0	0,1	2,6	1,2	0,2
Serzedo	0,7	13,6	324,3	145,9	22,5
Valadares	0,2	3,6	86,3	38,8	6,0
Vilar de Andorinho	0,2	3,5	84,4	38,0	5,9
Vilar do Paraíso	0,4	8,5	201,4	90,6	14,0
Total do Concelho	10,4	204,0	4 858,1	2 186,2	337,4

- Espinho

Tabela A28 - Quantidade de resíduos e potencial de biogás obtido em m³, GJ e considerando um sistema de co-geração que produza calor (Potencial calorífico e Potencial Eléctrico) em cada freguesia do Concelho de Espinho

<i>Freguesias</i>	<i>Quantidade Chorume (10³m³/ano)</i>	<i>Potencial biogás (10³m³/ano)</i>	<i>Potencial de Biogás (GJ/ano)</i>	<i>Potencial calorífico (GJ/ano)</i>	<i>Potencial eléctrico (MWh)</i>
Anta	0,1	2,1	50,4	22,7	3,5
Paramos	0,0	0,5	10,7	4,8	0,7
Silvalde	0,2	3,5	82,8	37,2	5,7
Total do Concelho	0,3	6,0	143,8	64,7	10,0

- Arouca

Tabela A29 - Quantidade de resíduos e potencial de biogás obtido em m³, GJ e considerando um sistema de co-geração que produza calor (Potencial calorífico e Potencial Eléctrico) em cada freguesia do Concelho de Arouca

<i>Freguesias</i>	<i>Quantidade Chorume (10³m³/ano)</i>	<i>Potencial biogás (10³m³/ano)</i>	<i>Potencial de Biogás (GJ/ano)</i>	<i>Potencial calorífico (GJ/ano)</i>	<i>Potencial eléctrico (MWh)</i>
Albergaria da Serra	4,4	85,5	2 036,5	916,4	141,4
Alvarenga	8,3	163,2	3 887,1	1749,2	270,0
Arouca	1,6	31,2	743,7	334,7	51,7
Burgo	4,8	94,7	2 256,8	1 015,6	156,7
Cabreiros	1,1	21,6	513,4	231,0	35,7
Canelas	1,0	18,8	447,9	201,5	31,1
Chave	9,7	189,5	4 515,0	2 031,7	313,6
Covelo de Paivô	1,7	32,7	780,1	351,0	54,2
Escariz	16,6	325,1	7 743,5	3 484,6	537,8
Espiunca	0,9	17,5	416,9	187,6	29,0
Fermedo	9,6	188,1	4 481,6	2 016,7	311,2
Janarde	1,1	22,5	536,0	241,2	37,2
Mansores	2,2	43,4	1 033,0	464,9	71,7
Moldes	5,1	99,3	2 365,9	1 064,6	164,3
Rossas	1,8	35,6	849,1	382,1	59,0
Santa Eulália	4,7	92,2	2 195,7	988,1	152,5
São Miguel do Mato	1,9	38,0	905,5	407,5	62,9
Tropeço	4,2	83,1	1 980,5	891,2	137,5
Urrô	3,5	68,3	1 628,0	732,6	113,1
Várzea	3,9	76,5	1 822,0	819,9	126,5
Total do Concelho	60,8	1 190,5	28 358,2	12 761,2	1 969,5

- Santa Maria da Feira

Tabela A30 - Quantidade de resíduos e potencial de biogás obtido em m³, GJ e considerando um sistema de co-geração que produza calor (Potencial calorífico e Potencial Eléctrico) em cada freguesia do Concelho de Santa Maria da Feira

<i>Freguesias</i>	<i>Quantidade Chorume (10³ m³/ano)</i>	<i>Potencial biogás (10³ m³/ano)</i>	<i>Potencial de Biogás (GJ/ano)</i>	<i>Potencial calorífico (GJ/ano)</i>	<i>Potencial eléctrico (MWh)</i>
Argoncilhe	0,8	14,9	354,4	159,5	24,6
Arrifana	1,1	21,7	516,4	232,4	35,9
Canedo	7,0	137,3	3 271,6	1 472,2	227,2
Escapães	0,2	4,3	102,3	46,1	7,1
Espargo	0,1	1,4	32,9	14,8	2,3
Feira	1,1	22,1	525,3	236,4	36,5
Fiães	1,7	32,6	777,3	349,8	54,0
Fornos	0,4	7,8	186,0	83,7	12,9
Gião	0,3	5,8	137,1	61,7	9,5
Guisande	1,2	24,1	574,7	258,6	39,9
Lobão	4,5	88,5	2 108,5	948,8	146,4
Louredo	0,2	4,6	108,9	49,0	7,6
Lourosa	3,9	76,8	1 830,4	823,7	127,1
Milheirós de Poiares	0,4	7,1	168,1	75,6	11,7
Mosteiró	2,7	53,4	1 271,1	572,0	88,3
Mozelos	0,2	4,6	110,7	49,8	7,7
Nogueira da Regedoura	0,0	0,8	20,0	9,0	1,4
São Paio de Oleiros	0,0	0,4	10,3	4,6	0,7
Paços de Brandão	0,2	4,1	98,6	44,4	6,8
Pigeiros	0,8	15,9	379,3	170,7	26,3
Rio Meão	0,2	4,5	106,8	48,0	7,4
Romariz	3,3	64,4	1 535,0	690,7	106,6
Sanfins	0,2	4,4	105,8	47,6	7,4
Sanguedo	0,1	1,8	42,2	19,0	2,9
Santa Maria de Lamas	0,1	2,3	55,3	24,9	3,8
São João de Ver	0,6	11,6	275,6	124,0	19,1
Caldas de São Jorge	0,9	16,8	399,6	179,8	27,8
Souto	2,4	47,9	1 140,7	513,3	79,2
Travanca	0,9	18,2	432,7	194,7	30,1
Vale	6,1	119,3	2 842,0	1 278,9	197,4
Vila Maior	0,1	2,3	54,1	24,3	3,8
Total do Concelho	18,6	365,0	8 695,4	3 912,9	603,9

- São João da Madeira

Tabela A31 - Quantidade de resíduos e potencial de biogás obtido em m³, GJ e considerando um sistema de co-geração que produza calor (Potencial calorífico e Potencial Eléctrico) em cada freguesia do Concelho de São João da Madeira

<i>Freguesias</i>	<i>Quantidade Chorume (10³m³/ano)</i>	<i>Potencial biogás (10³m³/ano)</i>	<i>Potencial de Biogás (GJ/ano)</i>	<i>Potencial calorífico (GJ/ano)</i>	<i>Potencial eléctrico (MWh)</i>
São João da Madeira	0,8	14,7	350,6	157,8	24,4
Total do Concelho	0,8	14,7	350,6	157,8	24,4

- Vale de Cambra

Tabela A32 - Quantidade de resíduos e potencial de biogás obtido em m³, GJ e considerando um sistema de co-geração que produza calor (Potencial calorífico e Potencial Eléctrico) em cada freguesia do Concelho de Vale de Cambra

<i>Freguesias</i>	<i>Quantidade Chorume (10³m³/ano)</i>	<i>Potencial biogás (10³m³/ano)</i>	<i>Potencial de Biogás (GJ/ano)</i>	<i>Potencial calorífico (GJ/ano)</i>	<i>Potencial eléctrico (MWh)</i>
Arões	6,6	128,3	3 057,1	1 375,7	212,3
São Pedro de Castelões	2,0	38,3	913,0	410,8	63,4
Cepelos	2,2	42,4	1 010,9	454,9	70,2
Junqueira	4,6	89,3	2 127,9	957,5	147,8
Macieira de Cambra	1,6	31,7	755,6	340,0	52,5
Roge	2,3	44,3	1 054,5	474,5	73,2
Vila Chã	2,7	52,5	1 250,1	562,5	86,8
Vila Cova de Perrinho	0,5	8,8	209,8	94,4	14,6
Total do Concelho	22,3	435,7	10 378,8	4 670,5	720,8

- Oliveira de Azeméis

Tabela A33 - Quantidade de resíduos e potencial de biogás obtido em m³, GJ e considerando um sistema de co-geração que produza calor (Potencial calorífico e Potencial Eléctrico) em cada freguesia do Concelho de Oliveira de Azeméis

<i>Freguesias</i>	<i>Quantidade Chorume (10³ m³/ano)</i>	<i>Potencial biogás (10³ m³/ano)</i>	<i>Potencial de Biogás (GJ/ano)</i>	<i>Potencial calorífico (GJ/ano)</i>	<i>Potencial eléctrico (MWh)</i>
Carregosa	4,0	77,8	1 854,1	834,4	128,8
Cesar	0,3	6,0	142,7	64,2	9,9
Fajões	5,0	98,5	2 345,6	1 055,5	162,9
Loureiro	40,4	790,3	18 825,0	8 471,2	1 307,4
Macieira de Sarnes	0,5	8,9	212,2	95,5	14,7
Macinhata da Seixa	0,6	12,6	299,1	134,6	20,8
Madail	4,0	78,6	1 871,6	842,2	130,0
Nogueira do Cravo	0,1	1,2	28,4	12,8	2,0
Oliveira de Azeméis	0,7	13,7	326,2	146,8	22,7
Ossela	1,5	29,5	701,5	315,7	48,7
Palmaz	0,2	4,7	113,1	50,9	7,9
Pindelo	0,4	8,8	209,4	94,2	14,5
Pinheiro da Bemposta	1,3	26,1	620,6	279,3	43,1
Santiago de Riba-UL	2,7	52,4	1 248,2	561,7	86,7
São Martinho da Gândara	36,9	722,3	17 204,7	7 742,1	1 194,9
Travanca	1,5	29,0	691,0	311,0	48,0
UL	1,8	34,8	827,9	372,5	57,5
São Roque	2,8	55,0	1 309,3	589,2	90,9
Vila de Cucujães	7,6	149,6	3 562,6	1 603,2	247,4
Total do Concelho	57,8	1 130,5	26 928,9	12 118,0	1 870,2

Anexo 6

Referenciação das Explorações com aptidão para leite da Póvoa de Varzim

Tabela A34 – Referenciação das Explorações com aptidão para leite no Concelho da Póvoa do Varzim

Freguesias	Código da Exploração	Fêmeas >2 anos	Freguesias	Código da Exploração	Fêmeas >2 anos	Freguesia	Código da exploração	Fêmeas > 2 anos
Amorim	AXB70	41	Balazar	AXC45	13	Estela	AXJ89	43
	AXC30	19		AXC74	26		AXN43	124
	AXB13	18		AXC99	84		AXJ68	42
	AXB86	17		AXB36	50		AXL02	14
	AXP84	126		AXA15	258		AXJ94	40
	AXT21	48		AXC89	31		AXN10	25
	AXC04	31		AXC32	49		AXN92	38
	AXA91	44		AXB80	220		AXG22	84
AXC36	52	AXB34		30	AXG73	62		
Argivai	AXF74	12		AXD18	54	AXF72	43	
	AXW85	78		AXA90	34	AXG74	12	
	AXF55	19		AXD95	112	AXH76	15	
Balazar	AXC77	322		AXC83	35	AXJ37	15	
	AXD94	58		AXB02	23	AXG33	50	
	AXC43	11		AXS78	55	AXG69	13	
	AXD05	16		AXS24	33	AXH02	51	
	AXC78	40	AXW09	86	AXG35	36		
	AXE67	34	AXB03	44	AXF39	14		
	AXE42	144	AXC71	25	AXF94	69		
	AXC88	76	AXC63	102	AXW33	33		
	AXB81	4	AXB75	64	AXU22	21		
	AXC57	88	AXC96	76	AXF97	22		
	AXT01	53	AXD36	78	AXR32	59		
	AXC49	32	AXD42	31	AXW95	41		
	AXA44	76	AXD51	77	AXG40	66		
	AXC67	83	AXD31	154	AXJ38	23		
	AXN84	13	AXR63	25	AXG93	20		
	AXL81	18	AXD72	10	AXC61	17		
	AXA87	34	AXR01	76	AXG39	53		
	AXD19	45	AXD22	26	AXG15	89		
	AXC73	95	AXP49	11	AXR77	35		
	AXC72	29	AXJ93	20	AXG23	26		
	AXC39	39	AXP40	40				
	AXC37	125	AXF52	18				
	AXB40	30	AXR47	105				
	AXA76	62	AXJ98	55				
AXB55	74	AXM40	46					
AXB38	60	AXJ99	26					
						Póvoa de Varzim		

Tabela A34 – Referenciação das Explorações com aptidão para leite no Concelho da Póvoa do Varzim (Cont.)

Freguesia	Código da Exploração	Fêmeas >2 anos	Freguesia	Código da Exploração	Fêmeas >2 anos
Rates	AXM09	88	Rates	AXM71	57
	AXA49	42		AXJ16	138
	AXS07	22		AXJ55	33
	AXL87	29		AXN32	6
	AXL88	41		AXM80	149
	AXM20	43		AXP82	40
	AXJ54	50		AXL31	11
	AXR24	31		AXJ28	49
	AXM52	98		AXJ64	120
	AXP33	48		AXJ03	59
	AXM35	41		AXL84	171
	AXP53	160		AXM81	89
	AXS48	91		AXL93	73
	AXJ57	23		AXR04	155
	AXW31	85		AXM70	34
	AXP35	20		AXP55	48
	AXM39	25		AXN31	36
	AXH66	8		AXS11	113
	AXN13	34		AXW79	93
	AXL92	28		AXL86	24
	AXW20	38	Terroso	AXL39	80
	AXP54	123		AXL54	48
	AXP21	96		AXB83	89
	AXM62	33		AXU92	40
	AXU08	33		AXL78	53
	AXM17	10		AXJ58	53
	AXP72	6		AXR97	64
	AXP04	26		AXT20	30
	AXM63	13		AXR42	19
	AXP19	103		AXD59	17
	AXM04	15		AXL68	46
	AXM64	20		AXL13	28
	AXM27	19			
AXN46	73				
AXM69	29				
AXP37	58				
AXS75	58				
AXN11	86				