



**Universidade dos Açores**  
**Departamento de Ciências Agrárias**

## **Gestão de Resíduos de Avicultura e Cunicultura**

Dissertação de Mestrado em Produção Animal

**Luciana Castroviejo de Oliveira Vilela**

Angra do Heroísmo

2004



**Universidade dos Açores**  
**Departamento de Ciências Agrárias**

**Gestão de Resíduos de Avicultura e Cunicultura**

Dissertação de Mestrado em Produção Animal

**Luciana Castroviejo de Oliveira Vilela**

Orientador na Universidade dos Açores

Prof. Doutor António Félix

Angra do Heroísmo  
2004



628.4  
V 755g

“A mente que se abre a uma nova idéia  
jamais volta ao seu tamanho original”  
(Albert Einstein)

Aos meus Pais, meu Irmão e minha avó Dinda

## **Agradecimentos**

Primeiramente gostaria de agradecer de forma especial ao meu orientador da Universidade dos Açores, Prof. António Félix, por toda ajuda e atenção dispensada durante a execução desta tese, pelas críticas e sugestões, assim como, por todo apoio demonstrado.

Ao Eng.º Pedro Carteiro pelo apoio, incentivo, e sobretudo pela amizade.

Ao Eng.º Rui Berkemeier pela oportunidade proporcionada, pela sua colaboração e boa disposição.

A Eng.ª Maria de Lurdes Matos e a todos do Laboratório de Solos da Universidade dos Açores, pela ajuda, colaboração e apoio demonstrados.

Aos meus pais de maneira especial por tudo e principalmente por me apoiarem mais uma vez na realização deste meu sonho.

Ao meu irmão Leandro por toda força e amizade.

A todos os amigos que ganhei nesta ilha, pela amizade e hospitalidade durante todo o tempo.

Aos meus amigos Rui Metelo, Laila e a todos que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho.

## Índice

1. Enquadramento .....	- 1 -
2. Objectivos .....	- 5 -
3. A actividade agro-pecuária mundial.....	- 7 -
3.1. Características da produção avícola .....	- 9 -
3.1.1. Composição dos excrementos de aves.....	- 12 -
3.2. Características da produção cunícola .....	- 14 -
3.2.1. Composição dos dejectos de coelhos .....	- 17 -
4. A importância da gestão dos resíduos de origem animal.....	- 18 -
5. Legislação .....	- 21 -
5.1. Enquadramento legal da gestão de resíduos da produção animal na União Europeia.....	- 21 -
5.2. Enquadramento legal da gestão de resíduos da produção animal no Brasil.....	- 27 -
6. Plano de gestão de resíduos de origem animal.....	- 29 -
6.1 Ordenamento do território e instalações avícolas .....	- 31 -
6.2 Recolha de resíduos.....	- 35 -
6.3. Armazenamento de resíduos .....	- 36 -
6.4. Tratamento de resíduos.....	- 39 -
6.4.1 Lagoas e tanques de contenção e tratamento.....	- 39 -
6.4.2 Compostagem .....	- 41 -
6.4.3. Vermicompostagem .....	- 47 -
6.4.3.1. Sistemas de canteiros .....	- 49 -
6.4.4. Incineração .....	- 56 -
6.4.5. Digestão anaeróbia .....	- 58 -
6.4.5.1. Biodigestor .....	- 67 -
6.4.5.2. Produção de biogás .....	- 70 -
6.4.5.3. Biofertilizantes .....	- 73 -
7. Materiais e métodos .....	- 76 -
8. Resultados e Discussões .....	- 79 -
9. Análise do potencial económico da gestão de resíduos de origem animal.....	- 87 -
10. Considerações finais.....	- 91 -
11. Bibliografia .....	- 93 -

## Resumo

O presente trabalho destina-se a avaliar as potencialidades e a propor soluções de valorização dos resíduos de origem animal, produzidos na avicultura e cunicultura em Portugal, através da produção de biofertilizantes e biogás. Nessa perspectiva, pretendeu-se contribuir para o levantamento da produção avícola e cunícula em Portugal, recorrendo a dados oficiais e não oficiais.

A cunicultura em Portugal, tem merecido pouca atenção por parte das entidades oficiais, talvez por isso, não foi localizado qualquer tipo de dados oficiais para a caracterização e quantificação dos resíduos produzidos pela cunicultura portuguesa. Quanto à avicultura, ela encontra-se em franco desenvolvimento e em fase de especialização, produzindo-se carne, ovos, codornizes e avestruzes.

Verificou-se neste estudo que a maioria das explorações avícolas portuguesas não faz a gestão dos resíduos de origem animal numa perspectiva económica, mas mais numa perspectiva de cumprir as regras comunitárias. Assim há que implementar uma perspectiva de sustentabilidade que optimize a produção procurando aumentar a competitividade das explorações agro-industriais no mercado, minimize os impactos ambientais com o aproveitamento dos recursos naturais e mantenha a saúde e o bem-estar animal e humano. De facto, a prática está em perfeito desacordo com a teoria, visto que até existem em Portugal alguns meios técnicos, financiados pela União Europeia para a implementação de uma gestão sustentável de resíduos, mas falta a vontade e o conhecimento técnico especializado tornam esse realidade desajustada.

As análises realizadas a fezes e camas de explorações avícolas e cunículas, nos Açores e Continente Português revelaram existir diferenças entre explorações e espécies animais produzidas. Dependendo do tipo de valorização de resíduos que se pretenda atingir, produção de biofertilizante sólido, produção de biofertilizante

líquido, produção de biogás ou uma combinação deles, há que estudar as características físicas e químicas dos resíduos bem como os impactos ambientais resultantes do tratamento e não tratamento.

Uma simulação da valoração económica dos resíduos produzidos em aviários típicos, permite concluir que os lucros podem ser substanciais em aviários com mais de 6000 frangos efectivos. Há diferenças significativas nos lucros resultantes da valorização energética e agrícola dos resíduos de um aviário vocacionado para a produção de carne e de um vocacionado para a produção de ovos.

A gestão dos resíduos dos aviários portugueses poderá contribuir para uma diminuição efectiva das emissões de gases que produzem efeito de estufa, com nítidos benefícios para o País na nova lógica do mercado de carbono.

## 1. Enquadramento

O desenvolvimento agro-pecuário mundial tornou-se motivo de preocupação, devido ao elevado volume de resíduos orgânicos produzidos nas explorações e ao seu lançamento directo no meio ambiente. Esta problemática engloba actualmente a gestão de resíduos dos matadouros e dos demais órgãos ou actividades ligadas à agro-pecuária, pelas seguintes razões: condicionantes energéticas, crescentes preocupações ambientais e preservação da saúde pública e animal.

Durante a crise energética, da década de 70, surgiu a hipótese do uso dos resíduos de origem animal para produção energia, biogás e adubos naturais para a agricultura. Segundo SILVESTINI (2001) desde então as organizações ambientais estudam a possibilidade de se utilizar os resíduos da avicultura para produzir energia e biogás.

De acordo com CAMPOS *et al.* (2002) a contaminação do solo, lagos e rios pelos resíduos animais, a infiltração de águas residuais no lençol freático e o desenvolvimento de moscas e maus cheiros são alguns dos problemas de poluição ambiental provocados pelos dejectos animais. Nesta perspectiva, os vários sectores da produção animal começam a organizar-se para responder às questões legais que lhes tem sido impostas, de forma a que os seus produtos sejam competitivos e tenham boa aceitação no mercado (LUCAS Jr., 2000).

Os prejuízos ambientais são ainda maiores quando esses resíduos orgânicos são arrastados para os cursos de água, pois possuem elevada carência bioquímica de oxigénio (CBO), reduzindo deste modo, o teor de oxigénio da água. Além disso, os diversos nutrientes contidos nesses resíduos (principalmente N, P e K) estimulam o crescimento de plantas aquáticas e a eutrofização dos corpos de água (SCHROEDER,

1977; BRANCO, 1983; IMHOFF & IMHOFF, 1986; TCHOBANOGLOUS & BURTON, 1991).

Algumas destilarias de bagaço, algumas indústrias de bebidas, suiniculturas e municípios já encetaram programas que visam a adequação das suas actividades ao novo paradigma da sustentabilidade (LUCAS Jr., 1994).

O lançamento dos efluentes das explorações agro-pecuárias na natureza, sem tratamento prévio, pode causar desequilíbrios ambientais, como por exemplo proliferação de insectos e aumento das doenças propagadas pela via aquática ou pelo solo (SILVESTNNI, 2001). Estas situações tem exigido a fixação de parâmetros de emissão de efluentes líquidos e gasosos cada vez mais rigorosos, perfeitamente perceptíveis na Lei Quadro da Água e nas orientações da Política Agrícola Comum (RODRIGUES, 2003a).

Segundo STILBORN (1998) a chave para o sucesso na gestão de resíduos animal é o bom planeamento nutricional, tendo em conta os ingredientes da dieta dos animais, a excreção e perda de nutrientes nos dejetos, o seu armazenamento, o transporte e a aplicação no solo, e ainda o uso desses nutrientes pela planta. A média de eficiência de utilização do N da dieta de suínos é de 29%, do P é de 28% e do K é de 6%. Nesse mesmo contexto, é sugerido pelo NRC (1998) que 45 a 60% do N, 50 a 80% do Ca e P e 70 a 95% do K, Na, Mg, Cu, Zn, Mn e Fe consumidos são excretados pelos animais.

Na Europa, as explorações (bovinos e suínos) enfrentam dificuldades acrescidas para manter os seus efectivos, pela produção de elevados volumes de resíduos, pela saturação das áreas destinadas à agricultura, pela contaminação dos recursos naturais e pelos elevados investimentos que acarreta o tratamento dos efluentes (PERDOMO, 2001). Esta situação, devidamente aproveitada, em termos de gestão ecológica e

sustentada de recursos, poderá ser uma excelente oportunidade de crescimento económico para os países da Mercosul, especialmente o Brasil, que dispõe de clima tropical e extensas áreas para a utilização de fertilizantes agrícolas.

O actual modelo de crescimento económico criou enormes desequilíbrios associados ao uso intensivo de capital, redução da mão-de-obra e utilização extensiva dos recursos naturais, por isso observamos neste momento uma total inconsequência ambiental da maioria das actividades económicas (BROWN *et al* 2000).

O desenvolvimento sustentável é geralmente considerado um conceito vasto. De acordo com GIRLING (2003) trata-se de uma tentativa de conciliar o desenvolvimento económico com a conservação do ambiente. Uma política de desenvolvimento sustentável deve ter em conta os interesses das gerações futuras, sem descuidar o bem-estar e a competitividade económica actuais (CCE, 2001).

A restrição do espaço físico e a necessidade de atender cada vez mais às procuras exigidas pelos mercados interno e externo tem-nos colocado alguns novos paradigmas que se relacionam principalmente com a qualidade ambiental, a distribuição de produtos e a disponibilidade e custos de energia e alimentos. Sabe-se ainda que independente do tipo de exploração animal, esta gera um elevado grau de poluição via efluentes, cuja acção individual ou combinada, pode representar importante fonte de degradação da qualidade do ar, dos recursos hídricos e do solo.

A disposição dos resíduos das instalações animais constitui, ultimamente, um desafio para produtores e especialistas, pois envolve aspectos técnicos, sanitários e económicos (SILVA, 1973). Esses resíduos geridos correctamente, podem ser fonte de nutrientes para agricultura, além de proporcionar melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo. Todavia, quando utilizados inadequadamente, podem constituir fontes de contaminação e agressão ao ambiente (Silva *et al.*, 2002).

As estimativas realizadas no âmbito deste trabalho são apresentadas por região e para todo o país. Para tal utilizaram-se dados estatísticos oficiais e também dados específicos sobre os sistemas de produção animal, obtidos dos órgãos oficiais, de especialistas e da literatura existente.

Desta forma, este trabalho é um estudo comparativo de processos técnicos e físico-químicos que podem ser implementados nas explorações animais em função de suas características e exigências, na perspectiva do desenvolvimento sustentável dessas explorações.

## 2. Objectivos

O presente trabalho destina-se a avaliar e propor soluções ao problema da disposição inadequada dos subprodutos dos aviários e dos pavilhões cunícolas, procurando utilizar correctamente os excrementos animais de modo a tratar o excesso de acordo com os padrões de emissão da Legislação Ambiental em vigor e contribuir para o estudo de produção de biogás e biofertilizantes a partir dos resíduos produzidos pela avicultura e cunicultura.

O aproveitamento de resíduos agropecuários, que visa a optimização da produtividade e a minimização de impactos ambientais, baseia-se nos métodos de gestão da biomassa residual. Assim os aspectos relacionados com a eficiência e a economia, no tratamento de diferentes tipos de resíduos produzidos no meio rural, são factores importantes, a considerar, para se atingir o equilíbrio ambiental.

O presente trabalho tem como objectivos gerais:

- a) identificar explorações de produção de coelhos e aves;
- b) caracterizar o ponto da situação actual de gestão de resíduos da cunicultura e avicultura;
- c) caracterizar físico-quimicamente os resíduos dessas explorações;
- d) avaliar a qualidade agrícola dos resíduos após o tratamento e estabilização;
- e) estudar os métodos de gestão para este tipo de resíduos;
- f) avaliar economicamente a biodigestão,
- g) avaliar os impactos ambientais das soluções identificadas e
- h) propor algumas acções para uma gestão sustentável deste tipo de resíduos.

Espera-se disponibilizar informações sobre as tecnologias acessíveis ao produtor, que sejam eficientes do ponto de vista sanitário, de modo a reduzir os

impactos destes resíduos no meio ambiente, acentuando a sua valorização na produção numa perspectiva de sustentabilidade.

### **3. A actividade agro-pecuária mundial**

SOUZA & SANTOS (2003) afirmam que a América Latina produz aproximadamente 500 milhões de toneladas/ano de subprodutos agro-industriais e de entre estes, o Brasil produz quase a metade destes subprodutos, sendo um dos principais causadores de problemas ambientais na indústria agro-pecuária.

O sector agro-pecuário brasileiro tem recebido atenção especial do que diz respeito aos impactos ambientais que produz, ou seja, aos danos resultantes das actividades agrícolas, pelo uso inadequado de adubações e práticas agrícolas, às consequências da aplicação de políticas públicas e das consequências do mercado internacional, cada vez mais global, e aos desenvolvimentos resultantes da investigação e requisitos para o desenvolvimento rural sustentável (QUIRINO *et al.*, 1999). Este esforço de estudo e discussão sobre os impactos ambientais da agricultura brasileira tem resultado num novo direccionamento da investigação oficial que procura alternativas para o desenvolvimento sustentável (EMBRAPA, 1998 e EMBRAPA, 2000).

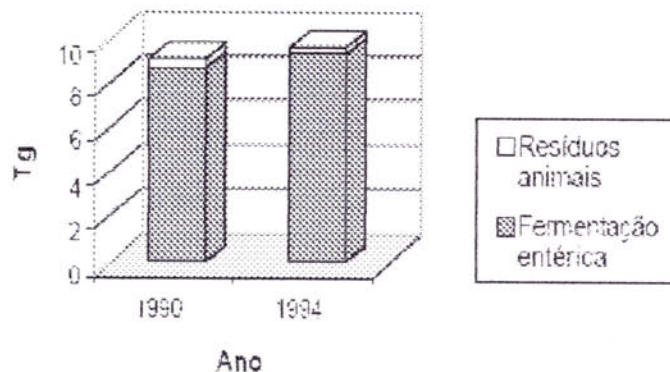
Aparentemente diferente, a agro-pecuária açoriana baseia a sua dinâmica em explorações predominantemente familiares, dotadas de uma estrutura fundiária ainda deficiente que se caracteriza por 70% das explorações terem menos de 5 ha de superfície, repartidas por uma média de 6 blocos de cerrados, grande parte deles sob arrendamento (RODRIGUES, 2003a).

De acordo com SÁNCHEZ (2000), a base fundamental do modelo europeu para um desenvolvimento sustentável, assenta no carácter multifuncional da agricultura. Isto é, aceita-se que a agricultura sirva outros propósitos para além da produção de bens. Da agricultura dependem também a segurança e qualidade alimentares, bem como a viabilidade de muitas áreas rurais. Além disso, a agricultura tem um dever ambiental de preservar a diversidade biológica e os recursos naturais, como os solos e a água. Tanto

no Brasil como nos Açores, essa questão assume proporções que deverão ser devidamente estudadas e equacionadas no desenvolvimento.

LIMA *et al.* (2002) afirmam que as emissões totais de metano provenientes da fermentação entérica, no Brasil, se situavam nas 8,8 Tg, para o ano de 1990, e que as provenientes dos sistemas de gestão de resíduos de origem animal, se situavam em 0,4 Tg, totalizando 9,2 Tg. Em 1994, essas emissões de metano cresceram, passando a ser 9,8 Tg no total, sendo 9,4 Tg atribuídos à fermentação entérica e 0,4 Tg aos sistemas de gestão de resíduos de origem animal, como se esquematiza na figura I.

Figura I – Emissões de metano da pecuária no Brasil



Fonte: Adaptado de LIMA *et al.* (2002).

A nível mundial, as emissões de metano provenientes de resíduos animais estão estimadas em 25 Tg, com uma margem de erro de 5 Tg (IPCC, 1995).

O desequilíbrio ambiental e a estagnação do crescimento económico tem aumentado a exploração intensiva de recursos naturais e energia, comprometendo o equilíbrio biogeoquímico e conduzido o planeta para o que os especialistas consideram ser uma catástrofe ecológica e económica. Sendo assim surgem novos desafios que procuram desenvolver sistemas de produção que mantenham as características dos sistemas agrários e que se baseiam no equilíbrio entre as esferas ambiental e económica.

A redução das emissões de metano pelos sistemas agro-silvo-pastoris, contribui para a diminuição das emissões de gases de estufa, que fazem parte do pacote de

emissões acordados no Protocolo de Quioto. Assim sendo, uma redução dessas emissões pela gestão eficaz de resíduos de origem animal, permitirá aos Estados que ratificaram esse tratado, negociar taxas de emissão. Por esta via, há consequências económicas e ambientais imediatas para os Estados e Regiões que implementem o desenvolvimento sustentável das suas explorações (RODRIGUES, 2003a).

### **3.1. Características da produção avícola**

A globalização da avicultura permitiu otimizar a eficiência de todos os aspectos produtivos dessa actividade e permitiu também terminar o milénio com uma produção mundial de aproximadamente 28 biliões de aves por ano. Nos próximos cinco anos, prevê-se que essa produção possa chegar aos 65 biliões de aves (BUTOLO, 2003).

O frango de aviário, o peru, a avestruz e a codorniz, são as aves mais produzidas em Portugal e também no resto da Europa, de acordo com informações do Ministério da Agricultura Português. Exceptuando a avestruz, a situação na América do Sul, é muito semelhante ao verificado na Europa, daí que se tenha optado por estudar, de entre as várias produções de aves, o frango e a codorniz.

Segundo YANG *et al* (2003) o frango produz diariamente entre 0,14 kg e 0,15 kg de resíduos, enquanto que LUCAS Jr. *et al* (1997) referem que cada codorniz produz 28 g de resíduo por dia.

A racionalização do uso de recursos naturais e energéticos, altamente necessários para a avicultura, principalmente ração e energia eléctrica, irá proporcionar uma maior longevidade da exploração e vantagens económicas que se reflectem no custo de produção (PALHARES, 2003).

O controle da poluição ambiental resultante das produções avícolas depende grandemente dos níveis estabelecidos como aceitáveis pelas legislações dos diferentes

países. Nos países mais desenvolvidos, especialmente nos grandes aglomerados urbanos, os padrões determinados podem ser muito rígidos, com penalizações pesadas e crescentes a serem aplicadas em casos de não cumprimento das exigências legais. Normalmente, estes parâmetros de controlo são baseados naqueles recomendados para o tratamento de dejectos de origem humana. Tem crescido inclusivamente a preocupação por parte de alguns produtores, de que o tratamento biológico das águas residuais das explorações se venha a tornar o processo mais importante na produção avícola (NASCIMENTO *et al.*, 2000).

Segundo NASCIMENTO *et al.* (2000) o desenvolvimento da indústria avícola, é um fenómeno mundial. Nalguns países, como é o caso do Brasil, a criação de aves chega a atingir vários biliões de animais. O facto da avicultura movimentar e transformar animais vivos a larga escala, a transformação das aves e dos seus subprodutos geram grandes quantidades de resíduos líquidos, semi-sólidos e sólidos altamente poluentes, os quais devem ser adequadamente tratados antes de serem despejados no meio ambiente.

De acordo com KONZEN (2003) a região Sul do Brasil é, hoje em dia, detentora de 60% a 70% da produção nacional de suínos e aves, com 900 mil pocilgas e 341,95 milhões de aves, gerando aproximadamente 450,5 milhões de toneladas de resíduos ao ano. Estes constituem nessa Região uma elevada carga poluente, especialmente para os recursos hídricos, dado que fazem aumentar a carência bioquímica de oxigénio (CBO).

Nos quadros 3.1, 3.2 e 3.3 apresenta-se a quantidade média de resíduos de origem animal, produzidos pelos diversos tipos de criações de aves.

**Quadro 3.1 – Quantidade de resíduos produzida nos diversos tipos de criações de aves**

	<b>Aves de Postura</b>	<b>Frangos de Carne</b>	<b>Codornizes</b>
<b>Qualificação do resíduo</b>	Excrementos ou cama	Cama	Excrementos
<b>Quantificação</b>	12kg MS resíduo/poedeira.ano	1,5 a 2,0 kg MN resíduos/ave.ano	28 g MN resíduos/ave.ano

Fonte: Associação Paulista de Avicultura – APA (2002).

**Quadro 3.2 – Quantidade de excrementos produzida diariamente em percentagem de peso vivo**

<b>Aves</b>	<b>% Excremento fresco</b>	<b>% Matéria Seca</b>
<b>Galinha Poedeira</b>	5,3	1,3
<b>Frangos de Carne</b>	7,1	1,7

Fonte: MINER &amp; SMITH, (1975), citado por TUNNEY, (1980).

**Quadro 3.3 – Produção total de excremento pelas aves**

<b>Aves</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Excremento (kg) Fezes + Urina</b>	<b>% Humidade no Excremento</b>
<b>1000 Galinhas Poedeiras</b>	2000	114	75
<b>1000 Frangos de Carne *</b>	—	68	30

\* Excremento + Cama

Fonte: ARCHER, (1985).

As alternativas de utilização dos dejectos de suínos e cama de aves mais praticadas no centro oeste brasileiro, em relação ao seu lançamento directo no solo e rios, são as suas aplicações como fertilizantes na produção de cereais e forragens para bovinos de carne e de produção de leite.

Para a correcta utilização dos excrementos dos animais, torna-se necessário conhecer o volume e a composição dos dejectos produzidos. Por exemplo, tal como se referiu anteriormente, criação de frango de carne produz em média 4,0 toneladas de cama por ano para cada 1 000 aves, o que para uma exploração média, é um valor considerável de resíduos.

No quadro 3.4 apresenta-se uma estimativa de produção de resíduos no Brasil, nos diversos tipos de criações de aves.

**Quadro 3.4 – Estimativa de produção de resíduos de aves no Brasil**

	<b>Aves poedeiras</b>	<b>Frangos de carne</b>	<b>Codornizes</b>
<b>Nº aves</b>	190 milhões	727 milhões	6 milhões
<b>Produção de resíduos/ano (toneladas)</b>	57 mil (MS)	5,95 milhões (MN)	59,02 mil (MN)

Fonte: IBGE (2002); Associação Paulista de Avicultura – APA (2002).

Segundo, comunicação pessoal do Engenheiro Pedro Carteiro da Quercus, são produzidas cerca de 700 mil toneladas de resíduos anualmente pelos aviários Portugueses e um montante quase desprezável de resíduos de codorniz e coelhos.

Na Terceira, o maior aviário da ilha, com cerca de 32.000 frangos de carne e 42.000 galinhas poedeiras, produz uma média de 552 toneladas de resíduos por mês.

### **3.1.1. Composição dos excrementos de aves**

Os resíduos de aviários podem ser considerados como um recurso ou como um poluente. A boa prática de gestão de resíduos é essencial para o desenvolvimento correcto da avicultura (PAYNE & DONALD, 1993).

A não utilização ou gestão dos resíduos dos aviários, poderá transformar rapidamente este tipo de exploração em fonte poluidora, porque o escoamento das suas águas superficiais e consequente infiltração até o lençol freático produz a degradação da qualidade da água em áreas rurais, já por sua vez ameaçada pela agricultura intensiva que aí se pratica (SEIFFERT, 1999). Este fenómeno assume particular importância nos Açores onde os aquíferos são superficiais e os materiais geológicos de cobertura muito permeáveis (COTA, 2002).

Os potenciais poluentes encontrados nas fezes das aves são minerais, substâncias que provocam a carência química de oxigênio, materiais em suspensão e microrganismos patogênicos (SEIFFERT, 2000).

Os resíduos gerados numa produção avícola, que constituem o principal objectivo de estudo deste trabalho, são constituídos pela cama do aviário (material vegetal), fezes das aves e pelos animais que morreram durante o período de produção, estimados em 3% do total de aves da exploração. Actualmente, o destino dado a estes resíduos é diversificado: a cama é usualmente utilizada como adubo na agricultura e os animais mortos, são colocados em fossas ou enterrados, nem sempre de forma adequada (BUTOLO, 2003).

A cama de frangos contém elevados e variáveis teores de proteína (12 a 40%) e de hidratos de carbono (CAMPOS, 1980).

ESTEBAN (1978), verificou que a composição dos resíduos de aviários é muito variável, dependendo do regime de alimentação das aves e da raça do animal. Neste contexto, é natural que a quantidade de resíduos obtida seja proporcional ao peso das aves. De acordo com este autor as galinhas leghorn produzem entre 8 e 9 kg de excrementos por ano enquanto que as galinhas castelhanas produzem entre 9 e 11 kg de excrementos secos por ano e as galinhas prat, entre 12 e 14 kg de excrementos secos por ano.

No quadro 3.5 mostra o conteúdo médio de nutrientes, obtido após a análise da cama de aves.

**Quadro 3.5 – Conteúdo médio de nutrientes (NPK) da cama de aves**

Nutrientes	Azoto	Fósforo Kg t <sup>-1</sup>	Potássio	Cálcio	Magnésio	Mat. Org. %	pH
Cama Frango	30,0	24,0	36,5	23,0	7,3	65,5	8,2

Fonte: Universidade de Rio Verde, GO (2002).

Existe uma grande preocupação com a gestão de resíduos de modo a atingir-se o equilíbrio ambiental. Para encontrar o bem-estar social e animal deve-se considerar a

distribuição dos ventos dominantes nos locais de construções das explorações avícolas, escolher locais para a instalação dessas explorações distantes de grandes concentrações urbanas, utilizar instalações adequadas com sistemas de armazenamento e tratamento dos resíduos, e os resíduos quando aplicados no solo, deverão estar estabilizados (RODRIGUES, 2003a).

### **3.2. Características da produção cunícola**

RODRIGUES (2002) afirma que o sector da cunicultura está em franco crescimento, sendo reconhecidas as qualidades nutricionais da carne de coelho. Ainda segundo este autor, a carne destes animais está catalogada no grupo dos alimentos cuja função principal é a de renovação dos tecidos do organismo humano, graças à concentração de proteínas de alta qualidade. Por outro lado, do ponto de vista nutricional, a carne de coelho tem uma gordura similar à das aves e inferior às restantes carnes de consumo habitual (vaca e porco, por exemplo). É um alimento recomendado para dietas hipocalóricas e para o controlo do colesterol. Contém vitaminas do grupo B, especialmente B2 e B12, e é rico em potássio, fósforo e zinco.

De acordo com ROSELL (2003) os diferentes sistemas de produção animal levam, quando intensificados, a uma elevada geração de resíduos, o que aumenta os problemas de sanidade, aplicação de normas legais e de constrangimentos legais.

Na Europa, a criação de coelhos tem uma tradição secular, sendo os grandes líderes dessa actividade Espanha, França e Itália. A Europa Ocidental é responsável por 43 % da produção europeia de coelhos (1,6 milhões toneladas/ano) e também por 80 % das importações mundiais (91 mil toneladas/ano) de carne de coelho, dado que a produção local não satisfaz a procura (CARABANO, 2000).

A quantificação e os tipos de resíduos produzidos por diversas espécies de animais são apresentados no quadro 3.6.

**Quadro 3.6 – Quantificação e tipos de resíduos produzidos pelos animais**

	<b>Caprinos</b>	<b>Ovinos</b>	<b>Equinos</b>	<b>Coelhos</b>
<b>Caracterização dos resíduos</b>	Excrementos	Excrementos	Cama	Excrementos
<b>Quantificação</b>	600 kg de estrume/ano	6 toneladas resíduos/ano	8 toneladas resíduos/ano	50-60 kg/animal.ano

Fonte: IBGE (2000).

Nos pavilhões de criação de coelhos os resíduos são acumulados ao longo de vários anos e semanalmente são polvilhados com uma camada de cal viva (óxido de cálcio) de forma a evitar o aparecimento e propagação de insectos e maus cheiros, e a libertação de amoníaco pela urina (RODRIGUES, 2002). Esses resíduos tornam-se assim deste modo muito ricos em cálcio e carbonato de cálcio, o que poderá ser indicado para diminuir a acidez de alguns solos.

No quadro 3.7 apresenta-se uma estimativa média de produção de resíduos de diversos animais no Brasil.

**Quadro 3.7 – Estimativa de produção de resíduos de origem animal no Brasil, no ano 20000.**

	<b>Caprinos</b>	<b>Ovinos</b>	<b>Equinos</b>	<b>Coelhos</b>
<b>Efectivo (n° animais)</b>	9,34 milhões	14,78 milhões	5,83 milhões	375,5 mil
<b>Produção de resíduos/ano (toneladas)</b>	5,60 milhões	88,68 milhões	46,64 milhões	20,65

Fonte: IBGE (2000).

Os excrementos da cunicultura podem ser valorizados pelos cunicultores através da gestão e reaproveitamento dos subprodutos o que irá beneficiar e minimizar os custos da produção se utilizado como adubo: como fonte de nutrientes para as plantas

(Nitrogénio, Fósforo, etc.) e como fornecedor de matéria orgânica e humidade, por enriquecer e melhorar a textura do solo (FERNÁNDEZ, 2003).

No Brasil a cunicultura industrial, iniciou-se na década de 70 onde 90% da sua produção estava concentrada nas regiões Sul e Sudeste. Essa actividade continuou-se a desenvolver na lógica da proximidade aos centros consumidores. A produção brasileira de coelhos foi estimada em 1996 em 12 mil toneladas/ano, provenientes de 600.000 explorações, onde 65% delas pertenciam a criadores comerciais, segundo os dados do IBGE (1996) citado por MOURA & YAMAGUSHI, (2003).

A cunicultura em Portugal tem merecido pouca atenção por parte das entidades oficiais, talvez por isso, não foi localizado qualquer tipo de dados oficiais para a caracterização e quantificação dos resíduos produzidos pela cunicultura portuguesa. Como tal, os dados aqui citados baseiam-se num estudo não oficial efectuado pela Cooperativa Agrícola de Criadores de Carne de Coelho do Nordeste Transmontano em 2000, citado por RODRIGUES (2002).

Nos últimos anos a cunicultura em Portugal está em expansão devido as novas técnicas de fertilização e o aumento do número e dimensão das explorações, o que indicia o desenvolvimento desta actividade.

Na actualidade, produzem-se coelhos um pouco por todo o país, embora com maior evidência em Trás-os-Montes, no Oeste, em Aveiro, em Leiria, em Oliveira de Frades e em Viseu, num total de 650 explorações.

No quadro 3.8 apresentam-se os números da produção cunícola em Portugal.

**Quadro 3.8 – Números da produção cunícola nacional**

<b>Explorações</b>	650
<b>Fêmeas reprodutoras</b>	200 mil
<b>Rações por ano</b>	120 mil toneladas
<b>Produção anual</b>	1 milhão de coelhos

Fonte: Adaptado de RODRIGUES (2002).

Actualmente em Portugal, e ainda de acordo com RODRIGUES (2002), os resíduos da cunicultura não foram objecto de qualquer tipo de tratamento e/ou valorização. Os donos das explorações oferecem ou vendem os resíduos cunícolas para aplicação directa nos solos. No entanto, se tivermos em conta que a produção de resíduos é diária, que o tamanho das explorações (efectivo animal) tem aumentado muito nos últimos anos, e que a necessidade de fertilização das culturas é sazonal, verifica-se que não é possível escoar a totalidade dos resíduos produzidos. Nestes casos, os cunicultores portugueses tem optado por enterrar os resíduos em valas.

### **3.2.1. Composição dos dejectos de coelhos**

FERNÁNDEZ (2003), afirma que se pode estimar os excreta de coelho: fezes (sólidos) como a metade da quantidade de comida ingerida e a urina (líquidos) como sendo igual ao peso do líquido ingerido. Assim sendo, cunicultor pode calcular a quantidade de dejectos em função do alimento consumido, pelas expressões seguintes:

$$\text{Fezes} = \frac{\text{alimento consumido}}{2} \text{ Equação 1}$$

2

$$\text{Urina} = \text{Líquido consumido} \text{ Equação 2}$$

Apesar da aplicação das equações anteriores parecer uma forma expedita de avaliação dos resíduos de coelhos, deve-se tentar conhecer a composição desses dejectos, quando se pretende utilizá-los como biofertilizantes.

A quantidade e a composição dos resíduos dependem das condições alimentares e das instalações. Coelhos alimentados com uma nutrição equilibrada e explorações com grelhas elevadas do solo produz aproximadamente 25g a 400g de fezes e 0.5g a 0.8 lg de urinas por gaiola por dia, dependendo evidentemente, do regime de produção animal (FERNÁNDEZ 2003). De acordo com o mesmo autor, os resíduos da cunicultura são

mais ricos em nutrientes que os resíduos de outras explorações. De facto parece que o estrume de outras explorações contém apenas 0.4 a 0.6% de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O.

No quadro 3.9 apresenta-se, com base em vários autores, a composição média dos excrementos de coelhos, alimentados de forma equilibrada.

**Quadro 3.9 – Composição média (%) dos excrementos colhidos debaixo das gaiolas de produção.**

Análise da composição	Ravés and Veigneau, 1963	Franchet, 1979
<b>Matéria seca</b>	40-50	24-28
<b>Minerais totais</b>	14-18	5-11
<b>Azoto</b>	0,8-2,0	0,7-1,0
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	1,0- 3,7	0,9-1,8
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,2-1,3	0,5-1,0
<b>CaO</b>	0,9-3,4	0,4-2,0
<b>pH</b>	7,2-9,7	8,1-8,8

Fonte: LEBAS *et al* (1997)

A composição média do estrume de coelho, com cama, além de variar com a raça, depende tanto do tipo de nutrição como do tipo de cama, sendo o segundo factor mais importante que o primeiro (FERNÁNDEZ, 2003).

#### 4. A importância da gestão dos resíduos de origem animal

Vários estudos referem que a economia e o desenvolvimento produtivo estão em conflito com o ecossistema Terra. As tendências utilizadas para avaliar o crescimento da produção no mercado global, e o uso excessivo e delapidação dos recursos naturais, fomentam uma relação destrutiva entre o homem e a natureza, onde para contrariar tal processo, é necessário compatibilizar progresso com ambiente. O grande desafio actual prende-se com o inverter dessas tendências, antes que a degradação ambiental conduza a um declínio económico mundial. Surge assim, uma mudança de paradigma, através da aplicação de novos conceitos para atingir uma economia ambientalmente sustentável.

As novas formulações de política económica terão que respeitar os princípios da ecologia, e promover o progresso através da conservação ambiental.

Os resíduos fecais dos animais quando lançados directamente no solo podem afectar a saúde pública, pela contaminação das águas e promover deste modo o aparecimento de uma multiplicidade de doenças. Essas doenças devem-se ao facto de que todos os excrementos de origem animal, contêm microrganismos. Entre estes encontram-se bactérias, vírus e parasitas. Alguns destes microrganismos são patogénicos tanto para as espécies animais como para a espécie humana (LOBO, 1993).

Os microrganismos patogénicos contidos na água, podem infectar directamente os seres humanos através do consumo dessa água e do contacto com a pele, ou indirectamente, através do consumo de animais aquáticos. A presença de microrganismos patogénicos pode também causar a reinfecção dos animais criados pelo homem (WALTER *et al.*, 1992).

A queima directa de resíduos, segundo DAGNALL (1993), é uma alternativa ambientalmente aceitável para a gestão dos desperdícios resultantes da cama dos aviários, via combustão, fornecendo deste modo energia para o aquecimento das instalações e sistemas de grande escala, no entanto LUCAS Jr., (2000), verificou que a conversão dos detritos dos aviários em biogás combustível, com recurso a biodigestores, parece ser caminho mais adequado para a produção de energia. Nestes equipamentos, os excrementos e desperdícios fermentam e formam um gás composto por metano (65%) e dióxido de carbono (35%). O que resta deste processo é um fertilizante rico em azoto, fósforo e potássio, que pode ser usado na agricultura (SILVESTNNI, 2001).

Os métodos de transformação de energia a partir da biomassa, segundo HOBSON *et al.* (1981), são classificados em duas categorias: aqueles que envolvem processos físicos e químicos a altas temperaturas e/ou altas pressões, e aqueles que

envolvem o uso de microrganismos a temperaturas e pressões mais baixas. Embora, em muitos casos, o processo químico seja precedido de uma actividade microbiológica.

Nos quadros 4.1 e 4.2 são comparados os valores experimentais obtidos por RODRIGUES (2002) com os dados existentes para a caracterização de outros resíduos de origem animal.

**Quadro 4.1 – Características médias de resíduos (por kg de peso de animal e por dia)**

Animal	Quantidade Residuo (g)	Sólidos Totais (g)	Azoto (g)	CQO (g)
Coelho engorda	73	13,3	0,26	19,3
Coelha reprodutora	70	17,6	0,24	15,2
Galinhas	62	14,0	0,74	9,8
Suínos	74	8,9	0,51	6,4
Vacas leiteiras	84	7,9	0,23	9,8
Bovino engorda	66	9,5	0,32	9,4

Fonte: INETI (1998), citado por RODRIGUES(2002).

**Quadro 4.2 - Composição das fezes (%)**

Espécies	Nitrogénio	Fósforo	Potássio
Coelho	2,5	2,5	1,3
Ovino	1,0	0,4	0,6
Frango	1,8	1,2	0,8
Suíno	1,0	0,4	0,3
Equino	0,6	0,3	0,5
Bovino	0,5	0,3	0,5

Fonte: PENZ *et al.*, 1999.

Segundo SANTOS *et al.* (1986), citado por MARTINHO (1989), a necessidade de minimizar os problemas de poluição, devido às grandes quantidades de estrume de aviário produzido pelas explorações avícolas fez com que se adoptassem soluções no seu tratamento. Embora dependentes de vários factores, tais como a dimensão e estrutura das explorações avícolas, características dos estrumes e dos possíveis meios receptores locais, deverão sempre conciliar, tanto quanto possível, a eficiência técnica e a economia do processo.

De acordo com LUCAS Jr., (2000), o aspecto energético hoje em dia está cada vez mais evidenciado no custo final dos produtos e na sua disponibilidade, referindo-se que, no caso da avicultura, este é um factor que merece ser melhor estudado, uma vez que as oscilações de preço podem reduzir a competitividade do sector.

Do mesmo modo, os resíduos produzidos nas explorações avícolas, actividade que, pelos índices de produtividade alcançados, tem elevada velocidade de conversão energética (LUCAS Jr. & SANTOS, 2000), apresentam grandes possibilidades de reciclagem da biomassa, com grandes vantagens económicas e ambientais.

## **5. Legislação**

A quantidade de legislação na área de gestão de resíduos é vastíssima. Neste trabalho apenas se refererem alguns aspectos da legislação de resíduos de origem animal Europeia e Brasileira.

### **5.1. Enquadramento legal da gestão de resíduos da produção animal na União Europeia**

A legislação sobre subprodutos de origem animal é vastíssima, referindo-se como exemplo aquela que nos parece ser a mais mediática que foi a proposta pelo governo do Reino Unido, em 1988, que originou a proibição de rações com proteína animal, com vista à protecção da saúde pública de forma a evitar o risco da Encefalopatia Bovina Espongiforme (BSE) e a Encefalopatia Espongiforme transmissível (EET) animal e humana. Para uma melhor compreensão desta problemática, consulte-se o trabalho de FERREIRA, (2003). Neste trabalho, a ênfase é dado aos resíduos de origem animal provenientes das explorações rurais, entre os quais

se incluem os excrementos e as carcaças (mortas durante a produção), tal como referido na portaria n.º 965/92.

A Decisão n.º 1999/534/CE, do Conselho, aplica-se à transformação de resíduos de mamíferos de alto e baixo risco, incluindo os subprodutos de mamíferos não destinados ao consumo humano, provenientes da produção de produtos para consumo humano.

A portaria n.º 961/98 de 10 de Novembro estabelece os requisitos das operações de armazenagem, tratamento, valorização e eliminação de qualquer tipo de resíduos. Esta portaria explica o procedimento a seguir consoante as operações de gestão dos diversos tipos resíduos.

A coordenação da gestão de resíduos é da competência dos organismos vinculados ao Ministério da Economia ou apenas ao Instituto de Resíduos ou Direcção Regional de Ambiente competente para o processo de autorização destas operações, conforme definido no Decreto-Lei n.º 239/97.

O Regulamento (CE) n.º 1774/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho de 3 de Outubro de 2002 estabelece as regras de sanidade animal e de saúde pública, relativas à recolha, ao transporte, à armazenagem, ao manuseamento, à transformação e à utilização ou eliminação de subprodutos animais, a fim de evitar que esses produtos apresentem um risco para a sanidade animal ou a saúde pública, e as regras relativas à colocação no mercado e, em certos casos específicos, à exportação e ao trânsito de subprodutos animais e dos produtos deles derivados (troféus de caça, lã, pêlos, cerdas de suínos, penas e as partes de penas).

O aspecto fundamental deste regulamento reside na proibição da reciclagem de certos subprodutos animais na cadeia alimentar animal, nomeadamente animais mortos e matérias animais rejeitadas. As únicas matérias-primas cuja utilização na produção de alimentos para animais está autorizada são as matérias derivadas de animais declarados

próprios para consumo humano, além disso, introduz uma série de métodos alternativos para a utilização ou eliminação de subprodutos animais, reforça as regras sobre controlos e rastreabilidade de subprodutos animais, estabelece uma ligação com a legislação comunitária sobre ambiente, cria um novo quadro jurídico para o sector dos subprodutos animais, simplifica a legislação comunitária em vigor e cria um acto legislativo consolidado que abrange todos os subprodutos animais não destinados ao consumo humano.

As opções alternativas para a valorização e eliminação dos subprodutos animais (biometanização e compostagem) variam nos diferentes Estados-Membros da UE consoante o respectivo estatuto epidemiológico em matéria de EEB. Isso significa que a capacidade e as determinantes para efectuarem tratamentos alternativos varia consideravelmente de país para país.

Tendo em vista a possível valorização energética destes subprodutos de origem animal, as diferentes condições reguladoras dos mercados de energia nos Estados Membros, justifica a validade destas opções.

Em vários Estados-Membros, as políticas de gestão dos resíduos incentivam o recurso a sistemas que recuperam energia, reciclam resíduos e minimizam a poluição, bem como a sistemas com um impacto global neutro em termos de aquecimento. Para esses sistemas são concedidas ajudas substanciais, essenciais para a sua economia. Frequentemente, as "bioenergias" podem encontrar nichos de mercado tirando partido das elevadas taxas sobre a energia.

Este Regulamento é, depois do Regulamento n.º 999/2001 de 22 de Maio de 2001, a segunda acção "chave" do Livro branco "Food Safety", e um componente essencial na estratégia da Comissão no combate e erradicação de crises na comercialização e consumo de alimentos tendo em conta a EEB, febre suína e a contaminação por dioxinas. Para isso é indispensável um processamento e uma

deposição segura das 16 milhões de toneladas anuais de subprodutos animais produzidos na União Europeia.

Este regulamento introduz novos métodos de valorização alternativos à destruição pura e simples de resíduos, como a biometanização, compostagem e valorização energética como a co-incineração, cria um novo enquadramento mais compatível com a protecção ambiental, é transparente, amplo e directamente aplicável e substitui e simplifica um vastíssimo número de directivas e decisões referentes a exigências do mercado interno e a situações de crise que se desenvolveram nos últimos anos.

Parte dessa avaliação incidiu nos sistemas de transformação comercial de subprodutos animais e noutros métodos de eliminação de resíduos animais.

A Directiva 2000/76/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de Dezembro de 2000, relativa à incineração de resíduos<sup>1</sup> não se aplica às unidades de incineração se os resíduos tratados consistirem apenas em carcaças de animais. É necessário estabelecer as prescrições mínimas para essas unidades de incineração, a fim de proteger a sanidade animal e a saúde pública.

O Regulamento n.º 810/2003 (CE) de 12 de Maio de 2003 é relativo a medidas de transição no que respeita aos requisitos aplicáveis à transformação de subprodutos animais em unidades de biogás, enquanto que o Regulamento n.º 809/2003 (CE) de 12 de Maio de 2003 diz respeito aos requisitos aplicáveis à transformação desses subprodutos animais em unidades de compostagem, outro método de gestão e valorização destes resíduos.

---

<sup>1</sup> A Directiva 90/425/CEE define resíduos animais como “as carcaças ou partes de carcaças de animais ou de peixes ou os produtos de origem animal não destinados ao consumo humano directo, com excepção dos excrementos animais e das sobras de cozinha e de mesa”. Estatui o princípio de que todos os resíduos animais, independentemente da sua origem, podem ser utilizados para a produção de matérias para alimentação animal após tratamento adequado.

Devem ser estabelecidas regras específicas para a realização de controlos nas unidades de transformação, nomeadamente no que diz respeito aos processos pormenorizados de validação dos métodos de transformação e de auto-supervisão da produção.

A Directiva 1999/31/CE do Conselho de 26 de Abril de 1999 é relativa à deposição de resíduos em aterros.

A Portaria n.º 475/2001 do ponto de vista da regulamentação, estabelece a prioridade de na União Europeia reduzir do impacto ambiental dos resíduos, enfatizando a degradabilidade dos dejectos, através da estabilização dos mesmos, pelos métodos de tratamentos previstos pela lei. Ou seja, “Os cadáveres de animais e os seguintes resíduos agrícolas: matérias fecais e outras substâncias naturais não perigosas utilizadas nas explorações agrícolas” são abrangidos pela Directiva 90/667/CE, logo estão excluídos do campo de aplicação da Directiva 75/442/CEE.

A Directiva 1999/31/CEE, relativa aos aterros sanitários, pretende estimular a prevenção e redução da produção de resíduos através da compostagem e biometanização da fracção orgânica, assim como através da reciclagem. A directiva inclui medidas para reduzir a quantidade de resíduos biodegradáveis depositados em aterro sanitária, para evitar os impactos ambientais causados pela degradação dos resíduos, como, por exemplo, a produção de lixiviados, emissão de gases como metano, etc. O artigo 5º (1) desta Directiva estabelece metas para reduzir a quantidade de resíduos biodegradáveis depositados em aterro através de medidas para a promoção da triagem, reciclagem e valorização energética. Vários Estados-Membros da UE já estabeleceram limites para a quantidade de resíduos orgânicos que poderá ser enviada para deposição em aterro.

A Directiva 2001/77/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de Setembro de 2001 destina-se a promover o aumento da contribuição das fontes de

energia renováveis para a produção de electricidade no mercado interno da electricidade e criar uma base para um futuro quadro comunitário neste sector.

A Directiva Europeia 2003/87/EC assinada em 25/10/2003 tem como principal objectivo a redução de 8% da emissão dos gases de efeito estufa na Europa no período de 2008 a 2012, comparado aos níveis de 1990, superando, assim, os níveis previstos no Protocolo de Quioto. Esta Directiva descreve também como será o funcionamento do comércio internacional de cotas de emissão, além de apresentar os possíveis impactos para as empresas europeias e para o meio ambiente (ABDO, 2004).

A Directiva 2000/76/CE é relativa à prevenção ou redução, na medida do possível, da poluição atmosférica, da água e do solo resultante da incineração e da co-incineração de resíduos, bem como dos riscos daí resultantes para a saúde humana. Esta directiva tem por objectivo colmatar as lacunas das Directivas 89/369/CEE, 89/429/CEE e 94/67/CE. Esta é aplicável não só às instalações destinadas à incineração de resíduos (instalações de incineração especializadas) como também às instalações de "co-incineração" (instalações que têm como principal finalidade a produção de energia ou de materiais e que utilizam resíduos como combustível habitual ou auxiliar, sendo estes resíduos submetidos a um tratamento térmico com vista à sua eliminação).

Os valores-limite das emissões para a atmosfera e águas residuais descarregadas aplicáveis às instalações de incineração estão indicados no Anexo II, IV e V da directiva. Referem-se aos metais pesados, dioxinas e furanos, monóxido de carbono (CO), aerossóis, carbono orgânico total (COT), cloreto de hidrogénio (HCl), fluoreto de hidrogénio (HF), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de azoto (NO) e dióxido de azoto (NO<sub>2</sub>).

A directiva prevê a instalação obrigatória de sistemas de medição que permitem controlar os parâmetros e os limites de emissão pertinentes. As emissões para a

atmosfera e para a água são medidas periodicamente em conformidade com o Anexo III do artigo 11º da directiva.

## **5.2. Enquadramento legal da gestão de resíduos da produção animal no Brasil**

A legislação ambiental brasileira sofreu uma expressiva evolução a partir da Constituição Federal de 1988 e prevê regulamentações para a prevenção da poluição do ar, água, protecção a captações e gestão adequada de resíduos de origem animal (MACHADO, 1992; CONAMA, 1992; BRASIL, 1988).

O controlo e a regulamentação da poluição do ar, água e gestão de resíduos sólidos, têm grande interesse para os produtores agropecuários e instituições que fornecem orientação técnica a esses mesmos produtores. Regra geral, os proprietários rurais, produtores e funcionários, necessitam de obter um licenciamento ambiental para o desenvolvimento de actividades rurais poluidoras, sendo obrigados a operar, no âmbito das normas e regulamentações legais existentes.

Para assegurar que a produção ocorre dentro das melhores práticas ambientais, está previsto na constituição federal, que o estado, através das agências ambientais federais, estaduais e municipais, deverão fazer a formação de pessoal, implementar a investigação, monitorizar e avaliar as condições físicas, químicas e bacteriológicas do ar, solo e da água e fornecer informação, educação e assistência técnica aos produtores, de forma a orientá-los para práticas que minimizem riscos de degradação ambiental (BRASIL, 1996; MACHADO, 1992; BRASIL, 1988). Embora ainda com insuficiências na sua estrutura institucional, essas agências deveriam ser procuradas pelos produtores, de forma a obter orientações sobre a adequação, às exigências legais, da sua actividade.

A Constituição da República Federativa do Brasil (DOU nº 191 191-4, 05/10/88), nos aspectos referentes à ordem económica e financeira, à política agrícola e fundiária e à reforma agrária, refere no seu Art. 186º, que a função social é cumprida quando a propriedade rural atende, simultaneamente, a critérios e graus de exigência estabelecidos na lei, e a requisitos como o aproveitamento racional e adequado dos recursos naturais disponíveis e à preservação do meio ambiente.

A Lei Federal nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997 que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o “Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” vocacionado para combater a poluição das águas e minimizar os impactos dessa poluição na saúde pública.

A Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 determina a obrigatoriedade de licenciamento ambiental de instalações destinadas ao aproveitamento e valorização de resíduos de origem animal, que sejam capazes de minimizar os impactos ambientais.

A PL 203/91, do Senado Federal, vem então legislar o acondicionamento, os processos de colheita de resíduos, o seu tratamento, o transporte e o destino final dos resíduos de origem animal.

A Resolução do CONAMA nº 264, de 26 de Agosto de 1999 e a Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de Junho de 1990, alterado pelo Decreto nº 2.120, de 13 de Janeiro de 1997, e tendo em vista o disposto no seu Regimento Interno, considera a necessidade de serem definidos procedimentos, critérios e aspectos técnicos específicos do licenciamento ambiental para a incineração e co-incineração de resíduos.

A Legislação Federal Infra-constitucional, através das Leis nº 6938/81, que estabelece a Política Nacional Do Meio Ambiente no Brasil, a Lei nº 9478 de 6 de Agosto de 1977 que estabelece os princípios e objectivos da Política Energética Nacional, a Lei nº 10438 de 26 de Abril de 2002 que cria o Programa de incentivo às

fontes alternativas de energia eléctrica (PROINFA) e a Lei nº 9795 de 27 de Abril de 1999 sobre a educação ambiental, no âmbito da Política Nacional De Educação Ambiental, são cruciais para a implementação da gestão eficaz dos resíduos de origem animal de explorações agro-pecuárias.

O Brasil foi um dos primeiros países, a nível mundial, se não o primeiro, a incorporar a Educação Ambiental na Política Nacional de Educação, talvez resultante do facto da Cimeira do Rio se ter realizado no Brasil. A componente de Educação Ambiental no Brasil é praticamente transversal a todas as políticas sectoriais.

A Legislação específica sobre combustão de biomassa e biogás nacional, que faz parte da PROINFA (Programa de Incentivos às Fontes Renováveis de Energia) encontra-se na Lei 10.438 de 26 de Abril de 2002. Esse aspecto assume especial importância numa altura em que se inicia o denominado Mercado de Carbono, resultante da ratificação do Protocolo de Quioto.

## **6. Plano de gestão de resíduos de origem animal**

Um programa de gestão de resíduos pode ser entendido como um programa de desenvolvimento económico e ambiental, de acordo com as normas reguladoras actuais, dirigido aos produtores, às indústrias e às autoridades ambientais locais.

Os produtores para obterem licenciamento da actividade de produção animal, ou renovação de licença, podem ser solicitados a encetar por uma reciclagem anual de resíduos ou uma gestão eficaz desses mesmos resíduos, como processo formativo ou comprometimento dos produtores, indústria e representantes do poder público, com vista à adopção de práticas de conservação ambiental.

A fusão de cursos de produção animal, com programas específicos de protecção ambiental, faz com que os produtores conheçam as técnicas de tratamento dos resíduos,

já que melhorarão a sua economia e ficam capacitados para a resolução de problemas ambientais. De acordo com SEIFFERT, (2000), tal situação estimula a adesão voluntária dos agricultores aos programas de controlo ambiental, e favorece a percepção da necessidade de entender melhor as orientações legais de sua actividade.

A poluição difusa pode ser entendida como uma forma de poluição que se origina a partir de fontes dispersas, como sejam do escoamento superficial da água da chuva, do regadio agrícola, da periferia de instalações de confinamento, das descargas descontínuas de resíduos ou efluentes nas áreas de criação de animais, de depósito de estrumes, de maneo e aplicação de fertilizantes, de uso de combustíveis e de aplicação de pesticidas (MENEZES, 1987).

A maioria das fontes poluidoras de origem agrícola actua como fontes difusas de poluição (LOBO, 1993). Em determinadas condições, as instalações de confinamento de aves, devido à sua contínua produção de efluentes, podem ser consideradas como fontes pontuais de poluição.

A criação de aves produz resíduos que não podem ser canalizados para a rede de drenagem, devido às concentrações elevadas de poluentes que possuem (SEIFFERT, 2000). Nesse contexto, as produções avícolas deverão possuir sistemas adequados de tratamento de águas residuais que previnam a contaminação do meio ambiente. A falta deste sistema de tratamento de efluentes provoca a libertação de maus cheiros e a concentração de insectos, que estão indubitavelmente associados ao inadequado maneo do estrume e incineração de aves mortas (SEIFFERT, 2000).

O estrume de aves e as carcaças, quando indevidamente manipuladas, podem originar graves problemas ambientais bem como riscos para a saúde humana e animal, tal como anteriormente se referiu. O desenvolvimento adequado de um plano de gestão de resíduos é o primeiro passo a dar, no sentido de se obter uma exploração avícola ambientalmente responsável.

O plano de gestão de resíduos é normalmente constituído por cinco pontos fundamentais: o ordenamento das instalações, a gestão dos excrementos, a gestão das aves mortas e o emprego do estrume na fertilização do solo (SEIFFERT, 2000).

### **6.1 Ordenamento do território e instalações avícolas**

O crescimento da indústria de aves e a sua expansão futura dependem largamente de ordenações legais, vocacionadas para a preservação ambiental. As instituições e as autoridades serão as fontes das regulamentações, que restringirão as actividades potencialmente poluidoras e que deverão indicar, com base no ordenamento do território vigente, as áreas preferenciais para o desenvolvimento das actividades económicas, nas quais se incluem a criação de animais em confinamento.

Os critérios de ordenamento da actividade pecuária variam muito de região para região e com as orientações políticas das autoridades locais, que podem inclusivamente, excluir por completo as actividades pecuárias de áreas consideradas sensíveis (Brake, 1996).

O acoplamento das actividades agro-pecuárias, aos planos de desenvolvimento regional e local, auxiliará na prevenção de conflitos legais, associados à excessiva concentração de animais na proximidade de habitações e proporcionará um correcto desenvolvimento económico do sector (BRAKE, 1996). O PDM de Angra do Heroísmo (PDM - Angra do Heroísmo, 2003), revelou, por exemplo, a existência de preocupações deste tipo, tanto na aceitação de uma área tampão, considerada reserva agrícola regional, como na definição clara do local de instalação das indústrias poluidoras do Concelho.

Obviamente que a gestão e destino final dos resíduos da avicultura são um dos critérios básicos que precisam ser tidos em conta no ordenamento das explorações

avícolas e na promoção da qualidade ambiental. Ao aceitar instalações avícolas na proximidade de áreas urbanas, é promover conflitos no futuro.

A compatibilização da manutenção de áreas verdes, com a preservação de mananciais de água, com a fixação do valor da terra e as taxas a aplicar no licenciamento das actividades a nível municipal, são as poderosas armas de apoio ao ordenamento do território e à implementação de planos sustentáveis de crescimento económico e uso da terra (BRAKE, 1996). Alguns destes considerandos foram tidos em conta no Plano Director Municipal de Angra do Heroísmo (PDM - Angra do Heroísmo, 2003), para exemplificar mais uma vez, à escala municipal, a importância destas questões.

São vários os parâmetros ligados ao espaço físico territorial da propriedade, que podem influenciar a gestão de resíduos das produções animais. Alguns desses parâmetros, os mais importantes, que deverão ser tidos em conta na escolha do local de instalação de aviários e viteiros ou para receber estrume, são, de acordo com (SEIFFERT & PERDOMO, 1998):

- a) a dimensão da área das instalações;
- b) a distância das instalações de produção animal às áreas de agricultura, destinadas à aplicação do estrume;
- c) o afastamento das instalações dos corpos de água e o afastamento dos vizinhos;
- d) o afastamento das instalações das áreas públicas;
- e) a frequência dos ventos dominantes;
- f) as características do escoamento superficial das águas pluviais;
- g) e o tipo de geologia, solos e vegetação.

De acordo com os parâmetros referidos anteriormente e com as observações do mesmo autor, parece ser imprescindível que as explorações avícolas tenham uma área

adequada para produção agrícola, área essa onde se efectuará a distribuição do estrume produzido na exploração, tendo em conta correctas taxas de fertilização e de carga de nutrientes que são função do solo e das culturas praticadas.

Deve ser mantida a distância adequada entre os aviários e os locais onde for distribuído o estrume, ou entre estes últimos e os locais de armazenamento de estrume, covas para o enterro de aves mortas, e os corpos de água, sejam eles poços, zonas de recarga de aquíferos ou corpos de água superficiais.

De acordo com SEIFFERT & PERDOMO, (1998) as áreas de agricultura, onde são aplicados os resíduos ou existem covas das aves mortas, devem estar no mínimo a 50m de distância dos cursos de água e a jusante de zonas de recarga, fontes ou poços. Deve-se também ter cuidado na aplicação de estrume na proximidade de estradas ou áreas de acesso público.

Os avicultores deverão estar atentos à direcção dos ventos dominantes. Os aviários, o armazenamento de resíduos e as áreas de aplicação de estrume, devem ser localizadas para que, o vento predominante não se dirija deste ponto do terreno para áreas onde existam habitações (RODRIGUES, 2003a). Tais cuidados também devem ser tidas em conta aquando da aplicação do estrume.

Os aviários devem estar afastados pelo menos 30 m da residência do proprietário ou funcionários (SEIFFERT & PERDOMO, 1998). Estas instalações, bem como os locais de armazenamento de estrume, deverão ser isolados das estradas e dos vizinhos através de sebes naturais que promovam a dispersão dos poluentes gasosos emitidos na exploração (RODRIGUES, 2003a).

SEIFFERT & PERDOMO, (1998) referem que o movimento de águas pluviais na periferia das áreas das instalações de criação de aves e de armazenamento de estrume, afecta as actividades de gestão de resíduos. A má localização das covas das aves mortas, podem sofrer assoreamento precoce ou até mesmo tornarem-se

inacessíveis durante os dias de chuva. Os resíduos de rações, medicamentos, embalagens, lixo e solo descoberto, são também transportados pela água da chuva para os pontos mais baixos do terreno e rede de drenagem, afectando os cursos naturais de água ou as redes de drenagem construídas.

A ocorrência da água da chuva dos telhados precisa ser controlada, para que caia fora das áreas envolventes dos aviários. É recomendável, que o aviário seja construído nas partes elevadas do terreno, facilitando deste modo o escoamento da água superficial e subterrânea para fora dos aviários e áreas de armazenamento de estrume e compostagem (SEIFFERT & PERDOMO, 1998).

A construção de valas e drenos periféricos, deverá criar a estrutura de drenagem necessária para controlar o deslocamento das águas pluviais e de drenagem. Em áreas húmidas e terrenos baixos, é recomendável colocar nos aviários, nos locais de armazenamento de estrume e locais de compostagem, uma lâmina de polietileno com aproximadamente 6 mm sob o um piso de cimento ou solo, de modo a constituir uma barreira física entre a instalação e o subsolo adjacente. Águas pluviais e de escoamento superficial poderão ser encaminhadas para a rede pública de drenagem quando não estiverem contaminadas, ou então, conduzidas para lagoas de contenção, quando misturadas com o estrume (SEIFFERT & PERDOMO, 1998).

Ainda de acordo com SEIFFERT & PERDOMO, (1998), a profundidade e a natureza do subsolo existente na área de aplicação de estrume orgânico, condiciona tecnicamente a gestão de resíduos e efluentes líquidos. Locais onde o solo apresenta uma profundidade inferior a 50 cm, com subsolo rochoso impermeável, com inclinação elevada (com um declive superior a 45%), com lençol freático superficial, com grande variação sazonal do nível freático do lençol de água, ou freático superficial, e com problemas de drenagem, tornam geralmente o terreno inadequado, tanto para a aplicação de estrume, como para o enterro de aves mortas.

Em resumo, o avicultor deverá avaliar, antes da aplicação de estrume orgânico ou encetar pela gestão sustentável de resíduos, as condições físicas e químicas das áreas de solo e dos locais de instalação de covas para a deposição de aves mortas. Factores tais como profundidade do solo, inclinação, textura e retenção de água, podem ser determinantes na localização das actividades de gestão de resíduos. Adicionalmente, substâncias solúveis como o nitrato podem rapidamente ser lixiviadas através da percolação da água no perfil do solo e ser conduzidas ao lençol freático e daí para a rede de drenagem (LOBO, 1993).

O tipo de plantas cultivadas nas áreas de aplicação de estrume orgânico, irá afectar a quantidade de nutrientes que podem ser removidos pela chuva, e consequentemente, a quantidade de estrume a ser distribuída ou redistribuída na área cultivada. A selecção da cultura a ser utilizada, irá também determinar as épocas e o calendário de aplicação de estrume. Para maximizar a absorção de nutrientes e reduzir a dimensão das áreas de aplicação de fertilizante orgânico, o produtor deverá estudar a hipótese de rotação de culturas, principalmente entre as estações quente e fria (LUCAS Jr., 1994).

## **6.2 Recolha de resíduos**

Os resíduos dos aviários são recolhidos de diversas formas, dependendo do tipo de aves que se produz, do tipo de instalações de confinamento e das necessidades dos produtores. Os métodos utilizados na recolha de resíduos podem condicionar o armazenamento, o tratamento e o transporte de resíduos e podem também afectar grandemente, a qualidade do fertilizante agrícola (PAIVA, 2003).

A colheita de resíduos pode ser realizada através da utilização de canais com água que se encontra por baixo das gaiolas das galinhas, onde caem os excrementos, ou

então, utilizando calhas rasas temporárias sob as gaiolas, que podem ser raspadas ou lavadas com jactos de água de forma a remover os dejectos, conduzindo-os depois para uma fossa, um tanque de armazenamento ou uma lagoa de contenção (PAIVA, 2003).

### **6.3. Armazenamento de resíduos**

Por armazenamento de resíduos entende-se, o emprego de estruturas de armazenamento temporário de resíduos de explorações agro-pecuárias.

São normalmente utilizadas para o armazenamento de excrementos das aves, calhas de betão localizadas no chão dos aviários para conter resíduos na forma líquida ou pastosa. Normalmente estes são dimensionados para facilitar a operação de remoção dos excrementos, ou quando seja o caso, para a distribuição posterior do estrume em ciclos de 90 a 120 dias (PAIVA, 2003).

O tempo de armazenamento de resíduos, depende da localização da instalação e do clima da região se atendermos às considerações referidas no ponto 6.1.

As calhas de recolha podem apresentar uma profundidade de 30 a 60cm, dependendo do período de armazenamento desejado (SEIFFERT & PERDOMO, 1998).

Existem limitações à gestão dos resíduos dos aviários e por consequência ao seu armazenamento, como sejam a libertação de gases tóxicos e custos adicionais de exploração, tal como se referiu anteriormente, e por outro lado, se esses resíduos não forem bem manipulados podem ficar secos, ou demasiadamente húmidos, tornando-se um meio de cultura propício ao desenvolvimento de larvas de insectos.

A formação de gases tóxicos ocorre durante as operações de bombeamento ou agitação. É assim necessário adequar a ventilação forçada ao processo de esvaziamento das calhas ou dos tanques de contenção (BARTH *et al.*, 1992).

Os tanques de sedimentação são estruturas de betão que podem ser localizadas entre as instalações de confinamento de aves e o tanque ou lagoa de contenção, para colher os sólidos precipitáveis e reter material flutuante que se desloca no fluxo de efluente das calhas. Estes podem ter 1,20 m de profundidade, na sua parte mais profunda, e possuir um piso inclinado e largura suficiente para facilitar o acesso aos operadores e aos transportes de colheita. A parede situada na face mais profunda dos tanques deverá apresentar fendas/perfurações, que permitam a drenagem de líquidos que se dirigem para o tanque de contenção (SEIFFERT & PERDOMO, 1998).

É conveniente que na gestão deste tipo de resíduos também haja tanques de arejamento, com arejadores de superfície, que são órgãos que recebem as águas residuais provenientes dos tanques de sedimentação e onde é fornecido o ar necessário ao processo biológico da massa líquida (ARAÚJO, 2000).

Os tanques de sedimentação são essenciais para estender a vida útil das lagoas ou tanques de contenção. A desvantagem da sua utilização resulta de custos adicionais de instalação de equipamentos de remoção, embora esta despesa inicial, leve o produtor a evitar custos posteriores associados ao esvaziamento frequente, de depósitos de sedimentos e lamas, que irá ocorrer nas lagoas de contenção ou tanques (ARAÚJO, 2000).

O armazenamento de resíduos em estruturas cobertas deverá ser realizada acima do piso do armazém, a uma altura situada entre 45 e 90cm. Os *excreta* das aves deverão ser colocados no piso da instalação, que pode ser de cimento ou chão batido. Se as paredes laterais do armazém tiverem ventiladores para circulação de ar, o estrume que se irá formar produz uma linha de matéria seca ao longo da construção. Quando existem aberturas laterais no armazém, de modo a permitir a ventilação natural, o estrume que se forma é constituído por uma pasta semi-fluida e toda água em excesso precisa ser controlada (SEIFFERT & PERDOMO, 1998).

Num aviário, preparado para produzir estrume, deve colocar-se sobre o piso uma camada de 5 a 15 cm de aparas de madeira, farelo de serra ou outros materiais, como cama, antes que as aves sejam acondicionadas nessa instalação. O estrume é assim misturado ao material da cama, e removido em diferentes épocas. Uma pequena quantidade de cama adicional pode ser introduzida no aviário, aquando da entrada de cada nova remessa de animais. O armazenamento do estrume na forma de cama de aviário é o método mais económico para este tipo de exploração, no entanto, a qualidade da mistura irá depender do tempo de armazenamento, do método de remoção e do facto do material ter sido revolvido ou não entre a saída e a entrada de novas remessas de aves (SEIFFERT & PERDOMO, 1998).

O conteúdo do estrume em azoto depende do número de aves, tal se pode constatar nos quadros anteriormente apresentados.

O armazenamento a granel, ou a seco, é o sistema ideal para o armazenamento temporário do estrume produzido num aviário. Este é usualmente amontoado numa superfície coberta. Podem ser armazenadas e mantidas secas nestas estruturas, grandes quantidades de estrume, facilitando deste modo a distribuição do fertilizante e tornando exequível o programa de adubações. Por outro lado, o armazenamento temporário do estrume, em locais com impermeabilização do solo, próximos da sua subsequente aplicação, permite uma melhor utilização dos resíduos animais como fertilizante orgânico. Esta prática, ajuda a reduzir o potencial de contaminação da água subterrânea por nitratos e oferece grande flexibilidade à gestão do estrume. Cerca de 10% do azoto contido no estrume está sobre a forma de amónia e pode ser libertado após longos períodos de armazenamento. Essa perda será minimizada se o estrume for armazenado debaixo de uma cobertura de plástico pouco permeável ao ar (PAIVA, 2003).

## **6.4. Tratamento de resíduos**

O tratamento de resíduos é utilizado em qualquer sistema que produza cargas poluentes e tem como finalidade reduzir o potencial poluente desses resíduos ou a alteração a sua composição original (PAIVA, 2003).

Os sistemas de tratamento de efluentes mais utilizados são as lagoas ou tanques de retenção e tratamento (ARAÚJO, 2000), compostagem e geradores de biogás para resíduos sólidos orgânicos (RODRIGUES, 2003a).

Os sistemas de tratamento que envolvem a aeração mecânica e tanques de oxidação, tem sido também propostos, mas devido ao elevado custo da sua instalação e operação, são pouco aplicados nas explorações agro-pecuárias (PAIVA, 2003).

### **6.4.1 Lagoas e tanques de contenção e tratamento**

As lagoas ou tanques de retenção/contenção de efluentes agro-pecuários são por vezes escavados no solo e actuam como estruturas de retenção e tratamento do estrume. Estas são dimensionadas e construídas para armazenar os efluentes agro-pecuários durante um período de 90 a 120 dias (WATSON, 1992).

Nas lagoas de retenção, deve haver espaço para a recolha simultânea da água da chuva, sendo mais baratas do que a instalação de tanques de alvenaria cobertos. As maiores vantagens dessas lagoas são a pouca dependência de mão-de-obra para a manipulação do estrume, e podem ser construídas, tal como já se referiu, a custos iniciais mais baixos. As desvantagens estão associadas aos possíveis transbordos, sob condições de precipitação abundante, e conseqüente contaminação da rede de drenagem.

As lagoas de contenção necessitam de uma remoção periódica dos sedimentos e lamas, depositados no seu fundo. O processo de decomposição biológica que ocorre nas

lagoas, não reduz todos os sólidos presentes nos excrementos das aves, fazendo com que estes se acumulem ao longo do tempo (WATSON, 1992).

Entre outras desvantagens, WATSON (1992), cita ainda a emissão de gases com odor desagradável, mas que podem ser minimizados através da construção e gestão adequada das lagoas.

No tratamento de efluentes orgânicos podem ser utilizadas dois tipos de tratamentos: aeróbio e anaeróbio (FERREIRA, 2003).

No processo aeróbio, pela acção de microrganismos, decompõem-se os sólidos orgânicos presentes nos resíduos animais, em compostos mais simples como a água, o dióxido de carbono, os nitratos e os sulfatos. Esses microrganismos requerem oxigénio livre para seu desenvolvimento. Numa lagoa arejada naturalmente, o oxigénio é fornecido às bactérias e algas que proliferam na água, directamente do ar, através da sua difusão pela superfície livre do líquido. As algas aí presentes assimilam o azoto contido no nitrato produzido durante o processo bacteriano aeróbio, com ajuda da energia solar incidente (TYSON *et al.*, 1996).

O dimensionamento da lagoa deverá depender do número e tipo de aves criadas. Para aves com peso médio de 2,3 kg, é necessário um mínimo de 0,1m<sup>2</sup> de área superficial por animal. Essas lagoas deverão ser construídas, com profundidade até 1,5m para assegurar a adequada penetração de raios solares (TYSON *et al.*, 1996).

A aeração mecânica, pode ser também utilizada quando não se dispõe de área suficiente para construção, mas a sua adopção é uma prática onerosa (RODRIGUES, 2003a).

As lagoas anaeróbias são as mais comuns. Aí as bactérias anaeróbias não necessitam de oxigénio dissolvido para puderem viver na água a qualquer profundidade. O volume da água consumido é o parâmetro utilizado para o dimensionamento desse tipo de lagoas (TYSON *et al.*, 1996).

Nas lagoas anaeróbias as bactérias digerem a matéria orgânica, e convertem-na em dióxido de carbono, metano, amónia, sulfureto de hidrogénio e compostos orgânicos voláteis. O odor desagradável, libertado nas lagoas anaeróbias, é causado pelo sulfureto de hidrogénio e compostos orgânicos voláteis, que surgem quando estas estão sobrecarregadas com estrume e são mal geridas. As lagoas anaeróbias devem estar afastadas das construções da exploração animal e situadas na direcção oposta à dos ventos dominantes (RODRIGUES, 2003a).

Os solos impermeáveis são os mais adequados para a instalação desse tipo de lagoas de modo a minimizar o risco de poluição de águas subterrâneas. Quando construídas em solos permeáveis, a base da lagoa deve ser isolada com um revestimento plástico ou materiais impermeáveis (TYSON *et al.*, 1996).

As lagoas funcionam melhor, se os excrementos lhe forem sendo adicionados diariamente. Nos aviários recomenda-se a limpeza diária, de modo a evitar a acumulação de resíduos ressequidos, que são de difícil remoção. A lama de fundo das lagoas e o seu excesso de líquido podem ser removidos por bombagem ou com equipamento de aplicação de estrume líquido (TYSON *et al.*, 1996).

#### **6.4.2 Compostagem**

A compostagem é um processo que converte uma forma de matéria orgânica, tal como os excrementos frescos das aves, cama de aviário, ou aves mortas, num material quimicamente homogéneo com níveis reduzidos de compostos orgânicos voláteis. Este material é chamado de húmus ou composto (SEIFFERT & PERDOMO, 1998).

O período de compostagem depende do processo utilizado e do tipo de material a ser compostado. Geralmente, varia entre 25 e 35 dias para a primeira fase, e

de mais 30 a 50 dias, para a segunda fase, finda a qual o composto orgânico estará curado.

Os parâmetros mais críticos no controle do processo de compostagem são de acordo com ZANELLA (1999):

- a) temperatura (intimamente ligada à taxa de oxigenação);
- b) humidade
- c) relação C/N.

O metabolismo dos microrganismos intensifica-se para níveis de humidade da massa entre 50 e 60% e com a concentração de materiais orgânicos biodegradáveis se a pilha for suficientemente aerada (ZANELLA, 1999).

No quadro 6.1 tem-se de forma resumida a comparação entre os processos de compostagem e de digestão anaeróbia de material orgânico.

Quadro 6.1 – Comparação entre os processos de compostagem e digestão anaeróbia

Característica	Compostagem Aeróbia	Digestão Anaeróbia
Uso de energia	Processo consumidor	Processo produtor
Produto final (estado predominante)	Sólido Húmus, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	Líquido, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>
Redução de volume do material original	Mais de 50%	Mais de 50%
Tempo de transformação	20 a 30 dias	20 a 40 dias
Objectivo principal	Redução de volume	Produção de energia
Objectivo secundário	Produção de biofertilizantes	Redução de volume e estabilização

De acordo com ZANELLA (1999), a compostagem de carcaças de aves mortas é um método que está a ser aplicado com sucesso em várias partes do mundo. Este recurso, actualmente empregue na agricultura, consiste num processo naturalmente controlado, pelo qual os microrganismos benéficos (bactérias e fungos) transformam os resíduos orgânicos em produtos finais de interesse comercial. A compostagem é assim um processo usado no tratamento de vários resíduos orgânicos, sendo difícil precisar

todas as alterações bioquímicas que aí ocorrem. Para assegurar boas condições de desenvolvimento deste processo há que, de acordo com ZANELLA (1999), ter em atenção algumas condições:

**a) Remeximento**

É necessário na compostagem, dependendo do material a compostar e de suas características como granulometria e humidade, evitar a formação de zonas endurecidas e exageradamente secas que se podem formar na pilha de composto.

**b) Inoculação**

Pode-se otimizar o processo de compostagem, inoculando materiais como esgotos domésticos, ou mesmo materiais em estado avançado de compostagem (ainda não estabilizado). Assim, introduzem-se estirpes de bactérias altamente especializadas na degradação de sólidos biodegradáveis. Para a sua aplicação deverá ser realizada uma análise custo/benefício que permita avaliar a aplicabilidade deste tipo de inoculante, uma vez que o mesmo será consumido no processo de compostagem.

**c) Controle de odores**

De um modo geral não há formação de odores na compostagem aeróbia. A maioria dos casos de emanção de odores na compostagem ocorre associada à formação de zonas de anaerobiose nas massas de resíduos. Para a redução dos odores é necessário remover os materiais não biodegradáveis, ou outras contaminações que por acaso estejam presentes na massa em compostagem.

De acordo com PAIVA (2003), a implementação da compostagem de carcaças de animais é feita num piso revestido, contendo até 30 cm de altura de uma fonte de carbono que também poderá permitir a aeração da matéria orgânica. Essa fonte de carbono pode ser aparas, palha de qualquer cultura ou cama de aviário.

No quadro 6.2 apresenta-se a razão carbono/azoto e o conteúdo em azoto de alguns resíduos compostáveis.

Quadro 6.2 – Razão C/N e conteúdo em azoto de alguns resíduos compostáveis

Material	Percentagem de N	Relação C/N
<b>Resíduos de alimentos</b>		
- Resíduos de frutas	1,52	34,8
- Resíduos de batata	1,5	25,0
<b>Excrementos</b>		
- de vaca	1,7	18,0
- de cavalo	2,3	25,0
- de suínos	3,75	20,0
- de aves	6,3	15,0
- de ovelhas	3,75	22,0

Fonte: TCHOUBANOGLIOUS *et al.* 1979

No processo de compostagem usam misturas de excrementos secos de aves ou cama de aviário, carcaças de aves e uma fonte de carbono adequada, como erva seco, agulhas de pinheiro, palha de feijão, etc. A água é adicionada em quantidade suficiente para manter o material húmido e nunca saturado. A quantidade adequada de água é importante para o sucesso do processo. Na tabela seguinte, adaptada de (PAIVA, 2001), apresentam-se as quantidades recomendadas para compostagem de frangos.

BLEY (1998) afirma que a temperatura influencia grandemente o processo e pode provocar a morte de microorganismos prejudiciais. Por exemplo, uma temperatura de 51°C é capaz de destruir os ovos de helmintos.

FARRELL (1979), após uma vasta revisão bibliográfica sobre o tema, concluiu que, manter o composto a 55°C e a uma humidade relativa do ar próxima de 100% num período de 24 horas, poderá destruir todas as bactérias patogénicas, vírus e parasitas. Assim sendo, para tornar os microorganismos patogénicos inactivos, é necessário manter a temperatura de compostagem acima dos 55 °C durante um determinado intervalo de tempo que está dependente da humidade relativa e dos materiais a compostar.

A proporção de materiais necessários para efectuar a compostagem dos resíduos de aviários, por volume e peso, é apresentada no Quadro 6.3.

**Quadro 6.3** – Proporção de materiais necessários na compostagem (em relação às aves)  
por volume e peso <sup>a</sup>

INGREDIENTES	VOLUME	PESOS
<b>Palha</b>	1	0,1
<b>Aves</b>	1	1
<b>Estrume (ou cama)</b>	2,5 a 4,0	2 a 3
<b>Água <sup>b</sup></b>	0 a 0,33	0 a 0,5

<sup>a</sup> – A mistura deve ser ajustada para diferentes fontes de carbono

<sup>b</sup> – Mais ou menos água deve ser adicionada para garantir que a mistura não fique saturada.

Fonte: PAIVA (2001).

PAIVA (2001) considera que a composição do composto pode variar significativamente de uma compostagem para a outra. Entre os factores que afectam essa composição incluem-se: a idade da cama usada, o tipo de fonte de carbono e a temperatura atingida durante a compostagem, entre outros. Por isso, cada produtor deve analisar pelo menos os conteúdos em azoto, fósforo e potássio de uma amostra do composto que produz.

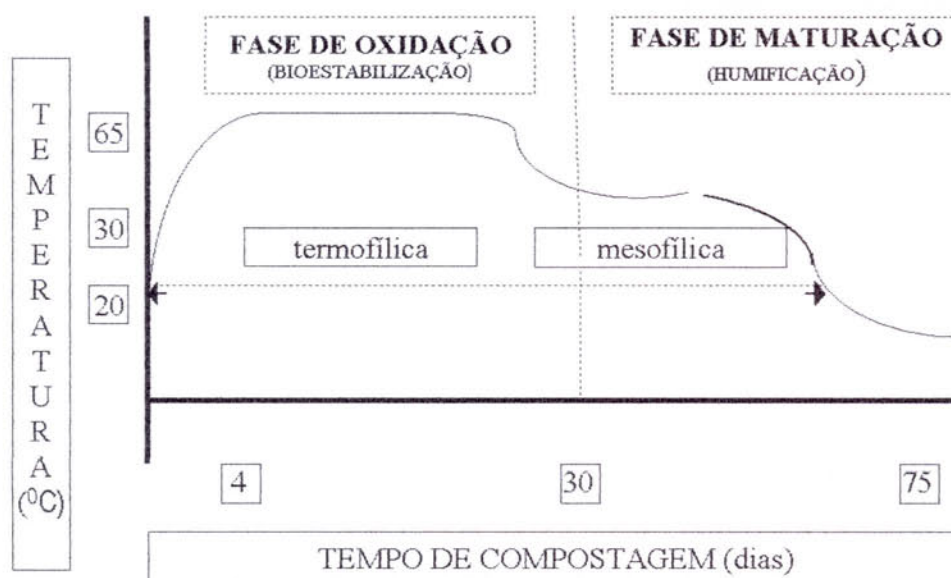
Na compostagem de carcaças de aves, deve-se adicionar à cama uma camada aves mortas, deixando um espaço de 15 cm entre as aves e as paredes, sem as amontoar. Devem-se rodeá-las com o material aerador ou até mesmo cobri-las. Acrescenta-se à pilha, água, na proporção de um terço do peso das aves (para cada 10 kg de aves adicionar 3 litros de água). Cobre-se de seguida a pilha com uma camada de 15 a 20 cm de material aerador seco. Procede-se sempre do mesmo modo até que a pilha atinja 1,50m de altura. Fecha-se então a pilha acrescentando uma camada espessa de material aerador seco e deixando-a fermentar, durante 10 dias (PAIVA, 2003).

Após os 10 dias pode-se retirar o composto da câmara e refazer a pilha em camadas, acrescentando água e deixando outros 10 dias para a fermentação total dos resíduos. Após esse prazo o material pode ser utilizado como adubo ou ser mais uma vez utilizado como material aerador na formação das novas pilhas. A utilização da compostagem como técnica de tratamento de resíduos agro-pecuários, não é utilizada de

ânimo leve, por se tratar de um processo complexo e exigir algumas horas diárias de dedicação. Outro dos grandes problemas associados à implementação dessa técnica é a produção de maus cheiros e a proliferação de insectos a ela associada (PAIVA, 2003).

Na figura II apresenta-se um diagrama, adaptado de TCHOUBANOGLIOUS *et al.*, (1979) onde se esquematizam os processos envolvidos nesta técnica de tratamento de resíduos bem como os tempos que lhe estão subjacentes.

Figura II - Diagrama das fases da compostagem.



Fonte: Adaptado de TCHOUBANOGLIOUS *et al.*, (1979)

Para se atingirem condições óptimas de compostagem, o pH deve situar-se entre os 6,5 e 7,5. Para a maioria das bactérias, o valor óptimo de pH situa-se entre os 6 e os 7,5. Para os fungos, o pH da solução deverá situar-se entre os 5,5 e os 8,0, e de forma a minimizar perdas de azoto na forma amoniacal, o pH não deverá exceder os 8,5 (HIRATA, 1997).

Os microrganismos que actuam no processo de fermentação são termofílicos, pois desenvolvem calor no processo de fermentação, e podem causar uma elevação da temperatura da mistura, que pode atingir os 80°C. Nestas circunstâncias, deve haver um acompanhamento da temperatura do processo de compostagem para assegurar a sua

normalidade. A compostagem fornece, como o produto final, uma mistura rica e homogênea de matéria orgânica, adequada para uso em jardinagem e em viveiros de plantas (PAIVA, 2003).

O processo de compostagem, devido à sua eficiência e economia, tem-se mostrado como opção viável ao tratamento dos diferentes tipos de resíduos gerados no meio rural, no entanto, ainda se encontram algumas resistências à implementação dessa técnica, especialmente por requerer elevado tempo de dedicação. O período de compostagem depende do processo utilizado e do tipo de material a ser compostado, geralmente, varia de 25 a 35 dias para a primeira fase, e de mais de 30 a 50 dias, para a segunda, finda a qual, o composto orgânico estará curado (PAIVA, 2003).

### **6.4.3. Vermicompostagem**

Os resíduos animais, da agricultura e restos urbanos podem ser utilizados como fontes de matéria orgânica para a compostagem e vermicompostagem, cujo objectivo final é a produção de um biofertilizante.

Embora a compostagem de resíduos orgânicos seja uma prática antiga, a vermicompostagem foi desenvolvida a partir de pesquisas mais recentes, em Rothamstead (Inglaterra), onde se produziram minhocas, no período de 1940 a 1950. Após a década de 70, os investigadores envolveram-se no estudo do potencial das minhocas para conversão de resíduos orgânicos, numa forma mais estabilizada de matéria orgânica (AQUINO *et al.*, 1992).

A matéria orgânica adicionada ao solo deve estar suficientemente estável para produzir efeitos benéficos, em termos agrícolas. Entre os caminhos assegurados para esta estabilidade estão a compostagem e a vermicompostagem, ambos processos

biológicos aeróbios de transformação da matéria orgânica (GARCIA *et al.*, 1995 citado por ZEOLA *et al.*, 2002).

No quadro 6.4 apresentam-se as condições fundamentais manter para o sistema de vermicompostagem.

**Quadro 6.4 – Condições fundamentais para a vermicompostagem**

<b>Factores</b>	<b>Condições a manter</b>
<b>Temperatura</b>	As minhocas deverão ser mantidos entre os 10°C e os 27°C. Para valores inferiores ou superiores a este intervalo, cria-se um ambiente de stress que leva as minhocas a cessarem a ingestão dos resíduos e sua reprodução. A temperatura afecta ainda o número de larvas existentes em cada casulo.
<b>Humidade</b>	A massa de compostagem deverá estar húmida mas não encharcada, de maneira a que a quantidade de água contida seja idêntica à de uma esponja espremida <sup>2</sup> . O teor de humidade deverá encontra-se entre os 70% e os 85%.
<b>Teor oxigénio</b>	Neste processo existem duas formas das minhocas obterem o teor de oxigénio necessário, através dos túneis de arejamento realizados pelas próprias minhocas aliado à ventilação natural das camas, e através da água nela existente.
<b>Luminosidade</b>	As minhocas são sensíveis à luz. Por esta razão, devem colocar-se as camas em local abrigado.
<b>Cama</b>	A cama das minhocas deverá ser constituída por palha, por excrementos de animal e por resíduos biodegradáveis, além disso podem-se adicionar folhas secas e papéis velhos às tiras.
<b>pH</b>	O meio tende acidificar, pelo que se deve adicionar cascas de ovo secas ou cal para aumentar o pH para valores próximos de 7.
<b>Tipo de resíduos</b>	Nem todos os resíduos poderão ser utilizados. Foram mencionados no ponto 9.3.1. os que se devem adicionar para que vermicompostagem ocorra sem problemas.

Fonte: CARVALHO, *et al* (96/97).

O grande objectivo da vermicompostagem é instalar um processo sustentável de exploração dos recursos, de forma a encerrar um ciclo e transformar resíduos em

<sup>2</sup> Uma boa forma de saber se a massa na compostagem está ou não húmida, é espremer uma pequena porção de massa. Se apenas saírem duas ou três gotas de água, então contém a humidade ideal.

matéria útil. Desta forma, maximiza-se o aproveitamento dos elementos oferecidos pela natureza.

CASTRO (2003) refere que a vermicompostagem produz biofertilizantes líquidos e sólidos, que tem especial interesse na floricultura, horticultura e fruticultura, culturas em vasos e em estufas, para além de ter impactos muito positivos em termos paisagísticos.

Existem três sistemas de vermicompostagem que podem ser escolhidos através das condições climáticas da região e dos recursos locais de implementação. De acordo com CASTRO (2003) os sistemas de vermicompostagem são os seguintes:

#### **6.4.3.1. Sistemas de Canteiros**

Os canteiros, de acordo com PERESSINOTO (2001), podem ser construídos com os mais variados materiais, como tijolos, blocos, placas de betão, tábuas, pedras ou bambu rachado ao meio. Devem ser alinhados, no sentido da inclinação do terreno (2% a 5%). Este sistema pode ser protegido, por uma cobertura, de forma a evitar a incidência das águas das chuvas. De um modo geral, possuem uma altura variável entre 40 cm e 50 cm, largura de 1 m e comprimento variável, sendo que uma das extremidades poderá ser removível. Os canteiros poderão ser construídos individualmente ou geminados. Os duplos apresentam melhores resultados pois permitem maiores facilidades de acompanhamento e manuseamento. Em relação ao piso, os canteiros ainda podem ser de piso impermeabilizado (cimentado) ou de piso de terra batida.

### **a) Canteiros com piso impermeabilizado**

A construção de canteiros com piso de cimento são mais dispendiosos, não só pelos materiais e mão-de-obra necessários para a sua construção, como também, por exigir melhores condições de drenagem, como se mostra na figura III.

**Figura III-** Canteiros geminados, cobertura com placas de lusalite



Fonte: Adaptado de Castro (2003)

É importante referir, que são utilizados vários tipos de materiais para a cobertura dos canteiros, durante o período de chuva, como: lonas, impermeáveis, placas de fibrocimento, entre outros materiais. Experiências feitas com estes materiais demonstram que as placas de fibrocimento são as mais aconselháveis em relação aos outros materiais (PERESSINOTO, 2001). No entanto, dada a grande problemática associada às fibras de amianto, que fazem parte da constituição da fibrocimento, uma vez que podem originar cancro da laringe, da pleura, cancro gastrointestinais, do fígado dos pulmões e inclusivamente afectar o sistema imunológico, o seu uso é desaconselhavel (XAVIER, 2004). Neste contexto, devem evitar-se a todo o custo a utilização de materiais contendo asbesto, para a cobertura dos canteiros.

### **b) Canteiros com piso de terra batida**

Os canteiros de piso de terra batida possuem baixo custo de construção e devem ser construídos em áreas de solo areno-argiloso, como se exemplifica na figura IV. Estes canteiros podem sofrer adaptações em função das condições climáticas de cada região.

**Figura IV** – Canteiro de tijolo com piso de terra batida



Fonte: Adaptado de Castro (2003)

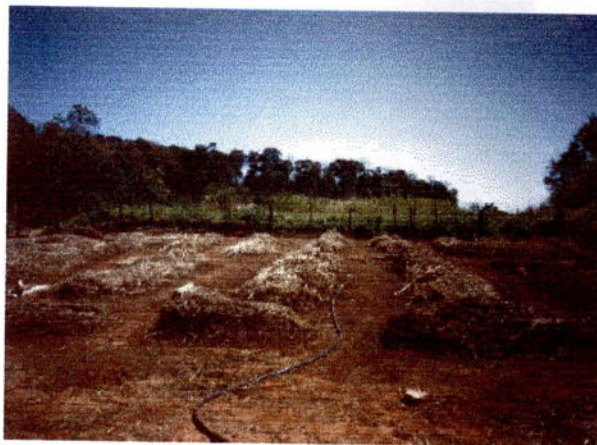
### **6.4.3.2. Sistemas de Camas**

Como se exemplifica na figura V, o sistema de camas dispensa o emprego de muros divisórios, razão pela qual o seu custo de implementação é inferior aos demais sistemas.

É recomendado, principalmente onde a produção diária de matéria orgânica atinge volumes consideráveis. As camas devem conter uma camada grossa de 10 cm de cobertura seca, tendo em conta a inexistência de muros divisórios. Podem ser formadas em terrenos de terra batida ou piso impermeabilizado. A área do terreno de implantação das camas deve possuir um declive aproximadamente 2% e estar protegidos por sistemas de drenagem superficial ou subterrânea. Da mesma forma que os canteiros, o sistema de camas pode estar localizado no interior de florestas, em regiões de clima

quente, bem como em locais de ventos frios, sendo protegido por cercas, ou resguardados em pavilhões (PERESSINOTO, 2001).

**Figura V – Camas em solo argilo-arenoso**



Fonte: Adaptado de Castro (2003)

#### **6.4.3.3. Sistemas de Vermicontentores**

Os contentores, segundo CASTRO (2003), podem apresentar algumas variações tanto em função do volume como do tipo de material de que são constituídos. O tamanho ideal deve ser adequado à quantidade de resíduos existente para a vermicompostagem. A profundidade do contentor deve estar compreendida entre 20 e 30 cm. Se o contentor apresentar uma profundidade superior à indicada, o material a compostar tende a ficar muito compacto, dificultando desta forma a movimentação das minhocas.

Em geral, qualquer vermicontentor de qualidade deverá obedecer aos seguintes requisitos:

- a) Proteger o seu interior da luminosidade;
- b) Garantir uma boa ventilação e drenagem;
- c) Possuir uma tampa que se adapte perfeitamente ao contentor.

Os materiais mais usados na construção dos vermicultores são o plástico (ver figura VI) e a madeira (ver figura VII).

**Figura VI – Vermicultores em plástico**



Fonte: <http://www.minhobox.com.br/atecnicaminhobox.htm>

**Figura VII – Vermicultores em madeira**



Fonte: Adaptado de CASTRO (2003)

De forma a preencher os requisitos de qualidade, os vermicultores apresentam-se totalmente fechados com exceção de orifícios feitos na base, para efeitos de drenagem e ventilação. Estes orifícios devem ter um diâmetro que varia entre os 3 e os 6 mm, dependendo da dimensão do contentor. Os contentores devem estar elevados, apoiados em cima de tijolos, tábuas de madeira, ou em estantes, pois de outra forma, não haveria arejamento e dificultar-se-ia a sua drenagem. Debaixo do contentor

deve estar um tabuleiro para recolher o líquido<sup>3</sup> excessivo que vai sendo drenado. É também conveniente forrar a base do contentor com rede para que as minhocas não se escapem pelos orifícios (CARVALHO *et al.* 96/97).

No Quadro 6.5 apresentam-se as características qualitativas da vermicompostagem para vários resíduos de origem animal.

**Quadro 6.5 - Vários tipos de excrementos utilizados como matéria-prima.**

Excrementos	Características
Galinha	É rico em azoto mas muito ácido e de difícil controlo no processo de compostagem.
Bovino e cavalo	São os excrementos mais usados e indicados, pois são de fácil controlo e possuem uma textura que facilita uma melhor ingestão pelas minhocas.
Caprino	É um excremento rico porém é de difícil controlo no processo de compostagem.
Coelho	É um estrume excelente e não necessita de muito tempo de compostagem porém deve-se ter o cuidado de o não misturar com a urina, muito ácida.
Suíno	A urina também é muito ácida, por este motivo, deve-se ter o cuidado de separar bem a parte sólida da líquida.

Fonte: MIRANDA (2001).

Os vários tipos de excrementos devem ser adicionados com material fibroso, nas proporções 1:1, 2:1 ou 3:1, sendo no entanto a proporção 1:1 a mais indicada. A mistura é essencial para que o processo se faça no menor tempo possível, tendo em conta a relação C/N, tal como se pode observar no quadro 6.6.

**Quadro 6.6 – Características gerais dos resíduos ensaiados neste trabalho por vermicompostagem.**

Resíduos Agrícolas	Relação C/N	Decomposição
Excrementos de coelho	23	Boa
Excrementos de galinha fresco	10	Boa
Excrementos de galinha com cama	13-18	Média

Fonte: AGROBIO (1998).

<sup>3</sup> O líquido (soro) que vai sendo drenado do vermicontentor é recolhido no tabuleiro, possui propriedades fertilizantes e como tal pode e deve ser adicionado às plantas.

Segundo SENESI (1989), o produto da vermicompostagem é o vermicomposto, um adubo orgânico obtido a partir dos excrementos de animais, previamente estabilizado e neutro, ou a partir de compostos vegetais. Pela acção das minhocas o material bruto é transformado em adubo, rico em microorganismos, substâncias húmicas, fixadores de azoto atmosférico e bactérias fixadoras de potássio, fósforo, ferro e outros minerais, que são indispensáveis às plantas.

No quadro 6.7 apresenta-se a composição média do húmus (vermicomposto).

**Quadro 6.7 – Composição média do húmus**

<b>Parâmetros</b>	<b>Composição do húmus</b>
Humidade	55,02%
Matéria orgânica	26,60%
Azoto total	8,32%
Fósforo total em P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,22%
Potássio total em K	0,75%
Cálcio total em Ca	2,24%
Magnésio total em Mg	0,54%
Sódio total em Na	0,26%
Húmus total	3,44%
PH	8,32
Ferro total em Fe	0,11 ppm
Cobre total em Cu	29,00 ppm
Zinco total em Zn	130,00 ppm
Manganês total em Mn	178,00 ppm
Boro total B	14,00 ppm

Fonte: ROQUE (1995)

O vermicomposto é rico em matéria orgânica e reconstitui a estrutura física e biológica do solo. Actuando como fertilizante natural, o vermicomposto neutraliza o pH do solo e eleva a concentração de nutrientes, aumentando a resistência das plantas contra pragas e doenças (LANDGRAF *et al.*, 1999).

Este composto, também pode conter quantidades apreciáveis de metais pesados tóxicos, tais como cádmio, cobre, níquel, chumbo e outros, devido ao seu carácter

adsorvente de iões metálicos (SANTOS, 1986). O incremento na concentração destes metais no meio ambiente tem vindo a causar efeitos nocivos à saúde humana, à flora e à fauna, por alteração do ciclo global desses metais. Assim, o uso destes fertilizantes deve devidamente avaliado de modo que a concentração dos metálicos presentes não contamine os recursos naturais (LAMIM *et al.*, 1998 e KIEHL, 1985).

#### **6.4.4. Incineração**

A incineração é um processo de redução do peso, volume e das características de periculosidade dos resíduos, com a conseqüente eliminação da matéria orgânica e das características de patogenicidade, através da combustão controlada (LIMA, 1991 citado por MENEZES *et al* 2000), podendo também ser considerado um processo de reciclagem da energia liberada na queima dos materiais, visando a produção de energia elétrica e de vapor, que pode ser imediatamente convertido em frio (cogeração) (CALDERONI, 1999 citado por MENEZES *et al* 2000).

Segundo MENEZES *et al* (2000) para manter o equilíbrio ambiental a combustão tem que ser continuamente controlada, tendo-se em conta que esta pode variar com a composição, a humidade, o peso específico e poder calorífico dos resíduos.

##### **a) Emissões tóxicas**

Esta tem sido a maior preocupação e o grande entrave à evolução e aceitação das incineradoras. A liberação de vários poluentes perigosos, emissões gasosas e cinzas contaminadas com metais pesados, produtos químicos de combustão incompleta e compostos químicos (dioxinas e furanos) inteiramente novos formados durante o processo de queima.

**b) Deposição de cinzas**

As cinzas de incineração podem ser extremamente tóxicas, contendo uma alta concentração de chumbo e cádmio, assim como dioxinas e furanos, sendo gerados dois tipos de cinzas: a cinza sedimentada que cai na grelha (aproximadamente 90% da cinza), e a cinza em suspensão no ar. No que se refere aos metais tóxicos quanto melhor o dispositivo de controlo de poluição do incinerador, maior será a concentração de contaminantes nas cinzas.

**c) Custos económicos**

Os incineradores são incrivelmente caros devido aos altos investimentos em equipamentos. Com o controle adequado e ambientalmente correcto dos resíduos, o custo é inevitavelmente elevado o que torna a incineração um processo economicamente inviável. Porém um controle inadequado do processo de tratamento de resíduos representa riscos para a saúde e o meio ambiente.

**d) A incineração é um desperdício de energia**

O processo de incineração produz pouca energia sendo que a real produção eléctrica certamente não justifica os enormes custos envolvidos na sua construção, devida a baixa transformação dos resíduos para gerar electricidade.

Um incinerador tem que ser utilizado durante vários anos antes que haja uma produção líquida de energia. Grandes quantidades de energia têm que ser gastas em construir, operar, manter e desmanchar a instalação depois de terminada a sua vida útil. Neste contexto, não é uma alternativa à valorização energética de resíduos de origem animal, especialmente aqueles que contêm excrementos.

**e) Outras Alternativas: Aterros**

Está claro que nenhuma solução para os resíduos se libertará completamente dos aterros, pelo menos num futuro próximo. No entanto, a União Europeia, restringe a deposição em aterro a resíduos que não podem ser valorizados tecnologicamente,

estando excluídos os resíduos orgânicos e de origem animal (RODRIGUES, 2003a). No Brasil, tal questão ainda não se coloca.

#### **6.4.5. Digestão Anaeróbia**

A digestão anaeróbia é um processo microbiológico, pelo qual a matéria orgânica é degradada, na ausência de oxigénio, com produção de metano e dióxido de carbono. Este fenómeno ocorre naturalmente, quando, a matéria orgânica em meio anaeróbio, se apresenta em condições favoráveis à acção de microorganismos susceptíveis de apresentarem aquele tipo de metabolismo. Ocorrem estas condições em diversos ambientes naturais tais como sedimentos, fontes termais e sistemas gastrointestinais.

Os resíduos agro-pecuários, segundo RODRIGUES (2002), particularmente os gerados nas explorações de produção animal, são, a par com as lamas das ETAR's domésticas, os resíduos aos quais o processo de digestão anaeróbia tem tido maior aplicação. Os excrementos dos animais, pela sua elevada biodegradabilidade em condições de anaerobiose, é um dos substratos mais utilizados, quer em sistemas simplificados e/ou de reduzida dimensão, quer em digestores mais complexos e em maior escala.

O sector agro-pecuário, excluindo as explorações pecuárias com dimensão reduzida que não justificam e viabilizam, o aproveitamento do excreta em instalações de tratamento individuais ou colectivas, o potencial energético diário da excreta das explorações de bovinos, de galinhas poedeiras e de suínos, é de cerca de 325 000 m<sup>3</sup>/dia de biogás, a que corresponde um valor equivalente anual de 64 400 Toneladas de energia potencial (RODRIGUES, 2002).

Em 1991, existiam em Portugal 51 instalações de biogás construídas, ou em fase de construção, como se mostra o quadro 6.8.

Quadro 6.8 – Instalações de biogás existentes em Portugal (1991)

Substratos	Nº de instalações
Lamas	4
Matadouro	1
Aviário	7
Suíno + soro	1
Bovinos + aviários	1
Suínos	27
Mistos	1
Suínos + aviários	2
Bovinos + mato	1
Suínos + bovinos	3
Herbívoros	1
Lacticínios	1
Destilaria	1

Fonte: Adaptada de RODRIGUES (2002).

CRAVEIRO (1991) apresenta a situação da digestão anaeróbia no Brasil, tecendo as seguintes considerações: “a) o potencial de pesquisa e desenvolvimento em processos anaeróbios, tanto em Universidades, Institutos e Companhias estatais, embora com certas limitações, está em fase de crescimento e tem permitido a transferência crescente de tecnologia para o sector privado; b) em 1991, havia 102 digestores industriais com um volume total de 76.579 m<sup>3</sup>; c) a tecnologia gerada no Brasil representa 68% do número de reactores comercializados e 53% do volume total; d) o número de fornecedores no Brasil é de 18, sendo que 5 deles utilizam tecnologia licenciada na Europa e e) entre os tipos de reactores, predominam os do tipo UASB, com 85 unidades”.

No quadro 6.9 apresenta-se a quantidade de matéria prima necessária para a produção de 1 m<sup>3</sup> de biogás.

Quadro 6.9 – Quantidade de dejectos para a produção de 1 m<sup>3</sup> de biogás

Matéria-prima	Quantidade (kg)
Excrementos frescos de bovinos	25
Excrementos secos de galinha	2,32
Resíduos secos de vegetais	2,5
Excrementos secos de suínos	2,86

Fonte: [www.saneamento99.hpg.ig.com.br/bio1.htm](http://www.saneamento99.hpg.ig.com.br/bio1.htm)

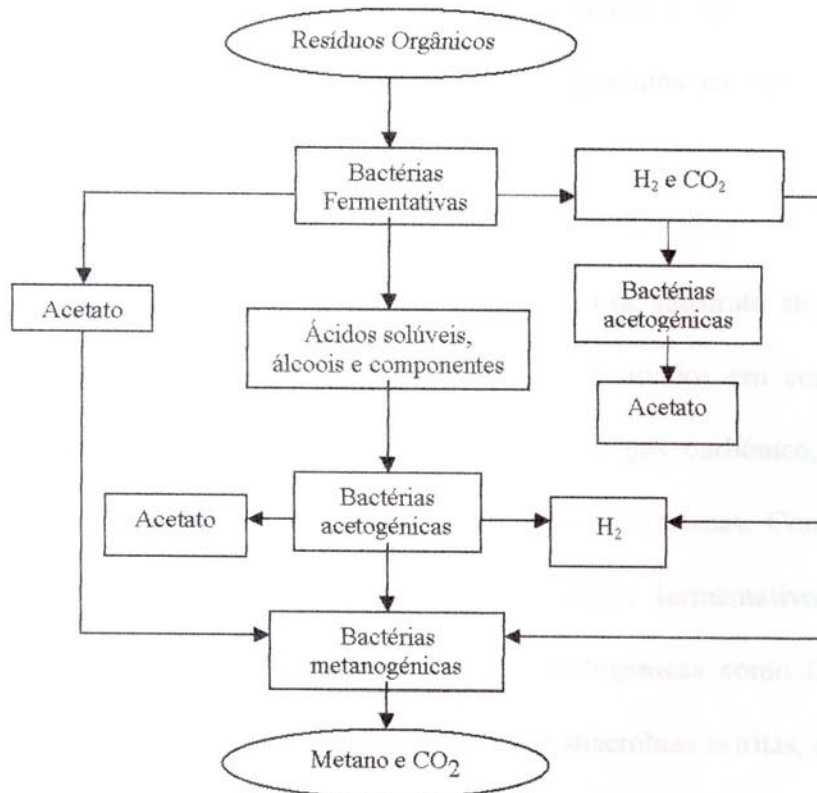
O interesse pela digestão anaeróbia de resíduos provenientes da agroindústria e da agropecuária tem crescido nos últimos anos, por apresentar vantagens significativas quando comparada com os processos mais utilizados de tratamento aeróbio de águas residuais ou os processos convencionais de compostagem aeróbia de resíduos orgânicos sólidos (LUCAS Jr., 1994).

Além da produção de biogás, o processo apresenta outras vantagens no tratamento de resíduos, tais como: como redução da matéria seca, do odor e de organismos patogénicos, obtendo-se ainda, como efluente, biofertilizantes mais estáveis, mais ricos em nutrientes assimiláveis e com melhores condições sanitárias em relação ao material original (HICKEY & SWITZENBAUM, 1991).

A conversão anaeróbia de substratos orgânicos de cadeias longas, na ausência de luz, nitratos, nitritos e sulfatos, são realizadas por bactérias quimio-heterotróficas, não metanogénicas, e bactérias metanogénicas. Os compostos orgânicos são hidrolisados pelas bactérias quimio-heterotróficas não metanogénicas produzindo açúcares, álcoois, ácidos voláteis, hidrogénio e CO<sub>2</sub>. A etapa subsequente consiste na fermentação de açúcares e aminoácidos, com consequente produção de acetato ou então produção de produtos intermediários como o propionato e o butirato, enquanto que os álcoois e ácidos voláteis, com mais de dois carbonos, vão ser oxidados formando hidrogénio e acetato. É nesta etapa que ocorre a formação de metano através da descarboxilação do acetato e da redução do CO<sub>2</sub> pelo hidrogénio (SPEECE, 1983).

O processo de produção de biogás desenvolve-se assim em diferentes estádios de interacção entre os microrganismos e os substratos, conforme se esquematiza na figura VIII.

Figura VIII – Fases da digestão anaeróbia



Fonte: Adaptada de LUSK, 1998

Embora o processo de digestão anaeróbia seja simplificado considerado como tendo duas fases, este pode ser subdividido em quatro fases principais que serão descritas de seguida.

#### a) Hidrólise

A primeira fase do processo consiste na hidrólise de moléculas orgânicas complexas (polímeros) em moléculas mais simples (monómeros) pela acção das exoenzimas excretadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas. Os organismos anaeróbios dotados de maior actividade proteolítica e celulolítica são os do género *Clostridium*, podendo operar a temperaturas mesofílicas e termofílicas. Contudo, encontram-se no interior dos reactores muitos outros microrganismos hidrolíticos,

nomeadamente: *Bacteroides*, *Ruminococcus*, *Eubacterium*, *Lactobacillus*, etc. (BRYANT, 1976). Na anaerobiose, a hidrólise dos polímeros usualmente ocorre de forma lenta, sendo vários os factores que podem afectar o grau e a taxa em que o substrato é hidrolisado, por exemplo, temperatura; tempo de retenção; composição do substrato (teores de lignina, hidratos de carbono, proteínas e lípidos); tamanho das partículas; pH; concentração de N; concentração de produtos da hidrólise e ácidos gordos voláteis (LETTINGA, 1996).

#### b) Acidogénese

Os produtos oriundos da fase de hidrólise servem de substrato ao processo das bactérias fermentativas, onde os monómeros são transformados em compostos que incluem: ácidos gordos voláteis, álcoois, ácido láctico, gás carbónico, hidrogénio, amónia e sulfeto de hidrogénio, além de novas células bacterianas. Como os ácidos gordos voláteis são o principal produto dos organismos fermentativos, estes são usualmente designados de bactérias fermentativas acidogénicas como *Clostridium* e *Bacteroides*. A maioria das bactérias acidogénicas são anaeróbias estritas, mas cerca de 1% consiste em bactérias facultativas que podem oxidar o substrato orgânico por via oxidativa. Isso é particularmente importante, uma vez que as bactérias estritas são protegidas contra a exposição ao oxigénio eventualmente presente no meio (LETTINGA & VAN HAANDEL, 1992).

#### c) Acetogénese

As bactérias acetogénicas são responsáveis pela oxidação dos produtos gerados na fase acidogénica em substrato apropriado para as bactérias metanogénicas. Os produtos gerados pelas bactérias acetogénicas são o hidrogénio, o dióxido de carbono e o acetato. Durante a formação dos ácidos acético e propiónico ocorre a queda do valor do pH no meio aquoso, devido a grande quantidade de hidrogénio. De todos os produtos metabolizados pelas bactérias acidogénicas, apenas o hidrogénio e o acetato podem ser

utilizados directamente pelas metanogénicas. Porém, pelo menos 50% da CQO biodegradável é convertida em propionato e butirato, os quais são decompostos em acetato e hidrogénio pela acção das bactérias acetogénicas. Essas bactérias são facultativas, ou seja, elas podem actuar tanto em meio aeróbio como anaeróbio. O oxigénio necessário para efectuar essas transformações é retirado dos compostos que constituem o material orgânico (BRYANT, 1976).

#### **d) Metanogénese**

É a etapa final no processo global de degradação anaeróbia de compostos orgânicos em metano e dióxido de carbono, e é efectuada, pelas bactérias metanogénicas. As metanogénicas são anaeróbias estritas, possuem coenzimas e cofactores específicos e só podem utilizar um número limitado de substratos para a formação de metano, de  $\text{CO}_2 + \text{H}_2$ , de acetato, de formato, de metanol, de metilaminas e de monóxido de carbono (WOLFE, 1992). Estas bactérias são obrigatoriamente anaeróbias e extremamente sensíveis a mudanças do meio, como temperatura e o pH.

O processo de biodigestão anaeróbia tem demonstrado também resultados interessantes na redução do impacto ambiental de excrementos de animais, não somente pela diminuição dos sólidos presentes, mas também pela redução de microrganismos indesejáveis nos efluentes, principalmente os microrganismos patogénicos (CARRINGTON *et al.*, 1982, SHIH, 1984, KEARNEY *et al.*, 1993, SCHOCKEN-ITURRINO *et al.*, 1995). Por isso, hoje em dia, o biodigestor não é visto apenas como uma fonte alternativa de energia, mas principalmente como forma de evitar a poluição ambiental (SHARMAN, citado por MEYNEL, 1978).

No quadro 6.10 observamos alguns dos factores mais importantes que afectam a produção de biogás, bem como a sobrevivência das bactérias que participam de forma directa no processo e que devem ser controlados.

Quadro 6.10 – Factores que afectam a produção de biogás

Factores	Condições a manter
Impermeabilização do bioreactor	Ocorre devido às bactérias metanogénicas serem essencialmente anaeróbias, sendo que a decomposição de matéria orgânica na presença de oxigénio produz apenas CO <sub>2</sub>
Temperatura	Ocorre devido à alta sensibilidade às alterações de temperatura das bactérias produtoras do biogás, em especial as que produzem metano. O intervalo ideal para a produção de biogás situa-se entre os 35 - 45°C (bactérias mesofílicas). Também se pode obter biogás no intervalo de temperatura 50 - 60°C (bactérias termofílicas).
Alcalinidade e pH	A alcalinidade é uma medida da quantidade de carbonato presente na solução (proveniente do CO <sub>2</sub> ) e tem importância neste processo porque, à medida que as bactérias produzem ácidos, o que implica uma diminuição do pH, o carbonato reage com eles, fazendo um controle da acidez do meio (efeito tampão). As bactérias que produzem metano sobrevivem numa faixa estreita de pH entre 6,5 - 8,0.
Teor de água	O teor de água no biodigestor deve variar entre 60 - 90% do peso total do seu conteúdo.
Nutrientes	Os principais nutrientes das bactérias são o carbono, o azoto e os sais orgânicos. Neste processo deve-se manter uma relação C/N específica, entre 20:1 e 30:1. A produção de biogás não é bem sucedida se apenas uma fonte de material for utilizada.

Fonte: ZEIKUS, (1980)

De facto, a degradação anaeróbia da matéria orgânica a metano e dióxido de carbono, envolve uma cadeia sequencial de percursos metabólicos e requer a acção

combinada e coordenada de diferentes grupos tróficos de bactérias anaeróbias (ZEIKUS, 1980).

ZEIKUS (1980) propôs a seguinte distinção metabólica das populações microbianas na digestão anaeróbia:

**a) Bactérias hidrolíticas**

Fermentam grande variedade de moléculas orgânicas de cadeia longa (por exemplo, polissacaridos, lípidos e proteínas) com um amplo espectro de produtos finais (por exemplo, ácido acético,  $H_2/CO_2$ , compostos com um átomo de carbono e ácidos orgânicos de massa molecular superior à do ácido acético e compostos neutros de massa molecular superior à do metanol).

**b) Bactérias acetogénicas**

Produtoras de hidrogénio, entre as quais se incluem as espécies facultativas e estritamente anaeróbias que fermentam os ácidos voláteis maiores que o ácido acético (por exemplo, ácido butanoico e ácido propanoico) e compostos neutros de massa molecular superior à do metanol (por exemplo, etanol, propanol), hidrogénio e acetato.

**c) Bactérias homoacetogénicas**

Podem fermentar um amplo espectro de compostos com um átomo de carbono, transformando-as em ácido acético.

**d) Bactérias metanogénicas**

Fermentam o  $H_2$  e o  $CO_2$ , compostos com um único átomo de carbono (por exemplo, metanol, CO, metalanina) e acetato, produzindo metano.

Os excrementos de origem animal contêm grande número de bactérias; entre as quais algumas patogénicas, e quando são espalhados na terra como fertilizantes, sem tratamento, conduzem a sérios riscos de infecção dos animais que pastam e a partir daí para o ser humano. Caso estes sejam utilizados na fertilização de fruteiras e hortas,

principalmente dos produtos consumidos crus, o uso da biodigestão pode tornar mais segura a utilização desses fertilizantes (SILVERMAN & GUIVER, 1960). Esses microrganismos podem, principalmente, através das chuvas, ser levados às fontes de água superficiais e subterrâneas, comprometendo a qualidade microbiológica de mananciais (CRANE *et al.* 1980).

Atendendo a este facto, a utilização da biodigestão é uma boa opção para produtor de destino do estrume das aves (AMARAL *et al.*, 2000).

A produção de biogás, a partir dos resíduos dos aviários tem várias vantagens:

**a) Em termos de tratamento de resíduos agrícolas**

É um processo natural que permite tratar resíduos orgânicos. Requer menos espaço que aterros sanitários ou compostagem (ARAÚJO, 2000) e diminui o volume de resíduo a ser eliminado no meio ambiente.

**b) Em termos energéticos**

É uma fonte de energia renovável, produz um combustível de alta qualidade e ecologicamente correcto (a combustão do metano só produz água e dióxido de carbono, não gerando nenhum gás tóxico) (FERREIRA, 2003).

**c) Em termos ambientais**

Maximiza os benefícios da reciclagem/reaproveitamento da matéria orgânica, produz como resíduo o biofertilizante, rico em nutrientes e livre de microrganismos patogénicos, reduz significativamente a quantidade emitida de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e de metano (CH<sub>4</sub>), gases causadores do efeito estufa (RODRIGUES, 2003a).

**d) Em termos económicos**

Apesar do alto custo inicial, numa perspectiva a longo prazo esta técnica poderá resultar numa grande economia para a exploração avícola, pois reduz gastos com electricidade, transporte de botijas de gás, com o esgoto e eliminação dos resíduos, entre outros aspectos (FERREIRA, 2003).

No entanto, a produção de biogás tem algumas pequenas desvantagens, como sejam:

a) A formação de ácido sulfídrico ( $H_2S$ ), um gás tóxico, cujas emissões dependem do tipo de resíduo, o que implica o tratamento do gás obtido, dependendo do uso que se lhe pretende dar e a escolha adequada do material utilizado na construção do biodigestor;

b) A formação de gases corrosivos, que pode a longo prazo implicar custos acrescidos com a manutenção do biodigestor (FERREIRA, 2003).

#### **6.4.5.1. Biodigestor**

A biodigestão anaeróbia é o processo de tratamento de resíduos que ocorre dentro de biodigestores, e que depende de uma série de condições físicas, químicas e microbiológicas para ser realmente eficiente. Como a cama de aviário é retirada periodicamente, o tipo de biodigestor mais adaptado a estas condições é o denominado “Biodigestor Batelada”. A gestão diária deste tipo de biodigestor é muito simples não necessitando de elevada mão-de-obra, mas sim de perícia na gestão, entendida como o conhecimento que o produtor tem sobre o sistema e o processo, que é fundamental para que o resíduo seja realmente tratado (PAIVA 2003).

Segundo XAVIER *et al.* (2002) em BENINCASA *et al.*, (1991) foi observado entre os modelos de biodigestores utilizados no meio rural o “Batelada” é o mais utilizado e que se caracteriza por ser alimentado de uma só vez e, após todo o material ter sido digerido, é esvaziado e realimentado novamente.

Na Europa, de acordo com LUSK (1998), as facilidades da digestão anaeróbia geralmente estão associadas a uma boa gestão dos resíduos rurais, industriais e municipais. Na Europa, a digestão anaeróbica foi implementada depois da Segunda

Guerra Mundial, e durante a crise energética que se lhe seguiu. Assim, a digestão anaeróbia está a ser estudada à mais de 20 anos. Mais de 600 biodigestores rurais estão em operação na Europa, referindo-se que 250 destes foram instalados na Alemanha nos últimos 5 anos.

A estrutura simplificada dos biodigestores é um dos factores fundamentais para o sucesso do processo, assim como o regulamento ambiental, a política governamental e os subprodutos disponíveis.

A Dinamarca é um país com grandes experiências e uso de larga escala das facilidades da biodigestão. Aí 18 grandes projectos estão em operação. Em muitos casos há facilidades da codigestão de estrumes e recolha de resíduos orgânicos industriais e resíduos municipais orgânicos. A Dinamarca pretende aumentar a digestão anaeróbia, ou até mesmo triplicar a produção de biogás até 2005. (DANISH MINISTRY OF ENERGY AND ENVIRONMENT, 1996).

O uso da digestão anaeróbia para tratar os resíduos industriais cresceu muito na última década.

14% dos sistemas de biodigestão mundial estão localizados na América do Norte. Na América do Sul, estes estão instalados principalmente no Brasil, onde são usados no tratamento dos resíduos das fábricas produtoras de aguardente de cana-de-açúcar. (LETTINGA & VAN HAANDEL, 1992).

De acordo com LUSK (1998), o crescimento e a concentração das explorações rurais nos Estados Unidos criam oportunidades adequadas para a gestão e uso de grandes quantidades de estrumes gerados pelos bovinos leiteiros, suínos e aves. O potencial poluente desses resíduos, tal como se referiu anteriormente, é elevado. Por outro lado, neste momento começam a existir algumas preocupações que derivam da contribuição das emissões de metano para as Alterações Climáticas Globais.

A gestão das emissões de metano, para além de produzir energia, poderá fornecer ganhos acrescidos, na lógica do futuro mercado de carbono, resultante da ratificação do Protocolo de Quioto (RODRIGUES, 2003a).

De acordo com o projecto da Agência de Protecção Ambiental Americana (EPA), descrito por LUSK (1998) os responsáveis pela descontaminação das águas por poluentes agrícolas, são agricultores e criadores de gado. A legislação Europeia tende a avançar no mesmo sentido.

Neste contexto de aperto legal e ambiental, faz sentido começar a implementar nas explorações agropecuárias sistemas de biodigestão simples, como é o caso do “Batelada”.

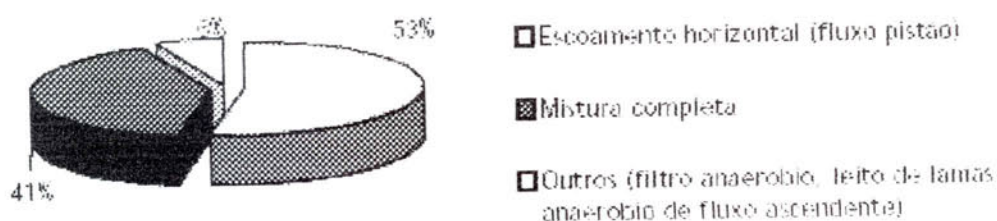
No Batelada, a alimentação do biodigestor é feita contínua. Este é alimentado e, após todo o material ter sido digerido, é esvaziado e realimentado novamente. Por alimentação contínua entende-se, alimentar o biodigestor todos os dias, ou entre cada 2 dias, repondo a mesma quantidade retirada. Com este processo tem-se uma produção de gás contínua (PAIVA, 2003).

Comparando o desempenho de biodigestores contínuos e em batelada, operando com diversos resíduos orgânicos, STEWART *et al.* (1984) demonstraram que os materiais com altos teores de hidratos de carbono solúveis são mais adequados à produção de biogás, produzindo grandes volumes de gás rapidamente, quando operado em sistema contínuo.

No Brasil existem cerca de 8300 biodigestores construídos enquanto na Europa existem apenas cerca de 1200 (SILVA, 2002).

Na figura IX são apresentados os diferentes tipos de digestor utilizados em Portugal para tratamento de resíduos, sendo notória a preferência por digestores de escoamento horizontal (fluxo pistão) ou digestores de mistura completa.

Figura IX – Tipo de digestores



#### 6.4.5.2. Produção de biogás

Desde a década de 70 que as organizações ambientais estudam a possibilidade de se utilizar os resíduos da suinicultura e da avicultura para produzir energia e biogás (SILVESTINI, 2001).

O processo tecnológico aqui referido, também é um processo natural que ocorre nos pântanos, nos mangais (ecossistemas tropicais), nos lagos e rios, e é uma parte importante do ciclo biogeoquímico do carbono. Produzido, dessa maneira, o biogás não é utilizado como fonte de energia.

A produção de biogás não é exclusiva dos resíduos de origem animal, pode ser obtida por digestão de lamas de tratamentos de águas residuais (ARAÚJO, 2000), lixo doméstico (ARAÚJO, 2000), resíduos agrícolas (FERREIRA, 2003), efluentes industriais (FERREIRA, 2003) e plantas aquáticas (ZEIKUS, 1980).

Quando a digestão anaeróbia é realizada em biodigestores especialmente projectados para esse fim, a mistura gasosa produzida pode ser usada como combustível, o qual, além de seu alto poder calorífico, de não produzir gases tóxicos durante a queima e de ser uma ótima alternativa para o aproveitamento do lixo orgânico, ainda deixa como resíduo, lamas, que são um excelente biofertilizante (ZEIKUS, 1980).

Os quadros 6.11 e 6.12 dão uma idéia da capacidade de produção de biogás em função do material disponível para o abastecimento dos biodigestores, e do poder energético do biogás.

O biogás assim obtido, é uma mistura gasosa composta maioritariamente por: metano ( $\text{CH}_4$ ): 40-70% do volume de gás produzido; dióxido de carbono (anidrido carbónico,  $\text{CO}_2$ ): 30-60% do volume de gás produzido; vestígios de outros gases: hidrogénio ( $\text{H}_2$ ): 0-1% do volume; sulfureto de hidrogénio (ácido sulfídrico,  $\text{H}_2\text{S}$ ): 0-3% do volume (ZEIKUS, 1980).

**Quadro 6.11 - Disponibilidade de resíduos animais e produção de biogás**

Espécie animal	Disponibilidade de esterco kg/dia	Produção de Biogás m <sup>3</sup> /animal/dia
Bovino estabulado	30,00	1,11
Bovino semi-estabulado	15,00	0,56
Bovino não estabulado	10,00	0,36
Suíno	2,30	0,18
Suíno adulto	5,80	0,33
Galinha poedeira	0,05	0,01

Fonte: SILVA (1981) & BENINCASA (1991).

**Quadro 6.12 - Comparação entre poder energético do biogás e de outros combustíveis.**

	Metano (m <sup>3</sup> )	Álcool (l)	Gasolina (l)	Diesel (l)
1 m <sup>3</sup> de biogás equivale a	0,65	1,2	0,72	0,62

\* A queima de 1 m<sup>3</sup> de biogás fornece 23.400 kJ de energia.

Fonte: BARRA (1985) e MITZLAFF (1988)

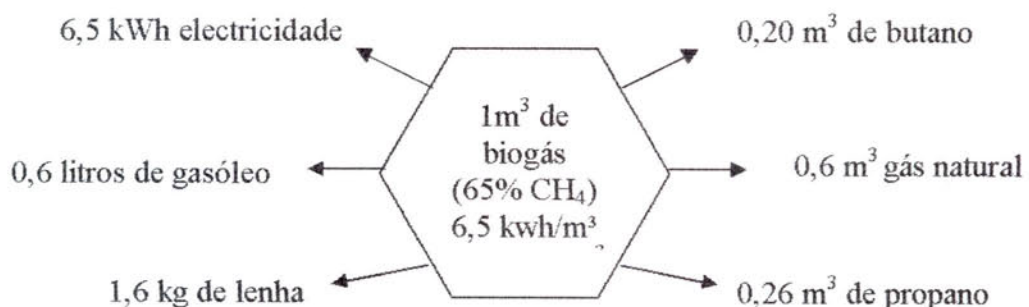
O poder calorífico do biogás é próximo dos 6 kWh/m<sup>3</sup>, o que corresponde à energia libertada durante a queima de aproximadamente meio litro de gasóleo (ZEIKUS, 1980).

A digestão anaeróbia é uma reacção bioquímica realizada basicamente em quatro estágios, por diversos tipos de bactérias, na total ausência de oxigénio. O grupo de bactérias fundamental nesse processo é o grupo de bactérias metanogénicas, que actuam na última etapa, formando o metano ( $\text{CH}_4$ ), como anteriormente se referiu.

Este teor de metano encontra-se documentado na mais vasta literatura, esquematizando-se a sua equivalência energética, na Figura X.

A cogeração, de acordo com RODRIGUES (2002), é a produção combinada de calor e electricidade, sendo a eficiência de conversão do biogás em energia eléctrica variável entre 25% a 38%, em relação à energia inicialmente presente no biogás. O restante conteúdo energético do biogás (60 a 75%) é convertido em calor presente nos gases de escape (25 a 35%), na água de arrefecimento do motor (12 a 18%) e no óleo de lubrificação (5 a 10%), para além do que é perdido por radiação (10 a 25%).

Figura X – Equivalência energética bruta do biogás com 65% de metano



Fonte: Adaptado de GUIA TÉCNICO DE BIOGÁS (2000)

Relativamente aos resíduos gerados no meio rural considera-se que, de forma geral merecem destaque, para a geração de biogás, as produções de bovinos, suínos e aves (COELHO, 2004). Essas são grandes geradoras de excrementos e, conseqüentemente, apresentam grande potencial de geração de biogás.

Por exemplo, um pequeno rebanho composto por 100 vacas em ordenha pode produzir 2.500 kg de estrume por dia, gerando 100 m<sup>3</sup> de biogás, energia equivalente a três botijas de GLP. Este resultado resulta em potenciais ganhos anuais devido à produção de biogás e fertilizantes. Vale a pena referir que o efectivo bovino no Brasil é de 40 milhões de bovinos para ordenha e outros 120 milhões de bovinos para abate. Existem ainda aproximadamente 36 milhões de suínos e são produzidos anualmente outros 3 milhões de frangos, o que faz ressaltar o elevado potencial da aplicação dessas tecnologias no meio rural brasileiro (COELHO, 2004).

#### **6.4.5.3. Biofertilizantes**

Em simultâneo com a produção de biogás, a digestão anaeróbia da matéria orgânica produz, como resíduo, uma substância com aspecto de lama, que, quando diluída, pode ser utilizada como fertilizante agrícola. Esse fertilizante, denominado de biofertilizante, tem uma elevada concentração de azoto e fósforo (principais componentes dos adubos industrializados), para além de ter grande facilidade de imobilização dos microrganismos do solo devido ao avançado grau de decomposição da mistura produzida (ZEIKUS, 1980).

Os resíduos da produção de aves (estrume, composto, liquame/lamas de lagoas de contenção/tratamento) são empregues com muita frequência como fertilizantes agrícolas orgânicos. Na utilização desse fertilizante deve atender-se que, os teores de azoto, fósforo, cinzas e outros componentes importantes contidos no estrume das aves, pode variar significativamente entre lotes e origem dos resíduos (PAYNE & DONALD, 1993).

O primeiro passo a dar aquando do uso de resíduos de aves como fertilizante, é determinar a disponibilidade de nutrientes nele contidos, estimando o seu conteúdo em

nutrientes a partir de tabelas do consumo de rações que foram fornecidas às aves. A quantidade de estrume de aves a ser aplicada a uma cultura, baseia-se na quantidade necessária de azoto que as plantas requerem. No entanto, é preciso também calcular a quantidade de fósforo e potássio que deverão ser aplicadas, para satisfazer as necessidades da cultura (PAYNE & DONALD, 1993). Por outro lado, os níveis de aplicação de estrume de origem animal, também se deverá basear nos resultados de análise do solo.

Tradicionalmente, o estrume de aves tem sido aplicado na cultura de cereais e pastagens. A expansão da avicultura, o aumento da densidade de aves e a expansão urbana, tem limitado as áreas agrícolas disponíveis para este tipo de fertilizante. Tal facto tem levado à necessidade de se procurar novas áreas agrícolas para aplicação do estrume de aves, localizadas longe das imediações das áreas urbanas. Uma das alternativas apontadas tem sido para a fertilização de plantações de árvores de fruta e reflorestamento, que se encontram neste momento em expansão (PAIVA, 2003).

O estrume produzido pelos frangos e galinhas poedeiras possui um teor de azoto (N) suficiente, para fertilizar grande parte das áreas de cultivo de cereais que se desenvolvem nas proximidades dos aviários, recomendando-se uma taxa de fertilização de 90 kg/N/ha. O nível de fósforo (P) e potássio (K) contido no estrume, é mais do que suficiente para suprimir as necessidades de cereais como o milho. Além do seu uso como fertilizante orgânico no cultivo de cereais e distribuição a granel em pastagens, o estrume das aves também pode ser usado em culturas de hortícolas, em pomares e em florestas, e como componente orgânico, para composição de solo destinado a jardinagem (SEIFFERT, 2000).

Em geral, o estrume de aves é aplicado na primavera e verão. Esta é também a época do ano, em que ocorrem chuvas intensas e frequentes. Por esta razão, o produtor avícola deverá atender à previsão meteorológica quando planear distribuir o seu estrume

(RODRIGUES, 2003a). O estrume não deverá ser distribuído pouco antes da ocorrência de chuvas intensas, para evitar que o escoamento superficial da água de chuva, venha a transportar os seus nutrientes para a rede de drenagem. Adicionalmente, deve ser lembrado que não deve haver distribuição de estrume, em locais que distam menos de 30 m dos cursos de água e menos de 60 m de poços e zonas de nascentes (PAYNE & DONALD, 1993).

Para além da transformação de metano em energia eléctrica, dos processos de digestão anaeróbia também se obtém um resíduo tratado que poderá ser vendido como fertilizante para a agricultura. O valor comercial deste resíduo é de cerca de 30 €/tonelada no continente (informação da Quercus) e mais caro nos Açores (informação de Avelino Ormonde, produtor agrobiológico terceirense).

## 7. Materiais e métodos

São descritos os materiais e métodos utilizados para a caracterização dos resíduos avícolas e cunícolas deste trabalho e respectivos métodos de análise laboratorial.

As amostras de resíduos de origem animal foram colhidas em explorações no Continente Português, na região da Estremadura (Caldas da Rainha, Leiria e Rio Maior), e as demais amostras, foram colhidas na Ilha Terceira (Açores).

Foram analisadas no total 12 amostras, sendo 6 de Portugal Continental e 6 dos Açores. As análises foram realizadas de acordo com os procedimentos técnicos do laboratório de solos da Universidade dos Açores. Estas foram pesadas e armazenadas na estufa a 105°C para secagem. Após uma semana foram pesadas novamente e moídas para posteriores análises.

### ➤ Azoto Total (N)

O azoto total foi determinado através do método de Kjeldhal - *Sistema Kjelttec*. Este método permite determinar o azoto total a partir do amoníaco que é libertado.

O sistema completo kjelttec é constituído por três unidades, uma de digestão, uma de destilação e uma de titulação. A digestão fez-se em tubos especiais, com exaustores acoplados ligados a uma trompa de água e a destilação foi feita por arrastamento de vapor.

#### Material:

- Sistema completo kjelttec (Tecator);
- Balança de sensibilidade ( $10^{-4}$ g);
- Tubos especiais para digestão (Tecator);
- Balões erlenmeyer de 250ml, de boca estreita.

A concentração de azoto total foi calculada pela seguinte expressão:

$$\% N = \frac{(V - V') \times T \times 1,4007}{m}$$

onde:

V - representa o volume de HCl gasto na titulação da amostra (ml)

V' - representa o volume de HCl gasto na titulação do ensaio em branco (ml)

T - título HCl

m - massa de resíduo seco  $\pm 105^{\circ}\text{C}$  (g)

Todos os ensaios de azoto foram realizados em duplicado.

#### ➤ **Matéria Orgânica**

A concentração de matéria orgânica foi calculada pela seguinte expressão:

$$\% MO = \frac{P - P'}{P} \times 100$$

onde:

P - representa o peso da amostra após a evaporação a  $105^{\circ}\text{C}$

P' - representa o peso da amostra após a evaporação a  $500^{\circ}\text{C}$

Todos os ensaios de matéria orgânica foram realizados em duplicado.

#### ➤ **Carbono**

A concentração de carbono foi calculada pela seguinte expressão:

$$\% C = \frac{\% MO}{1,724}$$

onde:

MO - representa a percentagem de matéria orgânica

1,724 - factor constante

Todos os ensaios de carbono foram realizados em duplicado.

➤ **Razão C/N**

Após o cálculo da quantidade de carbono e azoto encontrada separadamente faz-se o cálculo da razão entre eles.

➤ **Demais elementos**

Para determinar os demais elementos (cálcio, fósforo, magnésio, manganês, cobre, ferro, zinco, potássio) pesa-se no cadinho, com uma precisão de  $\pm 0,0001\text{g}$ , uma amostra de 1g do resíduo para análise.

Coloca-se o cadinho contendo a amostra a analisar na mufla à temperatura ambiente. Regula-se a temperatura para  $500 \pm 10^\circ\text{C}$ . Decorridas 4 horas, desliga-se a mufla e quando se atingir a temperatura ambiente, retira-se-o, contendo as cinzas que serão depois humedecidas.

Se após aquela operação ainda se notarem partículas carbonizadas, leva-se o cadinho a banho-maria, a fim de que toda a água seja evaporada e seguidamente, passa à estufa durante 1 hora a  $100-105^\circ\text{C}$ . Coloca-se novamente o cadinho na mufla a  $500 \pm 10^\circ\text{C}$  durante 2 horas.

Adicionam-se-lhe 3 ml de ácido clorídrico 3M, às cinzas humedecidas, deixa-se reagir pelo menos durante 8 horas. Transfere-se a solução para um balão aferido de 100 ml e completa-se o volume com água. Filtra-se a solução com papel de filtro Whatman nº 42, para frascos de 50 ml, rejeitando as primeiras porções do filtrado. Guarda-se o filtrado para as subseqüentes determinações de macro e micro nutrientes.

## 8. Resultados e Discussões

A caracterização dos resíduos de origem animal estudados foram:

Resíduos de explorações de criação de frangos

Resíduos de explorações de codornizes;

Resíduos de explorações de coelhos.

Aplicação de um Teste t student para duas amostras emparelhadas para médias, revela que não existem diferenças significativas, a um nível de confiança de 95%, entre as variáveis associadas à fase orgânica dos excrementos de frango, codorniz e coelho, entre os Açores (Ilha Terceira) e Portugal Continental, todavia, a aplicação do mesmo teste à fase inorgânica dos excrementos das mesmas espécies, revela existirem diferenças significativas espécie a espécie, a um nível de confiança de 95%.

Considerou-se como constituinte da parte orgânica o azoto, o carbono, a matéria orgânica e a razão entre o carbono e o azoto em cada uma das espécies estudadas.

Considerou-se como constituintes inorgânicos dos resíduos, o cobre, o zinco, o ferro, o manganês, o magnésio, o cálcio e o potássio.

Os resultados obtidos, parecem indiciar que os microelementos não essenciais resultam de características intrínsecas ao ambiente onde se encontram as explorações. Por outro lado, é sabido que a biodisponibilidade de elementos vestigiais na dieta dos animais é muito variável depende de características químicas do próprio elemento, das condições gastro intestinais e de factores fisiológicos (FAIREWEATHER-TAIT & DAIUTY, 2002), para além de factores ambientais.

Alguns autores, entre os quais ANCORA *et al.* (2002) referem que as concentrações de mercúrio, cádmio e chumbo (elementos vestigiais) encontrados nos excretas dos pinguins da Terra Nova reflectem contaminações no ambiente local.

Neste estudo verifica-se que os níveis dos metais pesados estudados são mais elevados no continente do que na Terceira. Admitindo tal como se referiu anteriormente que o ambiente local poderá ser o responsável pela concentração dos elementos vestigiais encontrados nas fezes dos animais estudados, é expectável que as maiores concentrações de um dado elemento sejam mais elevadas quando os seus teores no solo são também mais elevados.

Tentar-se-á abordar este aspecto, na interpretação possível das concentrações de metais pesados obtidos neste estudo.

➤ Ferro (Fe)

O ferro (Fe) tem uma origem essencialmente litólica, mas apesar disso, também tem uma função fisiológica.

De acordo com os níveis de Fe ambientais, observados nos líquenes e nos solos da Estremadura (FREITAS *et al*, 1999) e os níveis de Fe em amostras semelhantes da Terceira (FREITAS *et al.*, 2004), não se observam grandes diferenças de média entre os valores ambientais, que justifiquem as diferenças encontradas na composição das fezes aqui estudadas.

Os teores de Fe nos excrementos de coelho são em média superiores ao dos observados nas fezes das aves estudadas. Crê-se que essa diferença se deva a factores essencialmente fisiológicos.

ZOOTTE (2002) refere numa revisão bibliográfica vasta sobre a qualidade da carne de coelho, que essa carne é sempre mais pobre em Fe do que a das aves, dado que a oxidação lipídica é menos acentuada.

Considerando que a alimentação das espécies estudadas era sensivelmente a mesma, os níveis mais elevados de Fe nas fezes de coelho tanto nos Açores quanto no Continente, relativamente aos níveis das fezes de frango e codorniz, poderá dever-se a uma menor assimilação desse micronutriente por parte dos coelhos.

Em termos de biofertilizantes que possa resultar da compostagem e vermicompostagem dos resíduos de coelho, este será sempre mais rico em Fe do que o resultante do tratamento dos resíduos das aves, suínos e bovinos.

Na compostagem e vermicompostagem o Fe é um metal essencial para a actividade biológica dos microorganismos favorecendo a produção ácida (SIKORA, 2004). Assim sendo, a compostagem das excretas do coelho ocorre mais rapidamente do que a compostagem das excretas de outros animais. Por essa mesma lógica deveria ser mais rápida a compostagem dos excrementos da codorniz do que das fezes de frango. No entanto não é só o Fe que condiciona a velocidade de obtenção do produto final mas também a razão carbono/azoto (C/N).

#### ➤ Razão C/N

Para um desenvolvimento normal do processo anaeróbio a razão carbono e azoto deverá situar-se entre os 15 e os 30 (CCE, 2000). Sendo assim, é possível efectuar a digestão anaeróbia imediata das fezes de frango e de coelho, mas não das da codorniz, porque as razões C/N encontradas para os excrementos desta espécie se situam entre os 7 e os 10, muito inferior ao necessário. As razões C/N para os excrementos de frango e de coelho situaram-se no intervalo acima referido pela CCE (2000).

Para se tornar eficiente a biodigestão dos resíduos da codorniz há que adicionar-lhe fibras ricas em carbono, como aparas de madeira ou papel.

É nítido um incremento de azoto (N) nas fezes da codorniz relativamente as outras espécies estudadas. MEKASHA *et al* (2002) referem que a dieta alimentar tem um papel determinante na retenção do azoto. No entanto parece resultar da análise dos dados deste estudo, que o factor espécie, poderá ter um papel importante nos níveis de azoto observados nos excrementos.

Os níveis de N nas fezes da codorniz são entre 40% a 60% mais elevados do que nas outras espécies analisadas. A razão C/N baixa da codorniz, deve-se essencialmente

ao facto dos níveis de azoto dessa espécie ser superior aos das demais espécies e de nas explorações não se ter observado a existência de camas.

#### ➤ Cobre (Cu)

Relativamente ao cobre (Cu) nos resíduos estudados, os valores mais elevados a nível do continente parecem reflectir uma influência do ambiente. De acordo com FREITAS *et al* (1999) e FREITAS *et al* (2004) os níveis de Cu nos solos e líquenes dos Açores são mais baixos do que os níveis observados na Estremadura.

O cobre quando em excesso poderá contribuir para uma redução no crescimento microbiológico dos microorganismos da compostagem. Os níveis de Cu encontrados nas fezes analisadas são muito próximos dos observados nas fezes dos bovinos por SIKORA (2004). A média observada neste estudo foi de 36 mg/kg e o observado pela autora referida anteriormente foi de 34 mg/kg.

De acordo com DURSUN *et al* (2003) o desenvolvimento dos microorganismos só é afectado negativamente quando as concentrações de cobre ultrapassam os 5000 mg/kg, o que implica que nas amostras analisadas os níveis de Cu observados não terão qualquer efeito negativo no processo de compostagem destes resíduos.

Sendo os níveis de Cu muito baixos, a aplicação do biofertilizante resultante do tratamento desses resíduos não terá qualquer impacto em termos de poluição do solo.

#### ➤ Manganês (Mn)

Os níveis de manganês (Mn) nos Açores e no Continente não conseguem ser explicados por contribuições do ambiente. Os níveis deste elemento nos solos Açorianos são superiores aos níveis médios dos solos continentais e os níveis nos líquenes que traduzem um contributo atmosférico são praticamente idênticos nos dois locais de acordo com os trabalhos FREITAS *et al* (1999) e FREITAS *et al* (2004), no entanto, os níveis médios encontrados nos resíduos das espécies estudadas são maiores no Continente que nos Açores.

Mais uma vez, os níveis médios de Mn observados neste estudo são de 0.21g/kg, muito próximos dos observados por SIKORA (2004) para os excrementos dos bovinos (0.19g/kg).

O manganês é um importante micronutriente proveniente do solo e utilizado pelas plantas para transportar a água durante a fotossíntese e também funciona como enzima em numerosas reacções (STUEBEN *et al*, 2004). A haver um contributo ambiental ele deveria notar-se de forma mais acentuada nos resíduos que contêm restos de vegetais, especialmente aqueles em que há mistura de fezes com a cama.

BEYER & DAY (2004) observaram uma relação específica entre o Fe e o Mn nas fezes de cisne na Florida, com um coeficiente de correlação de 70%. Os mesmos autores também referem que este rácio observado nos *excretas* dos cisnes corresponde a um efeito ambiental dado que estes ingerem óxido de manganês associados à vegetação ou à água local.

O Mn e o Fe influenciam a química de muitos elementos. As formas reduzidas são relativamente solúveis levando tanto o Fe como o Mn a precipitar como hidróxidos insolúveis.

Os nossos resultados apontam para uma tendência linear entre os níveis de Fe e Mn nos excrementos das aves estudadas ( $r = 80\%$ ,  $n = 4$ ). A taxa de variação de Fe com o Mn nas aves foi de 8,4, quer sejam de Portugal continental ou dos Açores (Terceira), enquanto que esta mesma taxa nos coelhos foi de 1,2, bastante mais baixa. Crê-se que esta relação possa resultar da presença ou ausência de cama nos resíduos de origem animal estudados, como anteriormente se referiu.

Os níveis de Fe e Mn nos excrementos de coelho são consideravelmente superiores aos observados nas aves. BEYE & DAY (2004) dizem que os elementos solúveis são facilmente eliminados pela urina. Assim sendo e dado que os coelhos absorvem menos Fe do que as aves é expectável que também se encontre maiores níveis

de Mn dado que a urina é depositada directamente sobre as fezes que se encontram normalmente debaixo das gaiolas.

### ➤ Zinco (Zn)

Quanto ao zinco (Zn), observam-se diferenças significativas entre as amostras dos Açores e do Continente, sendo no último caso, mais elevado, contrariamente aos valores médios de Zn total encontrado nos solos de Portugal conforme apresentado no quadro 8.1.

**Quadro 8.1** – Valores médios de zinco total encontrado nos solos de Portugal

Solos	Zinco Total (ppm)	Fontes
Geosfera	90	Rodrigues (2003b)
Basalto	100	Rodrigues (2003b)
Continente	60	Freitas <i>et al</i> (1999)
Madeira	150	Correia (2003)
Terceira	317	Vieira <i>et al</i> (2004)
São Miguel	153	Amaral (2003)
Santa Maria	242	Vieira <i>et al</i> (2004)
São Jorge	239	Sousa (2003)
Pico	213	Rodrigues (2003b)

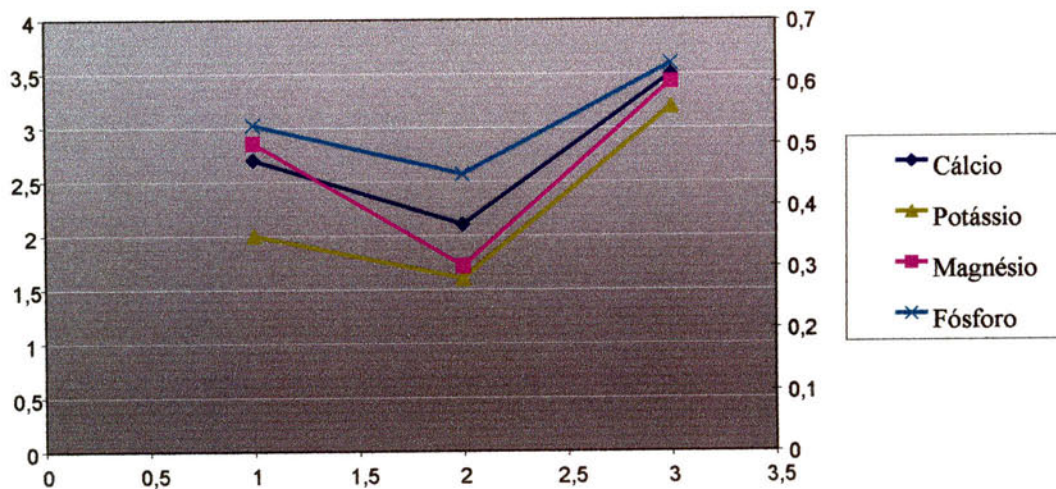
GROPPER *et al* (2004) sugerem que os minerais das dietas alimentares tem um importante papel na síntese de proteína. A diferença na composição das fezes em termos minerais pode estar influenciada pelos teores de caseína e aminoácidos livres presentes na dieta inicial.

As dietas equilibradas, algumas contendo minerais em proporções que se julgam adequadas, poderão ter efeitos nefastos na absorção de alguns minerais, dado que em termos de metabolismo alguns desses minerais poderão ter um efeito limitante. Por exemplo, uma dieta pobre em Fe pode ter um impacto negativo a nível das funções do Cu e na absorção da vitamina A (GROPPER *et al*, 2004).

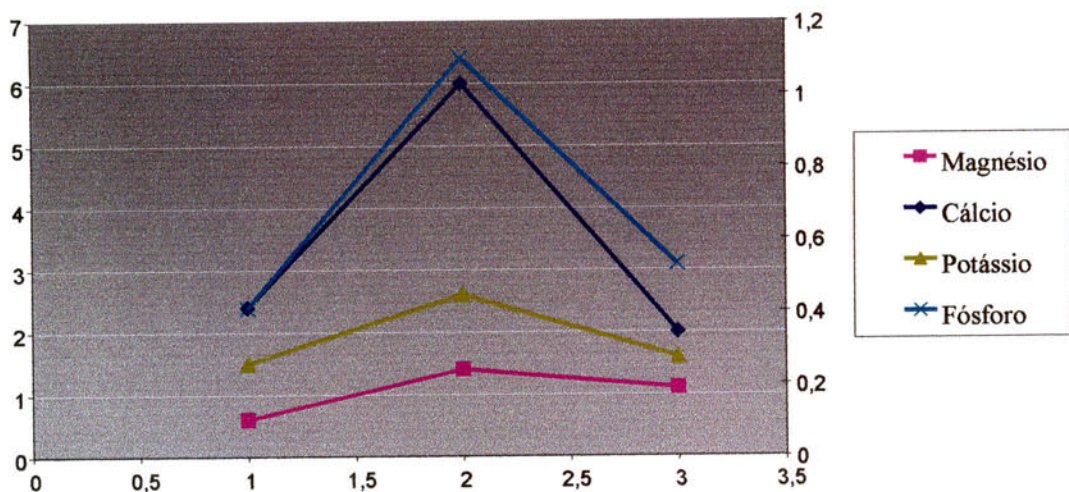
### ➤ Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)

Como se pode observar nas figuras XI e XII os comportamentos dos níveis de Cálcio (Ca), Potássio (K), Magnésio (Mg) e Fósforo (P) são opostos, nos dois territórios estudados, indiciando um mecanismo químico ou fisiológico onde todos são intervenientes. A comparação dos gráficos aponta para existência de uma dependência entre todos eles, sendo muito mais intensa na codorniz em concordância pelo referido por estes autores.

**Figura XI** – Níveis de Ca, K, Mg e P encontrados nas amostras analisadas na Ilha Terceira - Açores



**Figura XII** – Níveis de Ca, K, Mg e P encontrados nas amostras analisadas no Continente



As fezes da codorniz são mais ricas em Ca, P, K e Mg do que as de frango e coelho, micronutrientes essenciais ao crescimento das plantas. No entanto, a razão C/N é a mais baixa das três espécies analisadas e que numa perspectiva de biofertilizantes, deve-se acrescentar fibra aos excrementos para favorecer a deterioração dos resíduos produzidos por esta ave.

Segundo BALTHAZART *et al* (2003) a actividade enzimática do cérebro e dos tecidos podem ser reguladas pela fosforilação das proteínas. Estes mesmos autores afirmam que a regulação dos tecidos e do encéfalo da codorniz depende das condições de adição de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , ATP e fosforilação das proteínas. Os elementos como cálcio (Ca) e magnésio (Mg) tendem a ser eliminados pela urina, daí que é expectável encontra-los em elevadas concentrações nos excretas das aves (BEYER & DAY, 2004).

## **9. Análise do potencial económico da gestão de resíduos de origem animal**

Actualmente a questão do aquecimento global constitui uma das maiores preocupações mundiais. As constantes alterações climáticas observadas nos últimos anos, os altos níveis de poluição, entre outros factores, geram mudanças no ecossistema global, e prejudicam a qualidade de vida dos seres humanos, além de pôr em risco a existência de diversos seres vivos.

Após a análise dos diversos métodos de gestão dos subprodutos provenientes das explorações agro-pecuárias, notou-se que o tratamento destes resíduos para além da sua valorização através da produção de biogás e biofertilizantes, que poderão ser usados na própria exploração, ou comercializados, contribuem para a redução da emissão dos gases com efeito estufa, sendo os mais comuns, associados a este tipo de explorações o  $\text{CH}_4$ , o  $\text{CO}_2$  e o  $\text{N}_2\text{O}$ .

De acordo com MORTIMER (2004), o potencial global de aquecimento do gás metano ( $\text{CH}_4$ ) é igual a 21 vezes o potencial global de aquecimento do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). A queima de 1 T de metano produz 2,75 T de dióxido de carbono, o que quer dizer que o aproveitamento de 1 T de metano tem um benefício ambiental, a redução de 18,25 T de emissões de dióxido de carbono.

Sendo assim, se o  $\text{CH}_4$  for usado como fonte de energia e de calor, reduz a emissão de cerca de 21 T de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera, o que induz o aparecimento de benefícios económicos no mercado de cotas de emissão de dióxido de carbono.

Neste ponto deste trabalho pretende-se efectuar uma simulação dos ganhos associados a duas explorações de produção animal tipo, atendendo aos lucros resultantes da produção de biogás, produção de biofertilizante e à venda de cotas de emissão no

mercado de carbono. Considerou-se tanto num caso como noutra explorações com um efectivo de 1000 animais.

As cotas de emissão, numa exploração com um efectivo anual de 1.000 frangos produziriam um ganho anual potencial de cerca de 5700 euros.

Admitindo a taxa de produção de resíduos de 62g/dia/frango de INETI, (1998), mil frangos produziram anualmente cerca de 34 toneladas de resíduos. Cada 2,34 kg de resíduos de frango, de acordo com dados de LUCAS Jr. (1999), produz um metro cúbico de biogás, o que equivale a produzir anualmente cerca de 1470 metros cúbicos de biogás numa exploração com as características anteriormente referidas. Só 65% do biogás é metano (MITZLAFF, 1988), o que perfaz um volume anual de cerca de 9510 metros cúbicos de metano emitido pela exploração. Considerando a conversão volume massa, às condições normais de pressão e temperatura, obter-se-iam cerca de 6,8 toneladas anuais de metano na exploração. De acordo com MORTIMER, (2004), a queima de uma tonelada de metano, equivale no mercado de cotas de emissões, 21 tonelada de emissões de CO<sub>2</sub>, o que resulta neste caso numa redução de emissões de cerca de 143 toneladas de CO<sub>2</sub>. Ainda de acordo com o mesmo autor, no período de 2006 a 2010, cada tonelada de CO<sub>2</sub> mais, para além da cota estabelecida para o País ou para a empresa, custará 40 euros, e a partir de 2010, custará 100 euros. Assim, a produção de biogás, renderá potencialmente, o montante anteriormente referido.

Atendendo ao balanço mássico do processo de produção de biogás, também se produziria por ano, por cada mil animais, cerca de 27 toneladas de biofertilizante, que tem valor económico. De acordo com responsáveis da Quercus, cada tonelada de biofertilizante custa cerca de 30 euros. Nos Açores, alguns produtores agroecológicos afirmam que o preço é mais elevado. Considerando o valor anteriormente referido, o benefício económico resultante da venda do biofertilizante da exploração tipo que se está a tentar caracterizar, seria de cerca de 800 euros ao ano.

De acordo com ZEIKUS (1980), o poder energético do biogás é próximo dos 6KWh/m<sup>3</sup>, o que corresponderia neste caso em análise, a uma produção anual de 8600 KWh, que ao preço da energia eléctrica de 9 cêntimos por Kwh, renderia cerca de 8600 euros.

De acordo com os ganhos médios de uma exploração deste tipo, calculados a partir dos valores correntes do mercado para a carne de frango, estima-se que os lucros resultantes da gestão de resíduos de origem animal possam ascender a cerca de 80% dos lucros que resultariam da produção exclusiva de carne. A implementação de sistemas de produção de biogás, acoplados a aviários de dimensões razoáveis, aparenta ser uma estratégia de sucesso, quer em termos ambientais quer em termos económicos. A partir deste exemplo, resultaria um rendimento mensal da exploração de cerca de 1250 euros por mês.

No entanto, se a produção for de poedeiras, e se nos basearmos nas taxas de produção de resíduos referidas na bibliografia para este tipo de explorações, para uma exploração com mil galinhas poedeiras, o ganho médio mensal com a gestão de resíduos e respectiva valorização ambiental e energética situar-se-ia nos cerca de 450 euros.

Os ganhos mensais com a valorização de resíduos de explorações cunículas, seriam muito próximos dos referidos para frangos de engorda, por cada mil animais. No entanto, os ganhos para explorações de codornizes (por cada mil animais) seriam muito mais baixos, do que os obtidos nas explorações de galinhas poedeiras, quer porque as fezes apresentam composições diferentes, quer porque o porte desta ave é muito menor quando comparado com o da galinha poedeira.

Acredita-se que a digestão anaeróbia dos subprodutos de origem animal, apesar do alto investimento inicial, é um método bastante lucrativo devido a produção de biogás e biofertilizantes, que poderão ser usados inclusivamente na própria exploração,

através da sua transformação em energia eléctrica ou energia calorífica (aquecimento), e a fase sólida, na agricultura como adubo orgânico.

## 10. Considerações Finais

Com este trabalho procurou-se estudar a composição dos subprodutos oriundos das explorações avícolas e cunícolas, obter dados recentes da produção em Portugal e no Brasil deste tipo de resíduos (fezes, urinas, cama), avaliar os métodos de gestão de resíduos de origem animal específicos, comparando com os demais resíduos animais provenientes de explorações, e também procurar, através da análise físico-química dos excrementos o suporte científico para a utilização destes resíduos principalmente na produção de biogás (digestão anaeróbia) e biofertilizantes (biodigestão, compostagem e vermicompostagem).

Através de uma visão moderna de desenvolvimento sustentável da produção animal vimos uma enorme preocupação com as questões económicas, ambientais e sociais. Esta sustentabilidade vem otimizar a produção procurando aumentar a competitividade das explorações agro-industriais no mercado, minimizar os impactos ambientais com o aproveitamento dos recursos naturais e manter a saúde e o bem-estar animal e humano.

A primeira etapa deste projecto foi iniciada na sede da Quercus (Associação Nacional de Conservação da Natureza), em Lisboa, com a coleta de dados actualizados de Portugal e do Brasil, na tentativa de encontrar a quantidade de subprodutos oriundos destas explorações e também tentar observar na prática, através de visitas técnicas, a realidade das explorações portuguesas que fizessem o aproveitamento destes resíduos. De facto, a prática está em perfeito desacordo com a teoria, visto que até existem em Portugal alguns meios técnicos, financiados pela União Europeia, para a implementação de uma gestão sustentável de resíduos, mas falta a vontade e o conhecimento técnico para a sua operacionalidade.

Numa fase seguinte colheram-se resíduos para análise no continente português, na região da Estremadura, em explorações de coelhos, frangos e codorniz, e em explorações das mesmas espécies na Ilha Terceira (Açores).

A última etapa deste trabalho consistiu na análise físico-química das amostras no laboratório de solos da Universidade dos Açores e posterior conclusões sobre as possíveis formas de reaproveitamento (biogás – energia e calor, biofertilizantes) dos excrementos após sua correcta estabilização e da valorização dos subprodutos animais.

Dos resíduos analisados podemos concluir que apesar dos resíduos da codorniz serem mais ricos em azoto do que as outras espécies em estudo, uma estratégia de aproveitamento desses resíduos que não tenha em conta os aspectos económicos da produção de carne não parece ter qualquer viabilidade.

Observou-se que a compostagem das excretas do coelho poderá ocorrer mais rapidamente do que a compostagem dos excrementos da codorniz que por essa mesma lógica deveria ser mais rápida do que a compostagem das fezes de frango.

Verificou-se também que é possível efectuar a biodigestão e a compostagem das fezes de frango e de coelho mas não da codorniz, a menos que se lhes adicione fibras ricas em carbono como aparas de madeira ou papel. Aí o tratamento de resíduos mais adequado seria a vermicompostagem que exige uma razão C/N menor.

Nas amostras analisadas os níveis de metais pesados não parecem vir a ter qualquer efeito negativo no processo de compostagem destes resíduos. No entanto refira-se que os níveis de Zn, no biofertilizante resultante dos tratamentos desses resíduos, está acima do preconizado na lei europeia.

## 11. Bibliografia

- ABDO, F. N. (2004). Comércio europeu de cotas de emissão de gases de efeito estufa: como funcionará e quais são os possíveis impactos para a economia europeia e o meio ambiente. VII S E M E A D – Trabalho Científico de Gestão Sócio ambiental. p.11.
- AGROBIO - Associação Portuguesa de Agricultura Biológica (1998). URL: <http://www.agrobio.pt>.
- AMARAL, L. A., SCHOCKEN, D. B. L. & LUCAS Jr., J. (2000). *Redução de Bactérias Indicadoras de Poluição Fecal em Estrume de Aves de Postura Tratados por Biodigestão Anaeróbia*. Revista Brasileira de Ciência Avícola v.2. n.1. Versão Electrónica: ISSN 1516-635X. URL: <http://www.scielo.br>. Consultado em: 15 de Março de 2004.
- AMARAL, A. S. (2003). *Avaliação de elementos químicos atmosféricos na Ilha de São Miguel, por biomonitorização*. Estágio de Engenharia do Ambiente. Instituto Tecnológico e Nuclear. Instituto Superior Técnico. Universidade dos Açores.
- ANCORA, S., VOLPI, V., OLMASTRONI, S., FOCARDI, S. & LEONZIO, C. (2002). *Assumption and elimination of trace elements in Adélie penguins from Antarctica: a preliminary study*. Marine Environmental Research. v.54 (3-5). p. 341-344.
- APA - Associação Paulista de Avicultura. (2002). *Resumo do desempenho da avicultura brasileira*. URL: <http://www.apa.com.br>. Consultado em: 23 de Junho de 2004.

- AQUINO, A. M., ALMEIDA, D. L. & SILVA, V. F. (1992). *Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: Vermicompostagem*. Comunicado Técnico. Centro Nacional de Pesquisa Biológica do Solo. p.6.
- ARAÚJO, C. (2000). *Parâmetros de controlo e dimensionamento da Estação de Tratamento de Águas Residuais por Lamas Activadas*. Relatório de Estágio de Engenharia do Ambiente. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.
- ARCHER, J. (1985). *Crop Nutrition and Fertilizer Use*. Farming Press Ltd.
- BALTHAZART, J., BAILLIEN, M., CHARLIER T. D., CORNIL, C. A. & BALL, G. F. (2003). *Multiple mechanisms control brain aromatase activity at the genomic and non genomic level*. The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology. v. 86 (3-5). p. 367-379.
- BARRA, M.E. (1985). *Utilização de gás metano em veículos pesados*. Simpósio de Engenharia Automotiva II. Anais Brasília. MIC.
- BARTH, C., POWERS, T. & RICKMAN, J. (1992). *Agricultural waste characteristics*, In: Krieder, J. N. & Rickman, J.D. *Agricultural Waste Management Field Handbook*, Washington, U.S.D.A .Soil Cons.Service. p. 1-23.
- BENINCASA M., ORTOLANI A. F. & LUCAS Jr., J. (1991). *Biodigestores convencionais*. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP. p.25.
- BESSON, J. M. (1987). *Upgrading of wastes by separation, composting and additives*. In: Welte, E. & Szabolcs, I. (eds.): *Agricultural waste Management and environmental Protection*. IV International Symposium of Int. Science Centre of Fertilizers Braunschweig. v. 1. p. 195–198.

- BEYER, W. N. & DAY, D. (2004). *Role of manganese oxides in the exposure of mute swans (Cygnus olor) to Pb and other elements in the Chesapeake Bay, USA.* Environmental Pollution. v. 129 (2). p. 229-235.
- BLAKE, J. P., DONALD, J. & HAIRSTONE, J. E. (1996). *Preventing ground and surface water contamination by poultry waste, Alabama, Poultry Science.* Auburn Univ.DTP Circular 11/90-010. p.4.
- BLEY, J. C. (1998). *Destruição de patógenos e Compostagem de Biosólidos.* Revista Biocycle.
- BRAKE, J. D. (1996). *Zoning for animal agriculture: a proactive stance,* In: 1966 National Poultry Waste Management Symposium. Auburn. Auburn University, p.33.
- BRANCO, S. M. (1983). *Poluição: a morte de nossos rios.* 2.Ed. São Paulo. ASCETESB. p.155.
- BRASIL. (1996). *Senado Federal, Agenda 21: Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.* Brasília. Senado Federal. p.591.
- BRASIL. (1988). *Constituição: República Federativa do Brasil.* Brasília. Câmara dos Deputados. p.160.
- BRYANT, M. P. (1976) *The microbiology of anaerobic degradation and methanogenesis with special reference to sewage.* In: Seminar on Microbial Energy Conservation. H.G. Schlegel (Ed.) E. Goltze KG. p. 107-117.
- BROWN, L. R., FLAVIN, C. & FRENCH, H. F. (2000). *Estado do Mundo, 2000.* Uma Editores. Salvador. p.288.
- BUTOLO, J. E. (2003). *Novos padrões de produção avícola.* In: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal (CBNA). p.7.

- CAMPOS, E. J. (1980). *Aproveitamento de subprodutos da incubação*. In: Tópicos vícolas Campinas SP. *Anais...* Campinas. Fundação Cargill. p. 379-386.
- CAMPOS, A. T., FERREIRA, W. A., PACCOLA, A. A., LUCAS Jr., J., ULBANERE, R. C., CARDOSO, R. M. & CAMPOS, A. T. (2002). *Tratamento biológico aeróbio e reciclagem de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite*. Ciênc. Agrotec. Lavras. v.26. n.2. p. 426-438.
- CARABANO, R. (2000). *Sistemas de Producción de Conejos en Condiciones Intensivas*. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Sociedade Brasileira de Zootecnia. Viçosa. Palestras. p. 17-37.
- CARRINGTON, E. G., HARMAN, S. A. & PIKE, E. B. (1982). *Inactivation of Salmonella during anaerobic digestion of sewage sludge*. Journal of Applied Bacteriology. v.53. p. 331-334.
- CARVALHO, C., REIS, I. L., MENDES, I. E. & BARBOSA, R. (1996/1997). *Projecto de um Centro de Demonstração de Compostagem*. Escola Superior de Biotecnologia. Universidade Católica Portuguesa. p. 67 - 86.
- CASTRO, A. C. (2003). *Dimensionamento piloto para um sistema de vermicompostagem*. Relatório de Estágio da Licenciatura de Engenharia do Ambiente. p.178.
- CCE - Comissão das Comunidades Europeias.(2000). *Guia Técnico de Biogás*. Centro para a Conversão de Energia, ISBN 972 852 12 19. Lisboa.
- CCE - Comissão das Comunidades Europeias (2001). *Documento de trabalho dos serviços da comissão. Integração dos aspectos ambientais e do desenvolvimento sustentável nas políticas das energias e dos transportes: relatório de análise de 2001 e aplicação das estratégias*. SEC (2001) 502. Bruxelas.

- COELHO, S. T. (2004). Biomassa como fonte de energia: painel sobre geração distribuidora. CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa. p.6. URL: <http://www.ieee.org.br/t-dlamerica/2004/GD-4-Biomassa-como-fonte-de-energia-GD-CENBIO.pdf> . Consultado em: 24 de julho de 2004.
- CONAMA. - Conselho Nacional do Meio Ambiente. (1992). *Resoluções do Conama*, 1984/91. Brasília. IBAMA. 4ªEd. p.245.
- CORREIA, N. M. (2003). *Avaliação de elementos vestigiais atmosféricos na Ilha da Madeira, por biomonitorização*. Estágio de Engenharia do Ambiente. Instituto Tecnológico e Nuclear. Universidade dos Açores.
- COTA, M. D. (2002). *Contributo para a identificação da zona de recarga de alguns aquíferos superficiais do quadrante Noroeste da Ilha Terceira com base em traçadores ambientais*. Tese de Mestrado de Gestão e Conservação da Natureza. Departamento de Ciências Agrárias da Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- CRANE, S. R., WESTERMANN, P. W. & OVERCASH, M. R. (1980). *Die-off of fecal indicator organisms following land application of poultry manure*. Journal of Environmental Quality. p. 531-537.
- CRAVEIRO, A. M. (1991). *Evolution and present situation of full scale anaerobic digestion of industrial wastewaters in Brazil*. In: VI International Symposium on Anaerobic Digestion. POSTER – ABSTRACTS. p.86.
- DAGNALL, S. P. (1993). *Poultry litter as a fuel*. World's Poultry Science Journal. v.49. n.2. p. 175-7.
- DANISH MINISTRY OF ENERGY AND ENVIRONMENT. (1996). *Energy 21; The Danish Government's Action Plan for Energy 1996*. Denmark.

- DUBE, B. K., TEWARI, K., CHATTERJEE, J. & CHATTERJEE, C. (2003). *Excess chromium alters uptake and translocation of certain nutrients in citrullus*. Chemosphere. v. 53 (9). p. 1147-1153.
- DURSUN, A. Y., USLU, G., TEPE, O., CUC, Y. & EKIZ, H. I. (2003). *A comparative investigation on the bioaccumulation of heavy metal ions by growing *Rhizopus arrhizus* and *Aspergillus niger**. Biochemical Engineering Journal. v. 15(2). p. 87-92.
- ESTEBAN, J. M. L. (1978). *Manual de avicultura*. In: Biblioteca Agrícola Litexa (ed.): Litexa. p. 17-402.
- ELVIRA, C., DOMINGUEZ, J. & BRIONES, M. J. I. (1996). *Growth and reproduction of *Eisenia andrei* and *E. fetida* (Oligochaeta, Lumbricidae) in different organic residues*. Pedobiologia Jena. v.4. n.40. p. 377-384.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1998). *Serviço Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solos*. p.212.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2000). *Serviço Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solos*. p.200.
- FAIREWEATHER-TAIT, S. J. & DAIUTY, J. (2002). *Use of stable isotopes to assess the bioavailability of trace elements: a review*. Food Addit Contam. v.19. n°10. p. 939-947.
- FERNÁNDEZ, E. T. (2003). *La Gestión de las deyecciones en la explotación cunicola: ¿Qué son las deyecciones? Subproducto o residuo*. Jornadas de ASESCU de la FIMA Ganadera. Boletín de Cunicultura n. 125. p. 6-8.
- FERREIRA, H. F. G. (2003). *Levantamento de opções de tratamento e eliminação dos resíduos de origem animal resultantes das normas de prevenção e combate a determinadas Encefalopatias Espongiformes Transmissíveis*. Relatório de

- Estágio de Engenharia do Ambiente. Universidade dos Açores, Departamento de Ciências Agrárias, Angra do Heroísmo, Portugal.
- FONTES, J. C. (1999). *Comportamento hidrológico dos solos agrícolas da Terceira: avaliação e simulação com o modelo OPUS*. Tese de Doutoramento. Universidade dos Açores. Departamento de Ciências Agrárias. Angra do Heroísmo, Portugal.
- FREITAS, M. C., REIS, M. A., ALVES, L. C. & WALTREBEEK, H. T. (1999). *Distribuidor in Portugal of some pollutants in the lichen Parmelia sulcata*. *Environmental Pollution*. p. 106-120.
- FREITAS, M. C., VIEIRA, B., RODRIGUES, F., CORREIA, N., SOARES, P. & APTROOT, A. (2004). *Baseline concentrations of elements in lichens and tree bark from Terceira and Santa Maria Islands, Azores*. *Environmental Pollution*. (Aceite).
- GIRLING, C. L. (2003). Book review: The sustainable street: The environmental, human and economic aspects of street design and management. *Landscape and urban Planning*. 62. 117-118.
- SAREEN S. GROPPER, S. S., YANNICELLI, S., WHITE, B. D. & MEDEIROS, D. M. (2004). *Plasma phenylalanine concentrations are associated with hepatic iron content in a murine model for phenylketonuria*. *Molecular Genetics and Metabolism*. v.82. p. 76-82.
- HICKEY, R. & SWITZENBAUM, M. S. (1991). The response and utility of hydrogen and carbon monoxide as process indicators of anaerobic digesters subject to organic and hydraulic overloads. *Journal of Water Pollution Control*. v.63, p.129-139.

- HIRATA, Y. S. (1997). *Parametros de controle de processo*. In: III Curso de tratamento biológico de resíduos. Florianópolis, UFSC.
- HOBSON, P. N., BOUSFIELD, S. & SUMMERS, R. (1981). *Methane production from agricultural and domestic wastes*. Applied Science Publishers. p.250.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (1996). *Pesquisa Pecuária Municipal*. URL: <http://www.ibge.gov.br> . Consultado em: 15 de Outubro de 2004.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2000). *Pesquisa Pecuária Municipal*. URL: <http://www.ibge.gov.br> . Consultado em: 15 de Outubro de 2004.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2002). *Pesquisa Pecuária Municipal*. URL: <http://www.ibge.gov.br> . Consultado em: 15 de Outubro de 2004.
- IMHOFF, K., IMHOFF, K. R. (1986). *Manual de tratamento de águas residuárias*. 26. ed. São Paulo: E. Blücher. p.302.
- IPCC. (1995). *Climate Change 1994: radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios*. Cambridge University Press. p.339.
- KEARNEY, T. E., LARKIN, M. J., FROST, J. P. & LEVETT, P. N. (1993). *Survival of pathogenic bacteria during mesophilic anaerobic digestion of animal waste*. *Journal of Applied Bacteriology*. v.75. n.3. p.215-9.
- KIEHL, E. J. (1985). *Fertilizantes Orgânicos*. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

- KONZEN, E. A. (2003). *Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves*. V Seminário Técnico da Cultura de Milho Videira SC. Embrapa Informe técnico. p.16.
- KRIEDER, J. N., JONES, D. A. & STETTLER, D. (1992). *Laws, regulations, policy and water quality criteria*. In: Krieder, J.N. & Rickman, J.D. *Agricultural Waste Management Field Handbook*. Washington, USDA Soil Cons. Service. p. 1-18.
- LAMIM, S. S. M., JORDÃO, C. P., BRUNE, W. PEREIRA, J. L. & BELLATO, C. R. (1998). *Caracterização química e física de vermicomposto e avaliação de sua capacidade em adsorver cobre e zinco*. Química Nova. v.21 (3). p. 278-283.
- LANDGRAF, M. D. (1996). *Tese de Doutorado*, Universidade de São Paulo.
- LEBAS, F., COUDERT, P., ROCHAMBEAU, H. & THÉBAULT, R. G. (1997). *The rabbit: husbandry, health and production*. (new revised version). FAO Animal Production and Health Series. n° 21. URL: [http://www.fao.org/docrep/t1690E/t1690e08.htm#chapter\\_6\\_housing\\_and\\_equipment](http://www.fao.org/docrep/t1690E/t1690e08.htm#chapter_6_housing_and_equipment) Consultado em: 24 de Novembro de 2003.
- LETTINGA, G. & VAN HAANDEL, A. (1992). "Anaerobic Digestion for Energy Production and Environmental Protection." Chapter 19 in *Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity*. Covelo, CA: Island Press. p. 817-839.
- LETTINGA, G. (1996). *Sustainable integrated biological wastewater treatment*. Water Science Technology. v.33. p. 85-98.
- LIMA, M. A., PESSOA, M. C. P. & LIGO, M. A. V. (2002). *Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: Emissões de metano da pecuária*. Ministério da Agricultura. Relatórios de referência. p.79.

- LOBO, M. A. (1993). *Contribuição para o estudo físico-químico e microbiológico da água para consumo humano do Arquipélago dos Açores*. Tese de Doutoramento. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores. Terra Chã.
- LOBO, M. A. E. & RODRIGUES, A. F. (2002). *Características físico-químicas de nascentes associadas a derrames lávicos recentes na ilha Terceira – Açores*. 6º Congresso da Água: A Água é D'Ouro. Porto.
- LUCAS Jr., J. (1994). *Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios*. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista. p.113.
- LUCAS Jr., J., ZORZETE, P. & SANTOS, T. M. B. (1997). *Digestão anaeróbia de resíduos da criação de codornas em biodigestores contínuos*. In: Congresso Brasileiro De Engenharia Agrícola e Congresso Latinoamericano de Ingeniería Agrícola. UNESP/SBEA. p.3.
- LUCAS Jr., J. & SANTOS, T. M. B. (2000). *Aproveitamento de resíduos da indústria avícolas para a produção de biogás*. In: Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola. Concórdia, SC. Jaboticabal: Depto. de Engenharia Rural. UNESP. p. 27-47.
- LUSK, P. (1998). *Methane Recovery from Animal Manures. The Current Opportunities Casebook*. Resource Development Associates. NREL - National Renewable Energy Laboratory. Washington, DC.
- MACHADO, P. A. L. (1992). *Direito ambiental brasileiro*. São Paulo. 4ª.Ed. p. 606.
- MARTINHO, C. F. F. G. (1989). *Estrume de aviário: Possibilidade de sua utilização*. Relatório Final de Estágio. Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo. p.138.
- MEYNEL, P. J. (1978). *Methane planning a digester*. Ed. Schocken Books. p.150.

- MEKASHA, Y., TEGEGNE, A., YAMI, A. & UMUNNA, N. N. (2002). *Evaluation of non-conventional agro-industrial by-products as supplementary feeds for ruminants: in vitro and metabolism study with sheep*. Small Ruminant Research. v.44. p. 25-35.
- MENEZES, J. G. A. (1987). *Polluição Difusa – Contributo para o seu estudo*. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- MENEZES, R. A. A., GERLACH, J. L. & MENEZES, M. A. (2000). *Estágio Actual da incineração no Brasil*. ABLP – Associação Brasileira de Limpeza Pública. URL: <http://www.kompac.com.br/publicacoes/estado.htm#> . Consultado em: 23 de Abril de 2004.
- MIRANDA, M. (2001). *Projecto de Minhocário*. Brasil.
- MITZLAFF, K. (1988). *Von.; Engines for biogas*. GTZ Wiesbaden : Vieweg. p.133.
- MOORE, P. A. J. R. (1996). *State of art in ammonia and phosphorous issues*, In: 1996 National Poultry Waste Management Symposium. Auburn. Auburn University. p.155.
- MOURA, A. S. A. M. T. & YAMAGUISHI, E. O. (2003). *Cunicultura*. URL: <http://www.fmvz.unesp.br> . Consultado em: 24 de Novembro de 2003.
- NASCIMENTO, V. P., SALLE, C. T. P., MORAES, H. L. S., FALLAVENA, C. B., CANAL, C. W., SANTOS, L. R., RODRIGUES, L. B., LEÃO, J. A., PILOTTO, F., NEVES, N. & NASCIMENTO, L. P. (2000). *Qualidade microbiológica e prevalência de Salmonella no processo de tratamento de Efluentes de abatedouros avícolas*. In: Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola. Concórdia, SC. Jaboticabal: Centro de Diagnóstico e Pesquisa em Patologia Aviária. UNESP. p.11.

- NRC - National Research Council. (1998). *Nutrient requirements of swine*. 10. ed. Washington: National Academy Press. 189p.
- PAIVA, D. P. (2001). *Guia para operar uma compostagem de aves mortas*. Circular ANR-580, Alabama Cooperative Extension Service, Auburn University, Alabama – USA. p.5.
- PAIVA, D. P. (2003). *Sistemas de produção de frango de corte: Manejo ambiental*. In: Embrapa Suínos e Aves. ISSN 1678-8850 Versão eletrônica. URL: <http://www.cnpsa.embrapa.br> . Consultado em: 28 de Outubro de 2003.
- PALHARES, J. C. P. (2003). *Sistemas de produção de frangos de corte*. Embrapa Suínos e Aves. ISSN 1678-8850 Versão Electrónica. URL: <http://www.cnpsa.embrapa.br> . Consultado em: 28 de Outubro de 2003.
- PAYNE, V. W. E. & DONALD, J. O. (1993). *Poultry Waste management and environmental protection manual*. Alabama. Auburn University. Circular ANR-580. p.50.
- PDM - Angra Do Heroísmo. (2003). *Plano Director Municipal de Angra do Heroísmo-Documento para Consulta Pública*. Câmara Municipal de Angra do Heroísmo.
- PENZ Jr., A. M., MEINERZ, C. E. T. & MAGRO, N. (1999). *Efeito da nutrição na qualidade e na quantidade dos dejetos suínos*. In: Reunião Da Sociedade Brasileira De Zootecnia. v.1. p.281-294.
- PERDOMO, C. C., LIMA, G. J. M. M. & NONES, K. (2001). *Produção de suínos e meio ambiente*. In: 9º Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinicultura – RS. p. 8-24.
- PERESSINOTO, A. (2001). *Manual Prático de Minhocultura*. Chácara Santáanna Minhocultura. Brasil.

- PETERSON, J. R., MCCALLA, T. M. & SMITH, G. E. (1973). *Human and animal wastes as fertilizers*. In: *Fertilizer Technology and use*. 2º Ed. Soil Sci. Soc. Amér., Madison, Wisconsin. p. 557-596.
- QUIRINO, T. R. ; IRIAS, L. J. M. ; WRIGHT, J. T. C. (1999). *Impacto Agroambiental: Perspectivas, Problemas, Prioridades*. São Paulo. Editora Edgard Blücher.
- RODRIGUES, A. F. (2001). *Aerossol atmosférico com efeitos no clima: Níveis e processos de transformação no Centro do Atlântico Norte (Região Açores)*. Tese de Doutoramento. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- RODRIGUES, M. C. C. (2002). *Tratamento e valorização de resíduos de uma cunicultura por digestão anaeróbia*. Tese de Mestrado em Tecnologia do Ambiente. Universidade do Minho. p.166.
- RODRIGUES, A. F. (2003a). *Impactes Ambientais dos Sistemas Agro-Silvo-Pastoris*. Apontamentos do Mestrado de Gestão e Conservação da Natureza. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.
- RODRIGUES, C. I. (2003b). *Avaliação de elementos vestigiais atmosféricos na Ilha do Pico, por biomonitorização*. Estágio de Engenharia do Ambiente. Instituto Tecnológico e Nuclear. Instituto Superior Técnico. Universidade dos Açores.
- ROQUE, G. (1995). *Análises do soro e húmus de minhoca*. Instituto Superior de Agronomia. Departamento de Química Agrícola. Lisboa.
- ROSELL, I. L. P. (2003). *La Gestión de otros residuos en la explotación cunícola*. Jornadas de ASESCU de la FIMA Ganadera. Boletín de Cunicultura n. 125. p. 20-25.

- SÁNCHEZ, A. M. (2000). *Plantas transgênicas como parte de uma agricultura sustentável*. I Seminário "Agricultura Sustentável e Ambiente". Universidade Independente. p. 15-18.
- SANTOS, J. Q. (1983). *Fertilizantes: fundamentos e aspectos práticos da sua aplicação*. Publicações Europa – América, Lisboa.
- SANTOS, J. Q., CAMPOS, L. S. & FERNANDES, E. (1986). *Reciclagem de resíduos agro-pecuários e agro-alimentares*. In: Encontro Luso-Galaico de Química Lisboa.
- SANTOS, J. Q., CAMPOS, L. S. & FERNANDES, E. (1986). *Tratamento e valorização de efluentes agrícolas e pecuários*. In: Encontro Luso-Galaico de Química Lisboa.
- SCHOCKEN-ITURRINO, R. P., BENINCASA, M., LUCAS Jr., J. & FELIS, S. D. (1995). *Biodigestores Contínuos: Isolamento de Bactérias Patogênicas No Efluente*. Sociedade Brasileira De Engenharia Agrícola. v.15. n.1. p. 105-108.
- SCHROEDER, E. D. (1977). *Water and wastewater treatment*. New York: McGraw-Hill Book. p.370.
- SEIFFERT, N. F. & PERDOMO, C. C. (1998). *Aptidão de solos da bacia hidrográfica do Rio do Peixe para aporte de fertilizantes orgânicos*. Embrapa - Cnpqa. CT/230. p.6.
- SEIFFERT, N. F. (1999). *Agropecuária e poluição dos recursos hídricos na região oeste de Santa Catarina*, In: VII Congresso Brasileiro de Limnologia. Florianópolis, UFSC.
- SEIFFERT, N. F. (2000). *Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental*, In: Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola. Concórdia SC. p.20.

- SENESI, N. (1989). *Sci. Total Environ.* v.81/82. p.521.
- SEVERO, A. B., CRUZ, I. M. V. & NOBRE, M. C. (1980). *Aproveitamento da excreta e aves em alimentação animal: aspectos relacionados com a qualidade.*  
In: Congresso Nacional de Aproveitamento de Desperdícios Agro-Industriais e Pescatórios. v. 1. p. 121-141.
- SHIH, J. C. H. (1984). *Destruction of enteric pathogens in the thermophilic poultry waste digester.* *Poultry Science.* v.63. p. 181-182.
- SIKORA, L. J. (2004). *Effects of basaltic mineral fines on composting.* *Waste Management.* v. 24. p. 139-142.
- SILVA, P. R. (1973). *Lagoas de estabilização para tratamento de resíduos de suínos.*  
Tese mestrado em hidráulica e saneamento. Esc. Eng. São Carlos USP. p.76.
- SILVA, N. A. (1981). *Construção e operação de biodigestor modelo chinês.* In: *Energia.* v.81(14).
- SILVA, H. A. P. (2002). *Energia alternativa para suprir as necessidades de eletricidade e de aquecimento nas atividades rurais brasileiras pelo uso de biomassa de resíduos animais.* PIPGE. IEE-USP. p.32.
- SILVA, C. D., COSTA, L. M., MATOS, A. T., CECON, P. R. & SILVA D. D. (2002). *Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar.* *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,* v.6. n.3. p. 487-491.
- SILVERMAN, A. & GUIVER, P. (1960). *Survival of eggs of Taenia saginata after mesophilic anaerobic digestion.* *Journal of Institute of Sewage Purification.* v.3. p. 345-347.
- SILVESTNNI, G. (2001). *Dejetos de frangos e suínos podem ser usados para gerar energia e evitar poluição ambiente: Indústria de Aves vai Produzir Biogás.*

URL: <http://www.unilivre.org.br/centro/experiencias/experiencias/422.html>

Consultado em: 15 de Novembro de 2003.

- SOUSA, E. C.** (2003). *Avaliação de elementos vestigiais atmosféricos na Ilha de São Jorge, por biomonitorização*. Estágio de Engenharia do Ambiente. Instituto Tecnológico e Nuclear. Universidade dos Açores.
- SOUZA, O. & SANTOS, I. E.** (2003). Aproveitamento de resíduos e subprodutos agropecuários. URL: [http://www.ruralsoft.com.br/manejo/manejo\\_artigo.asp?CD\\_ARTIGO=48&CD\\_SECAO=6](http://www.ruralsoft.com.br/manejo/manejo_artigo.asp?CD_ARTIGO=48&CD_SECAO=6) . Consultado em : 17 de julho de 2004.
- SPEECE, R. E.** (1983). *Review: Environmental requirements for anaerobic of biomass*. Advances in Solar Energy. p.69.
- STEWART, D. J. BOUGE, M. J. & BADGER, D. M.** (1984). *Biogas production from crops and organic wastes 2. Results of continuous digestion tests*. New Zealand Journal Science. v.27. p. 285- 294.
- STILBRON, H.** (1998). *Nutrition influences animal waste output*. In: Feedstuffs. v.70. p.20-47.
- STUEBEN, B. L., CANTRELLE, B., SNEDDON, J. & BECK, J. N.** (2004). *Manganese K-edge XANES studies of Mn speciation in Lac des Allemands as a function of depth*. Microchemical Journal. v. 76 (1-2). p. 113-120.
- TAMMINGA., S.** (2003). *Pollution due to nutrient losses and its control in European animal production*. Livestock Production Science. v.84. p. 101- 111.
- TCHOUBANOGLIOUS, G., THEISEN, H. & VIGIL, S.** (1979). *Engeneering Principles*. In: *Integrated Solid Waste Management - U.S. EPA. Federal Register* 44. p.179.

- TCHOBANOGLIOUS, G. & BURTON, F. L. (1991). *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*. 3. ed. New York: Metcalf & Eddy. p.1334.
- TUNNEY, Ph. D. H. (1980). *Agricultural wastes as fertilizers*. In: Bewick, W.M. (ed.): *Handbook of Organic Waste Conversion*. Van Nostrand Reinhold Company. p. 1-45.
- TYSON, T. W., BLAKE, J. P. & DONALD, J. O. (1996). *Planning and managing lagoons for poultry layer waste treatment*. Alabama. Alabama Cooperative Extension System, Circular ANR-97. p.8.
- VIEIRA, B. J., SOARES, P. M., PRUDÊNCIO, M. I., FREITAS, M. C. & RODRIGUES, A. F. (2004). *Caracterização química (terras raras e outros elementos) de solos das Ilhas de Santa Maria e Terceira (Açores – Portugal)*. Geociências. Universidade Aveiro. p.15. (em publicação).
- WALTER, M. F., PAYNE, V. W. E. & POWERS, T. (1992). *Agricultural Waste and Water, Air, and Animal Resources*, In: Krieder, J.N & Rickman, J.D, *Agricultural Waste Management Field Handbook*. USDA Soil Cons. Service. p 3, 1-23.
- WATSON, H. (1992). *Lagoons for animal waste disposal poultry byproduct management*. Alabama. Alabama Cooperative Extension Service, Auburn University. p.4.
- WOLFE, R. S. (1992) *Biochemistry of methanogenesis*. In: *The Archaeobacteria: Biochemistry and Biotechnology*. Biochem. Soc. Symp. nº 58. p.41-49.
- XAVIER, H. C. (2004). *Evaluation of the presence of asbestos containing materials in some buildings at Lajes Air Base*. Final Report for Graduation Degree in Environmental Engineering. Departamento de Ciências Agrárias e do Ambiente. Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.

- YANG, S. S., LIU, C. M. & LIU, Y. L. (2003). *Estimation of methane and nitrous oxide emission from animal production sector in Taiwan during 1990–2000*. Chemosphere. v.52. p. 1381-1388.
- ZANELLA, J. C. (1999). *Compostagem: alternativa ecológica*. Revista Avicultura Industrial. Ed. Especial Gessulli Agribusiness. v. 1067.
- ZEIKUS, J. G. (1980). *Chemical and fuel production by anaerobic bacteria*. Annual Review of Microbiology. v.34. p. 423-64.
- ZEOLA, N. M. B., SILVA SOBRINHO, A. G. & GONZAGA NETO, S. (2002). *Compostagem e vermicompostagem na ovinocultura*. ASPACO – Associação Paulista dos Criadores de Ovinos. URL: <http://www.aspaco.org.br> Consultado em: 12 de Janeiro de 2004.
- ZOOTTE, A. D. (2002). *Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality*. Livestock Production Science. v. 75 (1). p. 11-32..