



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**EFLUENTE DE ABATEDOURO AVÍCOLA: PROCESSOS DE  
BIODIGESTÃO ANAERÓBIA E COMPOSTAGEM**

NATÁLIA DA SILVA SUNADA

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, como parte das exigências para obtenção do título de mestre do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

Dourados-MS  
2011



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**EFLUENTE DE ABATEDOURO AVÍCOLA: PROCESSOS DE  
BIODIGESTÃO ANAERÓBIA E COMPOSTAGEM**

**NATÁLIA DA SILVA SUNADA**  
Médica Veterinária

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Carolina Amorim  
Orrico

Co-orientador: Prof. Dr. Cristiano Márcio  
Alves de Souza

Dissertação apresentada à Universidade  
Federal da Grande Dourados – UFGD,  
como parte das exigências para obtenção do  
título de mestre do Programa de Pós-  
Graduação em Zootecnia

Dourados-MS  
Abril - 2011

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central - UFGD**

628.746 Sunada, Natália da Silva.  
S957e Efluente de abatedouro avícola : processos de biodigestão anaeróbia e compostagem / Natália da Silva Sunada. – Dourados, MS : UFGD, 2011.  
75 f. il.

Orientador: Profa. Dra. Ana Carolina Amorim Orrico.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Resíduos de frango. 2. Águas residuárias. 3. Abatedouro avícola. 4. Frango de corte. I. Título.

### **BIOGRAFIA DO AUTOR**

**Natália da Silva Sunada** - filha de Dalva Aparecida da Silva Sunada e Jiro Sunada, nasceu em 20 de março de 1987 na cidade de Três Lagoas, estado de Mato Grosso do Sul. Graduiu-se no ano de 2008 no curso de Medicina Veterinária pela Universidade Católica Dom Bosco em Campo Grande, estado de Mato Grosso do Sul. No mesmo ano foi aprovada no processo de seleção do Programa de Pós - Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, área de concentração Produção Animal, com início em março de 2009, sendo bolsista da CAPES desde o ingresso até a data de defesa de sua dissertação.

*"Renda-se, como eu me rendi. Mergulhe no que você não conhece como eu mergulhei. Não se preocupe em entender, viver ultrapassa qualquer entendimento"... "Que ninguém se engane, só se consegue a simplicidade através de muito trabalho..." Clarice Lispector*

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por toda a saúde, fé, perseverança e paciência que tem me dado. Aos meus pais, em especial a minha mãe Dalva, companheira, amiga e incentivadora incondicional, por todos os momentos compartilhados nas horas de inseguranças. Às minhas irmãs pelo incentivo a busca de novos conhecimentos e apoio nos momentos difíceis*

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço aos meus Pais, por todo o apoio e amor que foram a mim dedicados por meio de ensinamentos, conselhos, lições de vida, atenção e incentivo, sempre se mostrando orgulhosos pelos passos trilhados no decorrer desta jornada.*

*As minhas irmãs, Caroline e Mariane, que sempre me apoiaram e ajudaram. Vocês são além de irmãs, minhas melhores amigas.*

*Aos companheiros Arley, Stanley, Romildo e Débora na coleta e condução do experimento.*

*Aos amigos conquistados durante o período, em especial à Alice e Fernanda, obrigada pela paciência e convivência; aos amigos de mestrado, pelos conhecimentos e experiências compartilhados.*

*Ao Amigo Marco Antônio por toda atenção e ajuda.*

*Aos técnicos de laboratório da Faculdade de Ciências Agrária, em especial à Gizelma, Laura e Helda, pela colaboração e suporte no desenvolvimento deste trabalho.*

*Ao Prof. Dr. Jorge de Lucas Júnior, pelo apoio técnico e auxílio na condução das análises.*

*Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia e a Capes pela bolsa concedida.*

*À minha orientadora Dra. Ana Carolina Amorim Orrico, por toda dedicação, atenção, paciência, ensinamentos e amizade. Há algumas pessoas que por todos os gestos de carinho, atenção e delicadeza fazem-nos perceber quanto são especiais na forma de ser e como são bem-vindas as suas ações, com toda a certeza você é uma delas.*

*A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho,*

*Muito obrigada!*

## SUMARIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	vii
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	viii
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	ix
<b>CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....</b>	1
<b>1.1. INTRODUÇÃO.....</b>	1
<b>1.2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	3
1.2.1. Produção de frangos de corte.....	3
1.2.2. Efluente do processo de abate de frangos.....	4
1.2.3. Biodigestão Anaeróbia de efluente de abatedouro de frangos.....	6
1.2.4. Compostagem.....	11
<b>1.3. OBJETIVOS.....</b>	16
1.3.1. Objetivos específicos.....	16
<b>1.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	17
<b>CAPÍTULO 2 - POTENCIAIS DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E METANO A PARTIR DA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE EFLUENTE DE ABATEDOURO AVÍCOLA.....</b>	23
<b>RESUMO.....</b>	23
<b>ABSTRACT.....</b>	24
<b>2.1. INTRODUÇÃO.....</b>	25
<b>2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	27
<b>2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	33
<b>2.4. CONCLUSÕES.....</b>	47
<b>2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	48
<b>CAPITULO 3 - COMPOSTAGEM DE RESÍDUO SÓLIDO DE ABATEDOURO AVÍCOLA.....</b>	51
<b>RESUMO.....</b>	51

<b>ABSTRACT</b> .....	52
<b>3.1. INTRODUÇÃO</b> .....	53
<b>3.2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	54
3.2.1. Período de Pré - Compostagem .....	55
3.2.2. Período de Compostagem .....	55
<b>3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	58
<b>3.4. CONCLUSÕES</b> .....	64
<b>3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	64
<b>4. IMPLICAÇÕES</b> .....	66
<b>5. APÊNDICE</b> .....	68
<b>6. ANEXO</b> .....	69

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

TABELA 1. Caracterização do efluente de abatedouro avícola.....	27
TABELA 2. Concentrações de metano (%), produções (ℓ) e potenciais de produções de biogás e metano ( $m^3.kg^{-1}$ de DQO adicionada e reduzida) de efluente proveniente de abatedouro avícola com e sem separação de sólidos e em diferentes tempos de retenção hidráulica.....	34
TABELA 3. Quantidades de ST, SV, N, P, K, DQO (mg/ ℓ) e pH no afluente e efluente de abatedouro avícola e respectivas reduções, bem como a Bo. ( $g SVad.g^{-1}SVred$ ) em biodigestores semi-contínuos manejados em diferentes TRH (7, 14, 21 e 28 dias).....	37
TABELA 4. Números mais prováveis (NMP/ml) de coliformes totais e fecais no afluente e efluente de biodigestores semi-contínuos manejados em diferentes TRH (7, 14, 21 e 28 dias) abastecidos com água residuária de abatedouro avícola e respectivas reduções.....	43

### CAPÍTULO 3

TABELA 1. Conteúdos de ST (kg), SV (kg) e volume ( $m^3$ ) durante a pré-compostagem e compostagem dos resíduos, casca de arroz e fração sólida de abate de aves retida por peneira.....	60
TABELA 2. Conteúdos de C, MOC e MORC (%), DQO (mg/g) e C/N, dos resíduos, casca de arroz e fração sólida de abate de aves retida por peneira na entrada, mistura da fase de pré-compostagem e em três períodos da compostagem.....	62
TABELA 3. Números mais prováveis (NMP) de coliformes totais e termotolerantes durante a compostagem dos resíduos, casca de arroz e fração sólida de abate de aves retida por peneira.....	63
TABELA 4. Conteúdos de N, P e K (% e kg) dos resíduos, casca de arroz e fração sólida de abate de aves retida por peneira na entrada, mistura da fase de pré-compostagem e em três períodos da compostagem.....	64

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

- FIGURA 1. Corte transversal dos biodigestores semi-contínuos utilizados no experimento..... 29
- FIGURA 2. Representação esquemática de gasômetros utilizados no experimento de biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro avícola..... 29
- FIGURA 3. Médias semanais de biogás e metano (CH<sub>4</sub>) em litros produzidos em biodigestores semi-contínuos abastecidos com efluente de abatedouro avícola manejados em diferentes TRH (7, 14, 21 e 28 dias) com (CP) ou sem (SP) separação da fração sólida..... 36
- FIGURA 4. Porcentagem de metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) contido no biogás produzido em biodigestores semi-contínuos abastecidos com efluente de abatedouro avícola manejados em diferentes TRH (7, 14, 21 e 28 dias) com ou sem separação da fração sólida..... 38
- FIGURA 5. Potencial de produção de metano (m<sup>3</sup>.kg<sup>-1</sup> DQO adicionada) em biodigestores semi-contínuos abastecidos com efluente de abatedouro avícola manejados em diferentes TRH (7, 14, 21 e 28 dias) com ou sem a separação da fração sólida..... 40
- FIGURA 6. Potencial de produção de metano (m<sup>3</sup>.kg<sup>-1</sup> DQO adicionada) em biodigestores semi-contínuos abastecidos com efluente de abatedouro avícola manejados em diferentes TRH (7, 14, 21 e 28 dias) com ou sem a separação da fração sólida..... 40
- FIGURA 7. Redução (%) da demanda química de oxigênio (DQO) em biodigestores semi-contínuos abastecidos com efluente de abatedouro avícola manejados em diferentes TRH (7, 14, 21 e 28 dias) com ou sem separação da fração sólida..... 42

### CAPÍTULO 3

- FIGURA 1. Temperaturas médias semanais (°C) do período de compostagem de resíduo sólido do abate de aves e casca de arroz..... 58

## LISTA DE ABREVIATURAS

**CP:** com peneira

**DBO:** demanda bioquímica de oxigênio

**DQO:** demanda química de oxigênio

**MDL:** mecanismo de desenvolvimento limpo

**NH<sub>3</sub>:** amônia livre

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:** íon amônio

**NMP:** número mais provável

**Ps:** peso seco

**Pu:** peso úmido

**SP:** sem peneira

**ST:** sólidos totais

**SV:** sólidos voláteis

**TRH:** tempo de retenção hidráulica

## **CAPÍTULO 1. - Considerações Iniciais**

### **1.1. INTRODUÇÃO**

O setor avícola nacional, após alto investimento nos elos da cadeia produtiva, sofreu uma acelerada expansão da criação e conseqüentemente o aumento no despejo de resíduos provenientes das indústrias de processamento das aves. Esses resíduos são denominados de água residuária ou efluente de abatedouro avícola e caracterizam-se pelo elevado teor de matéria orgânica e carga patogênica, representando desta maneira um material de alto poder poluente.

Mais recentemente houve uma maior preocupação com a preservação ambiental, desenvolvimento sustentável e fontes de energias renováveis, por meio de normativas que limitam uma quantidade segura de constituintes químicos presentes neste efluente, antes de serem dispostos no meio ambiente. Desta forma, os resíduos gerados podem ser tratados por procedimentos químicos, físicos, biológicos ou associações, sendo que um dos principais benefícios dos procedimentos biológicos é a agregação da reciclagem, seja dos nutrientes ou da energia contida nos resíduos, resultando desta forma em fonte de renda alternativa para a indústria.

Dentre as formas biológicas de tratamento deste resíduo, a biodigestão anaeróbia e a compostagem são empregadas, sendo estes processos responsáveis por tornar o produto final estável e higienizado, com o adicional de produção do fertilizante orgânico pela técnica da compostagem ou do biogás e biofertilizante, pelo emprego da biodigestão.

Um dos principais constituintes do biogás é o metano que em condições normais de temperatura e pressão, representa em média 65% do total do biogás, podendo ser utilizado em equipamentos para geração de calor, como fogões, fornalhas, campânulas de aquecimento e em geradores elétricos, resultando desta maneira, em uma forma de agregação de valor a um resíduo que não renderia lucros à empresa. O metano por ser 21 vezes mais poluente do que o dióxido de carbono é considerado de grande contribuição para o efeito estufa, desta forma o tratamento e posterior queima deste gás gera créditos de carbono que podem ser vendidos, resultando em mais uma fonte de renda alternativa.

Em trabalhos realizados com o uso de efluente de abatedouro avícola nos quais foi adotada a biodigestão anaeróbia verificaram-se recomendações distintas sobre o tempo ideal de retenção hidráulica, uma vez que o referido material, por ter sua constituição rica em gorduras e sólidos em suspensão pode apresentar atraso na taxa de degradação e assim necessitar de maiores períodos para que a digestão seja eficiente na retirada de carga poluente.

Uma das formas propostas para tentar se ajustar o tempo de retenção hidráulica e facilitar o processo de degradação seria a separação da fração sólida do efluente por meio de peneiras, permitindo que o material retido seja tratado pela compostagem e a fração líquida que passou pela peneira tenha como destino biodigestores.

A compostagem é uma técnica utilizada desde os primórdios da humanidade para o tratamento de resíduos sólidos e reciclagem dos nutrientes contidos. Caracteriza-se pela estabilização da matéria orgânica mais complexa até formas mais simples, tendo como benefícios a redução de sólidos, massa e volume enleirados, bem como a geração de um fertilizante orgânico.

Baseado no exposto torna-se necessário o desenvolvimento de estudos que visem o tratamento do efluente de abatedouro avícola, sobretudo quanto à adequação do tempo de retenção hidráulica e emprego de separação da fração sólida no processo de biodigestão anaeróbia e do uso desta no processo de compostagem.

## **1.2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.2.1. Produção de frangos de corte**

O Brasil dispõe de rebanhos com importante representatividade mundial considerando-se bovinos, suínos e aves, principalmente, em virtude da sua extensão territorial e capacidade produtora de grãos. Neste cenário a avicultura de corte brasileira é reconhecida como uma das mais desenvolvidas do mundo, com índices de produtividade excepcionais, fato que se deve às pesquisas em todos os elos da cadeia nos últimos anos.

Após a crise comercial sofrida devido à influenza aviária no ano de 2008, o setor exportador avícola brasileiro viveu em 2009 um momento de estagnação ou crescimento lento. Esse fato se deve a excessiva cautela mundial, estabelecendo desta maneira obstáculos para as exportações (UBABEF, 2010).

Segundo a UBA (2009), o Brasil encerrou o ano de 2009 como o 3º maior produtor de frangos, com uma produção de 10,9 milhões de toneladas de carne representando 15,3 % da produção mundial. Dentro deste montante produzido, 66% foram destinados ao mercado interno e 33% ao externo, sendo classificado como o primeiro maior exportador de carne de frango com 3.634.503 toneladas. O estado de Mato Grosso do Sul contou com uma participação de 127.057 toneladas exportadas, representando 3,5% do total (UBABEF, 2010). Essa participação se mostrou pequena quando comparada aos estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul, porém tem grandes chances de maior crescimento, com base na capacidade produtora de grãos, condições climáticas, água e espaço disponíveis no estado.

Paralelamente ao desenvolvimento acelerado do setor avícola houve uma maior produção de efluentes oriundos do processamento da carne de frangos. Esses efluentes são altamente poluentes, pois apresentam elevado conteúdo de matéria orgânica e carga microbiológica, que se dispostos de maneira inadequada no meio ambiente podem levar a sérios problemas ambientais, além de representarem um resíduo com capacidade de agregação de valor pela geração de biogás, biofertilizante e composto.

### 1.2.2. Efluente do processo de abate de frangos

Nas indústrias de processamento de frangos a produção de efluente é bastante elevada e relativamente proporcional ao consumo de água potável, sendo originado principalmente em quatro seções distintas; a sangria, depenagem, evisceração e preparação das carcaças (Hubner, 2001; citado por SCHOENHALS, 2006).

Em trabalho realizado por Schultheisz e Karpati (1984), citados por JOHNS (1995), a quantidade de água utilizada por tonelada de peso corporal de ave abatida variou de 4200 até 16700 litros em abatedouros instalados nos Estados Unidos e de 5000 até 15000 litros por tonelada de peso corporal no Reino Unido. Já sob condições brasileiras a quantidade encontrada foi de 15 litros por carcaça ou 7500 litros por tonelada de ave abatida (SILVA, 2005). Valores esses inferiores aos encontrados em outros países, o que não deixa de ser preocupante uma vez que esse efluente tem grande capacidade de dispersão, tornando-se desta forma potencialmente poluente.

Este efluente é caracterizado por conter sangue, gordura, excrementos, substâncias do trato digestório dos animais, entre outros, representando assim um resíduo com elevada concentração de matéria orgânica (BEUX, 2005).

Segundo dados compilados por JOHNS (1995) a composição do resíduo oriundo de abatedouros de aves pode oscilar entre 710 e 4.633 mg de O<sub>2</sub>/litro de efluente para a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), 1.400 e 11.118 mg de O<sub>2</sub>/litro de efluente para a demanda química de oxigênio (DQO) e 780 até 10.090 mg de O<sub>2</sub>/litro de efluente para a DQO na fração em suspensão, respectivamente. O mesmo autor ainda compilou os resultados para os constituintes óleos e graxas, nitrogênio total (N), nitrogênio amoniacal, fósforo total (P) e alcalinidade, que variaram de 50 a 897; 110 a 700; 3 a 300; 13 a 120 e 350 a 800 mg/l de efluente, respectivamente.

Segundo Saxena et al. (1986) citado por MASSE et al. (2001) os efluentes oriundos do processamento de frangos de corte apresentam aproximadamente 1000 mg de sólidos suspensos por litro de água residuária produzida. A composição da concentração do mesmo pode ainda apresentar grande variação, em função do teor de diluição, ou seja, da quantidade de água empregada no processo de abate.

Para JOHNS (1995) a concentração de sangue no efluente também pode ocasionar variações na sua composição, devido ao maior enriquecimento do resíduo,

uma vez que a composição do sangue apresenta as seguintes concentrações: 200.000 mg de O<sub>2</sub>/litro de efluente para DBO, 375.000 mg de O<sub>2</sub>/litro de efluente para DQO total, 620 mg/litro de efluente para óleos e graxas, 16.500 mg/litro de efluente para nitrogênio total e 3.500 mg/l de efluente para fósforo (Tritt & Schuchardt, 1992 e Hansen & West, 1992; citados por JOHNS, 1995).

Já em pesquisas realizadas sob condições tropicais, a caracterização do efluente sofreu considerável modificação com relação à composição química e física, obtendo-se os seguintes valores: 430 mg de óleos e graxas, 1740 mg de sólidos totais, 1280 mg de sólidos suspensos totais, 318 mg de sólidos voláteis totais, 1020 mg de O<sub>2</sub>, para a DQO total, 771 mg de O<sub>2</sub> para a DQO solúvel, 16 mg de nitrogênio total, 11,04 mg de nitrogênio amoniacal e 53,3 mg de fósforo contidos em um litro de efluente e pH de 6,7 (SCHOENHALS, 2006).

As variações citadas na literatura para a composição do efluente provavelmente podem estar associadas às diferenças nas diluições dos resíduos gerados, do processo de abate e até mesmo das condições climáticas incidentes.

Outra preocupação decorrente deste efluente, é quanto à presença de microrganismos com elevado potencial patogênico, como a *Salmonella sp.*, *Staphylococcus sp.* e *Clostridium sp.*, que podem estar presentes nas carcaças dos animais, e assim irão compor o efluente gerado com o abate (SALMINEN e RINTALA, 2002).

Desta maneira os efluentes oriundos de abatedouros de aves, quando não tratados, representam focos de proliferação de insetos, agentes infecciosos, emissão de gases do efeito estufa, odores e ainda quando lançados em cursos d'água, podem ocasionar a eutrofização dos mesmos (BEUX, 2005). Este processo se caracteriza pela diminuição do oxigênio dissolvido no meio, e a proliferação exagerada de plantas aquáticas, resultando em maiores conteúdos de N e P dissolvidos, comprometimento da sobrevivência de peixes, redução da biodiversidade e crescimento de organismos tóxicos.

Com base nas características físicas, químicas e microbiológicas do efluente de abatedouro avícola verifica-se a necessidade de formas de tratamento para que possam ocasionar a diminuição ou remoção da carga orgânica e patogênica, juntamente com as concentrações de N, P e K.

### 1.2.3. Biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro de frangos

O efluente proveniente de abatedouro avícola tem grande capacidade produtora de biogás, devido a sua constituição rica em matéria orgânica. Os principais gases produzidos durante a degradação dos constituintes orgânicos são o metano, dióxido de carbono e o óxido nitroso ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}$ , respectivamente), que representam importante parcela dos gases promotores do efeito estufa. Este é um fenômeno físico-químico atmosférico que ocorre naturalmente, sendo caracterizado pelo aquecimento e manutenção do clima terrestre por meio da absorção, em diferentes níveis, de radiação solar pelos gases já descritos, porém quando em alta quantidade se tornam nocivos uma vez que aumentam consideravelmente a temperatura da terra (PARIS e SEO, 2007).

O  $\text{CO}_2$  é o principal gás do efeito estufa, por isso foi eleito como sendo índice 1 para o aquecimento global e os demais gases são comparados a ele. A vida média dos gases na atmosfera é estimada em 12 anos para o  $\text{CH}_4$  e 120 anos para o  $\text{N}_2\text{O}$  e os respectivos potenciais de aquecimento global de 21 e 310, com base no índice de  $\text{CO}_2$ . A única forma de evitar a emissão destes gases seria a captação e posterior queima, onde o  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  seriam transformados em  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$ , reduzindo assim as contribuições para o aquecimento global, gerando créditos de carbono que podem ser comercializados, além da utilização do  $\text{CH}_4$  para a produção de energia agregando desta forma valor ao resíduo que seria descartado.

Um método amplamente empregado no tratamento de resíduos e captação destes gases é a biodigestão anaeróbia, sendo apontada como um dos melhores processos para o tratamento de efluentes oriundos de abatedouros. Como produtos resultantes destacam-se a produção de energia, redução da matéria orgânica, diminuição de odores desagradáveis e a eliminação de patógenos (NGES e LIU, 2010). A técnica pode ser definida como um processo biológico natural que ocorre na ausência de oxigênio molecular, no qual um consórcio de diferentes tipos de microrganismos interage estreitamente para promover a transformação de compostos orgânicos complexos em produtos mais simples, resultando, principalmente, nos gases metano e dióxido de carbono (TOERIEN et al., 1969; MOSEY, 1983; NOVAES, 1986; FORESTI et al., 1999; LIANHUA et al., 2010).

Nos processos anaeróbios a degradação da matéria orgânica envolve a atuação de microrganismos procarióticos anaeróbios facultativos e obrigatórios, cujas espécies pertencem ao grupo de bactérias hidrolíticas-fermentativas, acetogênicas produtoras de hidrogênio e arqueas metanogênicas, consistindo, portanto, de quatro etapas, a hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (JEONGSIK et al., 2003).

O biogás produzido pela degradação da matéria orgânica se caracteriza por ser o produto final da biodigestão anaeróbia, e é composto principalmente de metano e dióxido de carbono com pequenas quantidades de outros gases, podendo ser utilizado em diversas aplicações na propriedade rural (CAEEB, 1981). O uso do biogás não traz somente ganhos econômicos devido à redução dos gastos com combustíveis, como também traz ganhos ambientais por meio da troca de um combustível não renovável por um renovável e redução da contribuição da atividade para o aquecimento global, pela queima dos gases considerados de maior poder nocivo (JEONGSIK et al., 2003).

Pelo protocolo de Quioto, de 1994, criaram-se formas para reduzir o aquecimento global, sendo que uma delas, o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), menciona que as ações que resultam na redução das emissões de gases do efeito estufa no Brasil podem dar origem a créditos de carbono, e esses podem ser comercializados no exterior, gerando desta maneira além de economia pela utilização do biogás, uma renda alternativa pela venda dos créditos (PARIS e SEO, 2007).

A produção de biogás poderá ser influenciada por uma série de fatores que podem determinar o sucesso ou a falência do tratamento de determinado resíduo. Entre esses é possível citar a temperatura, o pH, a presença de inóculo, de nutrientes, a composição do substrato, o teor de sólidos totais, e como consequência destes, a interação entre os microrganismos envolvidos no processo (STEIL, 2001).

A temperatura é um fator extremamente importante na digestão anaeróbia, uma vez que influi na velocidade do metabolismo bacteriano, no equilíbrio iônico e na solubilidade dos substratos (FORESTI et al., 1999 e LIANHUA et al., 2010). O efeito da temperatura sobre o processo de digestão anaeróbia tem sido estudado por diversos autores nas faixas psicofílica, abaixo de 20°C (MASSÉ e DROSTE, 1997; VARTAK et al., 1997; LOKSHINA e VAVILIN, 1999; MASSÉ et al., 2000; MASSÉ e DROSTE, 2000), mesofílica, entre 20 e 45°C (TORRES-CASTILHO et al., 1995; BROUGHTON et al., 1998; CHEN e SHYU, 1998), e termofílica, entre 50 e 70°C (ÖZTÜRK, 1993;

LEPISTÖ e RINTALA, 1996). Neste sentido JOHNS (1995) mencionou que a temperatura do efluente de abatedouro de aves tem influência significativa sob o ponto de vista econômico e biológico do processo de biodigestão anaeróbia, destacando que o melhor desempenho deste substrato poderá ser obtido quando os reatores são mantidos na temperatura de 37°C.

Massé e Massé (2001), citados por RIGO (2004), também avaliaram a influência da temperatura sobre o tratamento anaeróbio de efluente de abatedouros de aves, por meio da remoção de DQO e produção de biogás na faixa de 20 a 30°C, os autores verificaram remoções de 90,8; 88,7 e 84,2% de DQO nas seguintes amplitudes térmicas: 30°C, 25°C e 20°C, respectivamente. Quando analisaram a produção de metano, os autores constataram que na condição em que ocorreu redução da temperatura de 30°C para 25°C a taxa específica de produção não foi afetada. Já em trabalho realizado por NGES e LIU (2010), utilizando efluente de esgoto, houve maior produção de biogás sob condições termofílicas, porém não houve diferença na quantidade de metano presente no biogás quando comparadas as condições mesofílica e termofílica, variando em torno de 0,314 a 0,348 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup>SV adicionado.

Tais diferenças de comportamento poderão estar associadas às composições dos resíduos, visto que os constituintes de origem protéica estão presentes em maiores proporções no efluente de abatedouro avícola em comparação com o esgoto. É importante considerar ainda que os dados abordados nesta revisão referem-se a trabalhos realizados em condições de clima temperado, o que muitas vezes acarreta a necessidade de aquecimento dos substratos em fermentação, o que não corresponde às condições tropicais do Brasil, onde as temperaturas ambientais oscilam em torno de 25 a 30°C, na maioria dos dias do ano proporcionando assim condições preditas como ideais para o desenvolvimento do processo.

A disponibilidade de certos nutrientes é essencial para o crescimento e atividade microbiana, ressaltando-se que carbono, nitrogênio e fósforo são essenciais para todos os processos biológicos. As quantidades de N e P necessárias para a degradação da matéria orgânica presente no resíduo dependem da eficiência dos microrganismos em obter energia para a síntese, a partir de reações bioquímicas de oxidação do substrato orgânico (FORESTI et al., 1999).

A relação DQO:N:P de 500:5:1 parece ser suficiente para atender às necessidades de macronutrientes dos microrganismos anaeróbios (SPEECE, 1996). O nitrogênio, embora essencial ao processo, pode tornar-se um fator inibitório quando em altas concentrações na forma de amônia (WU et al., 2009). As concentrações do íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e amônia livre ( $\text{NH}_3$ ) são ditadas pelo pH, sendo que com altos valores de pH a forma  $\text{NH}_3$  prevalece, e é mais inibitória que a forma ionizada (MATA-ALVAREZ et al., 2000).

SALMINEN e RINTALA (2002) verificaram que durante a biodigestão anaeróbia as elevadas concentrações de amônia causam maior inibição das bactérias metanogênicas e, na seqüência das acidogênicas, em comparação com os demais microrganismos presentes no meio.

Quanto aos conteúdos de óleos e gordura presentes na água residuária de abatedouros de aves, VALLADÃO et al. (2007) mencionaram a preocupação com os danos operacionais, como o entupimento do sistema, além da produção de odores desagradáveis. Os autores verificaram que a presença dos componentes lipídicos no resíduo pode limitar o transporte da fração solúvel e assim reduzir a taxa de conversão do substrato em biogás. Demonstrando similar preocupação, SALMINEN e RINTALA (2002) reforçaram que a degradação dos ácidos graxos de cadeia longa é um passo limitante para a boa condução da biodigestão anaeróbia, visto que as bactérias que os degradam são de crescimento lento e requerem baixa pressão parcial de  $\text{H}_2$  para sua atividade.

Devido principalmente à presença dos constituintes gordura e proteína em maior concentração, um dos entraves para o desenvolvimento da biodigestão anaeróbia da água residuária de abatedouros é o adequado TRH, para que o máximo de energia seja recuperado a partir do substrato em fermentação, bem como produza um biofertilizante que possa ser utilizado com segurança. A literatura apresenta resultados obtidos em diferentes condições de TRH e, portanto, ainda não foi possível obter-se um padrão que possa ser adotado como recomendação.

Vários autores apresentam que os melhores resultados de potenciais de produção de biogás e reduções de DQO ocorreram em torno de 7 a 10 dias de retenção do efluente de abatedouros de aves nos biodigestores e por isso, este parece um TRH satisfatório. No entanto, sabe-se que o TRH a ser adotado deve ser fundamentado, principalmente,

na carga orgânica contida no afluente, já que este seria um tempo necessário para que esta carga fosse degradada ao máximo possível.

Dague et al. (1992), citados por JOHNS (1995) relataram que o melhor desempenho de biodigestores abastecidos com água residuária de abatedouros de aves foi obtido adotando-se o TRH igual a 8,8 dias, resultando na remoção de 85 até 90% da DBO inicial e potencial de produção de metano de 0,51 m<sup>3</sup>/kg de DBO removida. Adotando TRH superior, Hansen e West (1992), também mencionados por JOHNS (1995), encontraram valores de remoção de DQO variando entre 72 e 87%, quando optaram por 10 a 15 dias de retenção.

Em estudo realizado por SALMINEN e RINTALA (2002) foi avaliado o desempenho de biodigestores semi-contínuos manejados com resíduos de abatedouros de aves na concentração inicial de 3,1% de sólidos totais (ST), 2,6% de sólidos voláteis (SV) e adotando-se TRH de 13 dias. Como resultados os autores observaram os seguintes valores: remoção dos teores de ST e SV de 32 e 31%, respectivamente.

Uma das formas para se tentar ajustar o TRH e maximizar a produção de biogás é quanto à concentração de sólidos presentes no efluente, uma vez que o mesmo quando enriquecido de grande quantidade de sólidos suspensos e gorduras é de difícil degradação. Vários estudos sobre pré-tratamentos vêm sendo desenvolvidos no intuito de antecipar o processo de degradação dos resíduos e maximizar as produções de biogás. Dentre os vários processos, destacam-se os tratamentos físicos, que são caracterizados pelos métodos de separação de fases: sedimentação, decantação, filtração, centrifugação ou flotação dos resíduos (Di Bernardo, 1993; citado por SCHOENHALS, 2006). Neste sentido, a utilização de peneiras, assim como a solidificação e a flotação permanecem amplamente utilizadas para a remoção de sólidos suspensos, gorduras, óleos e graxas de água residuária originados de abatedouro de aves (JOHNS, 1995).

O fato de a fração sólida do efluente de abatedouros ser descrita como limitante para o processo anaeróbico não implica que essa fração deva ser descartada, a decisão vai depender da eficiência e a rapidez que se necessita para tratar este resíduo. Caso a decisão seja favorável à separação de sólidos, é necessário ter em mente que essa fração ainda tem um poder poluente elevado e necessita de tratamento adequado antes de ser aplicado no meio ambiente. Desta forma, a compostagem poderá ser empregada como

uma ferramenta que agregada à biodigestão anaeróbia, auxilie na redução tempo de retenção do material no biodigestor, aumente a remoção de DQO durante a biodigestão e ainda, resulte ao final do processo com o fertilizante orgânico, que terá como benefícios a baixa concentração de umidade e maior facilidade para manuseio em comparação com o biofertilizante.

#### **1.2.4. Compostagem**

As agroindústrias geram os mais variados resíduos que podem ser tratados por meio de processos biológicos, visando a reciclagem energética e preservação do meio ambiente (COSTA et al., 2005). Os abatedouros se enquadram como agroindústrias, cujos resíduos encontrados são vísceras de animais abatidos, pedaços de carne, sangue e outros materiais, sendo todos passíveis de tratamento biológico.

A eficiência dos sistemas de tratamento empregados para o efluente de abatedouro de aves é muitas vezes influenciado pelos elevados conteúdos de gordura, óleo e graxa neste resíduo, que podem ocasionar problemas, devido a sua insolubilidade, o que atrasa a taxa de degradação, além da tendência de formação de espuma e crostas na superfície (JOHNS, 1995). Este autor recomenda que esse resíduo não seja submetido a sistemas anaeróbios de alta taxa de passagem devido aos problemas supracitados, além das elevadas concentrações de DBO e DQO, o que demandaria em maior tempo de retenção hidráulica (TRH) para a remoção eficiente de seu poder poluente.

Além dos conteúdos de gordura, SALMINEN e RINTALA (2002) evidenciaram que outro fator a ser atentado é quanto a concentração de proteína no efluente de abatedouros de aves, já que a degradação dos compostos protéicos produzirá amônia, que na forma não ionizada e em concentrações elevadas poderá acarretar inibição dos microorganismos em meios anaeróbios de tratamento. Os autores ainda ressaltaram a importância de que ambos os componentes, gorduras e proteínas, sejam mensurados em efluentes de abatedouros avícolas para que não comprometam os sistemas de tratamento anaeróbios, e assim seja estabelecida a carga orgânica adicionada ao meio e o TRH da mistura, quando submetida ao processo de biodigestão anaeróbia.

O emprego da separação das frações sólida e líquida de efluente de abatedouro avícola por meio de peneiras vêm sendo estudado por diversos pesquisadores há mais de 20 anos, conforme relatado por JOHNS (1995), ao apresentar resultados obtidos por Sayed et al. (1987). Neste estudo, os autores verificaram que aproximadamente 40 a 50% da DQO total do efluente de abatedouro de aves ficou retida na fração grosseira, quando efetuaram a separação entre as fases sólida e líquida utilizando-se peneira com malha de 1 mm, por esse material ainda apresentar um alto conteúdo orgânico é necessário que se faça o tratamento do mesmo, sendo recomendada a compostagem como forma de estabilização.

A compostagem é uma das técnicas mais antigas empregada no tratamento e reciclagem dos dejetos gerados na produção animal. É geralmente aplicada a resíduos sólidos, porém os resíduos líquidos também podem ser passíveis de compostagem, sendo que para isso se devem alterar as características físicas destes, através de agentes estruturantes como cama de aviário, palha de arroz, serragem e maravalha (VALENTE et al., 2009).

A facilidade de condução e os baixos custos para o desenvolvimento do processo têm justificado sua utilização. As vantagens da compostagem destacadas por GOMEZ (1998) foram a reciclagem dos elementos com interesse agrônômico, redução do volume inicial de resíduos, degradação de substâncias tóxicas e/ou patógenos e produção de energia de forma mais disponível.

Como processo biológico a compostagem deve necessariamente ocorrer em condições aeróbias e incluir uma fase termofílica (45 - 65 °C), quando será maximizada a atividade microbiológica de degradação e higienização (1º fase do processo), e a fase de maturação ou cura, quando ocorre a produção do composto propriamente dito que é a 2º fase do processo (PEREIRA NETO e STENTIFORD, 1992). Este sistema de reciclagem dos nutrientes é uma forma de acelerar a decomposição da matéria orgânica em relação ao que ocorreria no meio ambiente, melhorando as condições de atividade dos microrganismos (bactérias e fungos). Neste processo a fase termofílica ativa a proliferação de microrganismos exotérmicos com efetivo poder na destruição de patógenos. Os sólidos biodegradáveis da matéria orgânica são convertidos para um estado estável que pode ser manejado, estocado e aplicado como adubo orgânico, sem

efeitos nocivos ao meio ambiente (Rinket et al., 1991, citado por GEORGACAKIS et al., 1996).

A compostagem, por ser um processo biológico, dependerá da ação e da interação de microrganismos, os quais são dependentes de alguns parâmetros considerados essenciais como a temperatura, umidade, a disponibilidade de oxigênio, pH e composição dos resíduos, relação carbono/nitrogênio (C/N) e dimensões da leira.

Neste sentido o suprimento de O<sub>2</sub> é considerado um fator indispensável e limitante no desenvolvimento da compostagem, já que é necessária a criação de condições adequadas para o crescimento e metabolismo dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. O oxigênio presente no meio atuará de forma determinante sobre a velocidade de decomposição da matéria orgânica, sendo que a aeração depende da granulometria e da umidade dos resíduos.

As leiras podem ser aeradas por meio de revolvimentos manuais ou mecânicos, fazendo com que as camadas externas se misturem as internas que estarão em um estágio de decomposição mais adiantado (KIEHL, 1985). Segundo Richard et al. (2002), citado por VALENTE et al. (2009), concentrações acima de 10% são consideradas satisfatórias para a manutenção da compostagem e valores muito acima destes são considerados limitantes uma vez que ocorre uma perda maior de calor do que a produção pela ação dos microrganismos.

Em trabalho realizado por COSTA et al. (2005) avaliando-se o processo de compostagem em leiras confeccionadas com o resíduo da indústria de desfibrilação de algodão e tipos de inóculo com e sem aeração, verificou-se que a aeração possibilitou em todos os tratamentos a estabilização mais rápida do material, resultando desta forma em menor quantidade de dias de material retido no pátio e conseqüentemente retorno energético e monetário em menor período.

A presença da água durante o desenvolvimento da compostagem é imprescindível para as necessidades fisiológicas dos organismos. A matéria orgânica a ser compostada deve ter umidade em torno de 50%, sendo os limites máximo e mínimo iguais a 60 e 40 %, respectivamente (KIEHL, 1985). De acordo com Richard et al. (2002), citado por VALENTE et al. (2009), quando o teor de umidade é inferior a 30% ocorre uma inibição da atividade dos microrganismos e quando o mesmo ultrapassa 65% a decomposição torna-se lenta sofrendo grandes perdas de nutrientes pela

lixiviação e pouca oxigenação da matéria orgânica. O teor de umidade ainda interfere na temperatura do processo uma vez que altos teores impedem a elevação da temperatura, limitando desta forma à degradação da matéria orgânica.

O preparo das pilhas de compostagem tem como principal objetivo o aquecimento da massa, permitindo que o calor resultante da degradação da matéria orgânica não se dissipe, favorecendo o desenvolvimento da microflora termofílica e a eliminação de patógenos. Quando se processa a compostagem em montes, com massas que são bons isolantes térmicos, o calor desenvolvido se acumula e a temperatura alcança valores elevados, podendo chegar até 80° C (AMORIM et al., 2004).

Uma preocupação constante em relação aos resíduos sólidos originados no abate de aves é em relação aos teores de N neste material, podendo ocasionar perdas por meio da volatilização de amônia (NH<sub>3</sub>) e desnitrificação (Martins e Dewes, 1992 e Bernal et al., 1996; citados por TIQUIA e TAM, 2000). Estes autores ainda mencionaram que em avaliações efetuadas com a compostagem deste resíduo as perdas de nitrogênio variaram de 21 até 77% durante o processo, sendo que os principais fatores associados a estas perdas foram: aeração, teor de umidade, temperatura e relação C:N.

Os mesmos verificaram também que a baixa relação C:N dos resíduos sólidos de abatedouros de aves no início do processo foi o principal fator para favorecer a formação e conseqüente volatilização da amônia durante a compostagem. Di Bertoldi et al. (1985), citado por TIQUIA e TAM (2000) ainda associaram que as maiores perdas de N (18%) durante a compostagem ocorreram quando as leiras foram manejadas com aeração manual, em comparação com leiras que tiveram acesso a aeração forçada (5% de perdas de N).

É importante ainda ressaltar que devido as elevadas temperaturas alcançadas durante o processo de compostagem, o material final estará isento de microrganismos patogênicos, em especial os contidos frequentemente nas carcaças e vísceras dos animais (*Salmonella sp*, *Staphylococcus sp*. e *Clostridium sp* e *Campylobacter*) e também os de origem fecal, com destaque para a *Escherichia coli*. Em trabalho realizado por ORRICO JR. et al. (2010) foram compostadas carcaças de frangos de corte e cama de aviário, observando-se a eficiência na remoção de coliformes com reduções que alcançaram até 100%. Essas reduções dos números de patógenos no produto final são de grande importância, tendo em vista que o mesmo será utilizado

para adubação do solo, sendo que a ocorrência de altos níveis de bactérias podem ocasionar a incidência de doenças nos animais e seres humanos (SALMINEN e RINTALA, 2002). Desta maneira verifica-se que a compostagem é um método eficiente para o tratamento do resíduo sólido de abatedouro avícola.

### **1.3. Objetivos**

Avaliar a eficiência da biodigestão anaeróbia e compostagem no tratamento de efluente de abatedouro avícola além da reciclagem dos conteúdos energéticos e de nutrientes, adotando-se diferentes tempos de retenção hidráulica e separação da fração sólida por meio de peneira durante a biodigestão e ainda, promovendo-se a compostagem da fração sólida retida durante separação.

#### **1.3.1. Objetivos Específicos**

- Avaliar as produções de biogás e metano, as reduções dos teores de ST e SV, de coliformes totais e termotolerantes e da demanda química de oxigênio, além da caracterização do biofertilizante (N, P e K) gerado durante a biodigestão anaeróbia do efluente de abatedouro com e sem separação da fração sólida, em biodigestores semi-contínuos manejados com 7, 14, 21 e 28 dias de retenção hidráulica;
- Avaliar o potencial de produção de biogás e metano remanescente, utilizando como substrato o efluente dos biodigestores semi-contínuos abastecidos com água residuária de abatedouro de aves com e sem separação da fração sólida e manejados por 7, 14, 21 e 28 dias de retenção hidráulica.
- Avaliar o processo de compostagem como uma alternativa no tratamento e reciclagem da fração sólida contida em água residuária de abatedouro de aves por meio das reduções de ST, SV, NMP de coliformes totais e termotolerantes, massa e volume, além da caracterização química do composto (C, N, P e K);

#### 1.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, A. C., LUCAS JUNIOR, J., RESENDE, K. T. Efeito da estação do ano sobre a biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 16-24. 2004.

BEUX, S. **Avaliação do tratamento de efluente de abatedouro em digestores anaeróbios de duas fases**. 2005. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2005.

BROUGHTON, M. J.; THIELE, J. H.; BIRCH, E. J.; COHEN, A. Anaerobic batch digestion of sheep tallow. **Water Research**, v. 32, n. 5, p. 1423-28, 1998.

CAEEB – Companhia Auxiliar de Empresas Elétricas Brasileiras. **O biogás e sua tecnologia**. Rio de Janeiro, 1981. (Série Estudos e Pesquisas, 2).

CHEN, T. H. e SHYU, W. H. Chemical characterization of anaerobic digestion treatment of poultry mortalities. **Bioresource Technology**, v. 63, p. 37-48, 1998.

COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; SESTAK, M.; OLIBONE, D.; SESTAK, D.; KAUFMANN, A. V.; ROTTA, S. R. Compostagem de resíduos da indústria de desfibrilação de algodão. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.540-548, maio/ago. 2005.

FORESTI, E.; FLORÊNCIO, L.; VAN HAANDEL, A.; ZAIAT, M.; CAVALCANTI, P. F. F. Fundamentos do tratamento anaeróbio. In: CAMPOS, J. R. (Coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. Cap. 2, p. 29-52.

GEORGACAKIS, D., TSAVDARIS, A., BAKOULI, J., SYMEONIDIS, S. Composting solid manure and lignite mixtures with selected plant residues. **Bioresource Technology**. v.56, 1996. p. 195-200.

GOMEZ, A. The evaluation of compost quality. **Trends in analytical chemistry**, v. 17, p. 310-314, 1998.

JEONGSIK, K.; CHULHWAN, P.; TAK-HYUN, K; MYUNGGU, L.; SANGYONG, K.; EUNG-WOOK, K.; JINWON, L.. Effects of Various Pretreatments for Enhanced Anaerobic Digestion with Waste Activated Sludge. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 95, No.3, p.271 – 275, 2003.

JOHNS, M. R. Developments in wastewater treatment in the meat processing industry: a review. **Bioresource Technology**, v. 54, p. 203-216, 1995.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

LEPISTÖ, R.; RINTALA, J. Conversion of volatile fatty acids in an extreme thermophilic (76-80°C) upflow anaerobic sludge-blanket reactor. **Bioresource Technology**, v. 56, p. 221-27, 1996.

LIANHUA, L.; DONG, L.; YONGMING, S.; LONGLONG, M.; ZHENHONG, Y.; XIAOYING. Effect of temperature and solid concentration on anaerobic digestion of rice straw in South China. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.35, p. 7261-7266, 2010.

LOKSHINA, L. Ya.; VAVILIN, V. A. Kinetic analysis of the key stages of low temperature methanogenesis. **Ecological Modelling**, v. 117, p. 285-303, 1999.

MASSÉ, D. I. e DROSTE, R. L. Comprehensive model of anaerobic digestion of swine manure slurry in a sequencing batch. **Water Resource**, v. 34, n. 12, p. 3087-3106, 2000.

MASSÉ, D. I. e DROSTE, R. L. Microbial interaction during the anaerobic treatment of swine manure slurry in a sequencing batch reactor. **Canadian Agricultural Engineering**, v. 39, n. 1, p. 35-41, 1997.

MASSÉ, D. I.; LU, D.; MASSÉ, L.; DROSTE, R. L. Effect of antibiotics on psychrophilic anaerobic digestion of swine manure slurry in sequencing batch reactors. **Bioresource Technology**, v. 75, p. 205-11, 2000.

MASSE, L.; KENNEDY, K. J.; CHOU, S.. Testing of alkaline and enzymatic hydrolysis pretreatments for fat particles in slaughterhouse wastewater. **Bioresource Technology**, v. 77, p. 145 – 155, 2001.

MATA-ALVAREZ, J.; MACÉ, S.; LLABRÉS, P. Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. **Bioresource Technology**, v. 74, p. 3-16, 2000.

MOSEY, F. E. Mathematical modeling of the anaerobic process: regulatory mechanisms for the formation of short-chain volatile acids from glucose. **Water Science Technology**, v. 15, p. 209-32, 1983.

NGES, I. A. e LIU, J.. Effects of solid retention time on anaerobic digestion of dewatered-sewage sludge in mesophilic and thermophilic conditions. **Renewable Energy**, v. 35, p. 2200 – 2206, 2010.

NOVAES, R. F. V. Microbiology of anaerobic digestion. **Water Science and Technology**, v. 18, n. 12, p. 1-14, 1986.

ORRICO JR., M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JR., J.. Compostagem dos resíduos da produção avícola: Cama de frangos e carcaças de aves. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.538-545, maio/jun. 2010.

ÖZTÜRK, M. Degradation of acetate, propionate and butyrate under shock temperature. **Journal of Environmental Engineering**, v. 119, n. 2, 1993.

PARIS, A. G. e SEO, E. S. M.. Mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL): percepção de um segmento de empresas brasileiras. **Revista Gerenciais**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 155-163, 2007.

PEREIRA NETO, J. T., STENTIFORD, E. I. Aspectos epidemiológicos da compostagem. **Rev. Bio.**, v.1, n. 1, p. 1-6, 1992 (encarte).

RIGO E. Aplicação de lipases como auxiliar no pré-tratamento de efluentes de frigoríficos de suínos e bovinos. 2004. 84p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de

alimentos), - Departamento de ciências agrárias, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2004.

SALMINEN, E. e RINTALA, J.. Semi-continuous anaerobic digestion of solid poultry slaughterhouse waste: effect of hydraulic retention time and loading. **Water Research**, v. 36, p. 3157-3182, 2002.

SCHOENHALS, M.. **Avaliação da eficiência do processo de flotação aplicado ao tratamento primário de efluentes de abatedouro avícola**. 2006. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2006.

SILVA, H. L. B. **Uso de membranas microporosas no tratamento de efluentes de um frigorífico de abate de aves**. 2005. 66f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SPEECE, R. E. **Anaerobic biotechnology for industrial wastewaters**. Tennessee: Vanderbilt University, 1996. 394 p.

STEIL L. **Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos**. 2001. 108f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2001.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y.. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. **Environmental pollution** v. 110, p. 535-541, 2000.

TOERIEN, D. F.; HATTINGH, W. H. J. Anaerobic digestion I. the microbiology of anaerobic digestion. **Water Research**, v. 3, p. 385-416, 1969.

TORRES CASTILLO, R.; LA BRESLUENGO, P.; MATA ALVAREZ, J. Temperature effect on anaerobic digestion of bedding straw in a one-phase system at different inoculum concentration. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.54, n. 1, p. 55-66, 1995.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA - UBA. **Relatório Anual 2009**. Brasília, DF, 2009. 84p. Disponível em: <<http://www.uba.org.br/>>. Acessado em: 13/04/10.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA - UBABEF. **Relatório Anual 2009 - 2010**. Brasília, DF, 2010. 31p. Disponível em: <<http://www.uba.org.br/>>. Acessado em: 17/09/10.

VALENTE, B. S.; XAVIER, T. B. G. A.; MORSELLI, D. S.; JAHNKE, B. de S.; BRUM Jr., B. R.; CABRERA, P. de O.; MORAES, E.; LOPES, D. C. N.. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Arch. Zootec.** 58 (R): 59-85. 2009.

VALLADÃO, A. B. G.; FREIRE, D. M. G.; CAMMAROTA, M. C.. Enzymatic pre-hydrolysis applied to the anaerobic treatment of effluents from poultry slaughterhouses. **International Biodeterioration & Biodegradation** v. 60, p. 219–225, 2007.

VARTAK, D. R.; ENGLER, C. R.; McFARLAND, M.J.; RICKE, S. C. Attached-film media performance in psychrophilic anaerobic treatment of dairy cattle wastewater. **Bioresource Technology**, v. 62, p. 79-84, 1997.

WU, G.; HEALY, M. G.; ZHAN, X.. Effect of the solid content on anaerobic digestion of meat and bone meal. **Bioresource Technology**, v.100, p. 4326 - 4331, 2009.

Os capítulos 2 e 3 foram redigidos conforme as normas da Revista Brasileira de Zootecnia, sendo detalhadamente descritas no Anexo, retirado do site: <<http://www.rbz.ufv.br/rbz/arquivos/Normas%202010.pdf>>

## **CAPITULO 2 - Potenciais de produção de biogás e metano a partir da biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro avícola**

**Natália da Silva Sunada<sup>1</sup>, Ana Carolina Amorim Orrico<sup>2</sup>**

**RESUMO:** Objetivou-se com a execução deste trabalho avaliar a eficiência da biodigestão anaeróbia no tratamento de efluente de abatedouro avícola. O experimento foi conduzido no Laboratório de Aproveitamento de Resíduos Gerados pela Produção Animal/FCA/UFGD, onde foram abastecidos 8 biodigestores experimentais modelo semi-contínuos de acordo com o tempo de retenção hidráulica (TRH) de 7, 14, 21 e 28 dias e a separação da fração sólida (com peneira de 1mm e sem peneira) e acompanhados por 4 semanas. Foram avaliadas as médias de produção semanais de biogás e metano, concentrações de metano, bem como os potenciais de produção por quantidade de demanda química de oxigênio (DQO) adicionada e reduzida, além das concentrações de N, P e K no início e final do processo, números mais prováveis de coliformes totais e termotolerantes. Para a análise dos dados, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2 (4 TRH: 7, 14, 21 e 28 dias e uso ou não de peneira) com repetição no tempo. Com relação aos resultados obtidos, quando avaliadas as produções de biogás e metano verificou-se que houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) sendo as maiores produções alcançadas pelos TRH de 7 e 14 dias (5,29 e 2,38 l de biogás e 4,28 e 1,73 l de metano, respectivamente). Houve interação entre o TRH e a separação da fração sólida, sendo a maior produção obtida pelo tratamento sem separação. Comportamento semelhante foi observado nos potenciais de produção, com um máximo de  $0,41 \text{ m}^3 \text{ metano.kg}^{-1} \text{ DQO}$  adicionada no TRH de 7 dias sem separação da fração sólida. Concluiu-se que a separação da fração sólida não é recomendada no pré-tratamento de efluente de abatedouro avícola, uma vez que a utilização da mesma minimizou as produções e potenciais de produções de biogás e metano.

**Palavras - chave:** demanda química de oxigênio, sólidos totais, sólidos voláteis

---

<sup>1</sup> Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD. Email: natysunada@hotmail.com.

<sup>2</sup> Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD.

## **Potential of biogas production and methane from the anaerobic digestion of poultry slaughterhouse wastewater**

**ABSTRACT:** The aim of this work was to evaluate the efficiency of anaerobic biodigestion on treatment of broiler slaughterhouse effluent. The experiment was carried out in the Laboratory of Benefit of Waste from Animal Production, where 8 semi-continuous experimental biodigesters were processed according to the treatment of time of hydraulic retention time (HRT) (7, 14, 21 and 28 days) and separation of the solid fraction (with sieve with 1mm and without sieve) during 4 weeks (replication). Average of weekly production of biogas and methane, concentrations of methane were evaluated, as well the potentials of production per quantity of chemical demand of oxygen (CDO) that was added or reduced, besides the concentrations of N, P and K in the beginning and the end of the process, most probably number of total and thermotolerant coliforms were also evaluated. For analysis of data, the complete randomized design in 4 x 2 (4 HRT: 7, 14, 21 and 28 days and the use or not of sieve) factorial scheme in sub-divided plots in time were used. Regarding to obtained results, when productions of biogas and methane were evaluated, it was verified that there was significant difference ( $P < 0,05$ ), which the highest productions were reached by HRT of 7 and 14 days (5,29 and 2,38  $\ell$  of biogas and 4,28 and 1,73  $\ell$  of methane, respectively). There was interaction between HRT and separation of solid fraction, which the greatest production was obtained without separation. Similar behavior was observed with potentials of production, with maximum potential of 0,41  $\text{m}^3$  methane. $\text{kg}^{-1}$  CDO added to HRT of 7 days without separation of solid fraction. It was concluded that the separation of solid fraction is not recommended in pre-treatment of broiler slaughterhouse effluent, since the use of that reduced the productions and the potentials of biogas and methane.

**Key - words:** chemical oxygen demand, total solids, volatile solids

## 2.1. INTRODUÇÃO

A grande demanda por alimentos associada à procura por rapidez na produção levou a indústria avícola a investir em pesquisas ligadas aos vários elos da cadeia, o que provocou a expansão da criação, sendo que o Brasil encerrou o ano de 2009 como o 3º maior produtor de frangos com uma produção de 10,9 milhões de toneladas representando 15,3 % da produção mundial (UBA, 2009).

Proporcionalmente ao crescimento da produção houve um aumento na geração de resíduos provenientes do abate destes animais. Segundo Silva (2005) a quantidade gerada de efluente é de 15 litros para cada ave abatida, sendo que este valor está ligado diretamente a utilização de água potável na indústria, podendo ser maior ou menor em função do seu consumo. Estes efluentes são caracterizados por conterem grande quantidade de matéria orgânica biodegradável, suspensa e coloidal tais como gorduras, proteínas e celulose (Koby et al., 2006, Beux, 2005 e Johns, 1995) além de microrganismos patogênicos, sendo, portanto de grande importância o tratamento prévio antes de serem lançados ao meio ambiente (Koby et al., 2006 e Salminen & Rintala, 2002).

O uso de processos anaeróbios é amplamente aplicado no tratamento de resíduos, uma vez que microrganismos anaeróbios degradam a matéria orgânica gerando como produto final o biogás e o biofertilizante (Toerien et al., 1969; Mosey, 1983; Novaes, 1986; Foresti et al., 1999, Lianhua et al., 2010 e Nges & Liu, 2010). O biogás é composto principalmente de metano e dióxido de carbono com pequenas quantidades de outros gases, podendo ser utilizado em diversas aplicações na propriedade rural (Caeb, 1981), sendo que não traz somente ganhos econômicos devido à redução dos gastos com combustíveis, como também ganhos ambientais através da queima dos gases considerados de maior poder de aquecimento global (Jeongsik et al., 2003). Esse ainda

pode dar origem a créditos de carbono, podendo ser comercializados (Paris & Seo, 2007).

O desempenho do processo de biodigestão muitas vezes pode ser retardado ou prejudicado devido ao acúmulo de gorduras e sólidos flutuantes no biodigestor, que levam a uma redução da atividade metanogênica e da biomassa (Kobya et al., 2006 e Salminen & Rintala, 2002) e ainda danos operacionais como o entupimento do sistema (Valladão et al., 2007), sendo portanto importante a separação desta fração para melhor resposta dos reatores. Já segundo Luste & Luostarinen (2010) a separação acarretaria uma menor produção de biogás, uma vez que, os principais constituintes, tecidos muscular e adiposo, têm alto potencial de geração de energia.

De acordo com os problemas citados, existe controvérsia sobre qual seria o tempo de retenção hidráulica (TRH) ideal para este tipo de efluente e se a separação da fração sólida representaria uma forma eficiente de pré-tratamento. Em estudo realizado por Ogejo & Li (2010), trabalhando com resíduos de abate de perus e água residuária de lavagem de currais, a biodigestão anaeróbia foi eficaz no tratamento e produção de biogás, atingindo pico de  $800 \text{ l} \cdot \text{g}^{-1}$  de SV adicionado, sob um TRH de 5 dias. Já em ensaio realizado por Salminen & Rintala (2002) utilizando resíduo do abate de aves, também obtiveram elevada produção de metano ( $520 - 550 \text{ l} \cdot \text{g}^{-1}$  SV) ao adotarem alto TRH (13 dias) e baixa concentração de SV adicionados (0,8 kg), porém houve uma inibição do processo quando o TRH foi menor e a concentração da carga maior, o que os autores atribuíram ao acúmulo de ácidos graxos no biodigestor.

Com base no exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar as produções de biogás e metano, reduções do número mais provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes e da demanda química de oxigênio (DQO), além da caracterização do biofertilizante (N, P e K) durante a biodigestão anaeróbia do efluente de abatedouro

com e sem separação da fração sólida, em biodigestores semi-contínuos manejados com 7, 14, 21 e 28 dias de retenção hidráulica.

## 2.2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Aproveitamento de Resíduos Gerados pela Produção Animal da Faculdade de Ciências Agrárias, pertencente à Universidade Federal da Grande Dourados. Para o abastecimento dos biodigestores foi utilizado efluente de abatedouro avícola localizado na região de Dourados, gerado durante o abate e processamento das carcaças, apresentando em sua constituição os componentes descritos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização do efluente de abatedouro avícola.

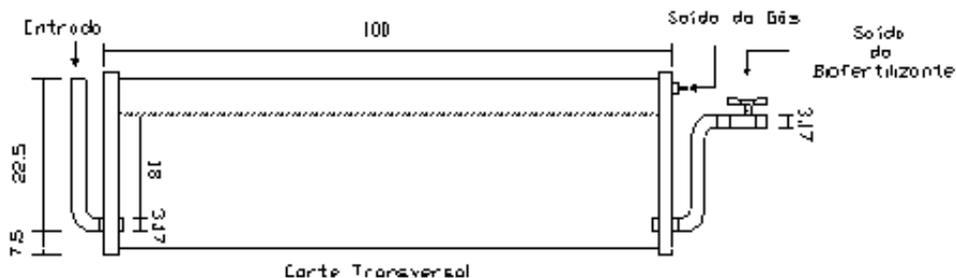
Componente		Concentração
Sólidos totais (ST)	mg/ ℓ	2000
Sólidos voláteis (SV)	mg/ ℓ	1800
pH	-	6,7
Coliformes totais	NMP por ml de efluente	2,40 E+10
Coliformes termotolerantes	NMP por ml de efluente	7,70E+09
N amoniacal	mg/ ℓ	164,5
P total	mg/ ℓ	18,1
K	mg/ ℓ	83,6
DQO	mg O <sub>2</sub> / ℓ	2319,0

Anteriormente ao início de abastecimento dos biodigestores foi preparado o inóculo para ser utilizado na etapa inicial do processo. Para tanto se utilizou dejetos de bovinos, efluente de abatedouro avícola e água para a diluição, sendo esta mistura acondicionada em biodigestores e considerada como inóculo no momento em que

atingiu o pico de metano na composição do biogás. Então este foi adicionado aos biodigestores no primeiro abastecimento, correspondendo a 15% do volume total do biodigestor, para que não houvesse atraso no início das produções de biogás.

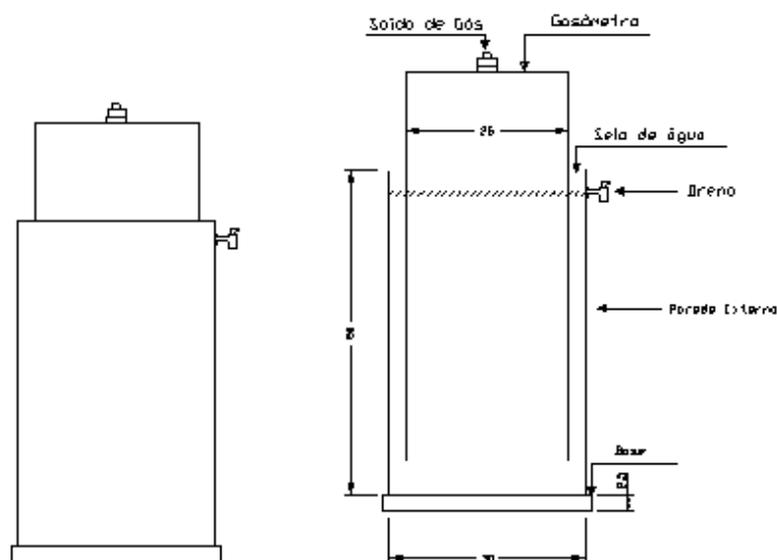
Os biodigestores utilizados para o ensaio foram do tipo tubular horizontal e de alimentação semi-contínua. Estes biodigestores foram abastecidos de acordo com os tempos de retenção hidráulica propostos (7, 14, 21 e 28 dias) e a separação da fração sólida (com peneira de 1mm - CP e sem peneira - SP), de maneira que, o volume de carga fornecida diariamente foi determinado de acordo com a capacidade total de cada biodigestor (capacidade média de 36,71 litros) e tempo de retenção adotado (Figura 4 do apêndice). Sendo assim o efluente utilizado para o abastecimento dos biodigestores foi o mesmo para todos os tratamentos, alterando-se apenas o volume da carga, em função do tempo de retenção, ou seja, considerando-se a capacidade média total de 36,71 litros para os biodigestores e período de retenção de 7 dias, efetuou-se carga diária de 5,24 litros.

Os biodigestores são constituídos de duas partes distintas; o recipiente com o material em fermentação e o gasômetro. O recipiente com o material em fermentação é composto por um cilindro reto de PVC com diâmetro de 300 mm e com 1 m de comprimento, tendo as extremidades fixadas com duas placas de PVC com 1,5 cm de espessura de cada lado. Em uma placa está fixado o cano de entrada, por onde se realizou o abastecimento, e na outra extremidade dois canos, sendo um destinado à saída do biofertilizante e o outro a saída do biogás (Figura 1).



**FIGURA 1.** Corte transversal dos biodigestores semi-contínuos utilizados no experimento.

O gasômetro é constituído de dois cilindros de 250 e 300 mm de diâmetro sendo o primeiro inserido no interior do segundo, de tal forma que o espaço existente entre eles comporta um volume de água (“selo de água”), atingindo profundidade de 500 mm. O cilindro de 300 mm de diâmetro é fixado sobre uma placa de PVC com 2,5 cm de espessura, recebendo o cilindro de 250 mm de diâmetro no seu interior. O cilindro de 250 mm de diâmetro tem uma das extremidades vedada por cap, recebendo desta maneira o gás produzido, a outra extremidade emborcada no selo de água para armazenar o gás produzido (Figura 2).



**FIGURA 2.** Representação esquemática de gasômetros utilizados no experimento de biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro avícola.

Os gasômetros e biodigestores permaneceram em condições de temperatura ambiente, abrigados de luz solar e chuva dentro do laboratório (Figura 3 do apêndice).

Durante o ensaio de biodigestão anaeróbia, a influência dos diferentes tempos de retenção hidráulica (7, 14, 21 e 28 dias) e do uso ou não de peneiras para a separação da fração sólida, bem como a interação dos mesmos, foi avaliada por meio das produções e potenciais de produção de biogás e metano, segundo as quantidades de DQO adicionadas e reduzidas, além da caracterização dos afluentes peneirados ou não e dos biofertilizantes produzidos nas diferentes condições.

Os volumes de biogás produzidos diariamente foram determinados medindo-se o deslocamento vertical dos gasômetros, e multiplicando-se pela área da seção transversal interna dos mesmos. Após cada leitura os gasômetros foram zerados utilizando-se o registro de descarga do biogás. Foi efetuada a correção do volume para as condições de 1 atm e 20°C conforme metodologia proposta por Caetano (1985). Os potenciais de produção de biogás e metano foram calculados dividindo-se os valores de produção pelas quantidades de DQO adicionada e reduzida nos biodigestores.

A composição do biogás foi determinada através de cromatógrafo de fase gasosa Finigan GC-2001 equipado com as colunas Porapak Q e Peneira Molecular, e detector de condutividade térmica.

O cálculo da biodegradabilidade dos resíduos foi efetuado considerando-se as quantidades de SV (g) reduzidas durante o processo em relação às quantidades de SV (g) adicionadas aos biodigestores, conforme descrito por Ogejo & Li (2010). (eq.1).

$$Bo = \frac{SVred(g)}{SVad(g)} \text{ (eq.1).}$$

Para determinação dos teores de ST, as amostras de entrada e saída dos biodigestores foram acondicionadas em bandejas previamente taradas e pesadas para

obtenção do peso úmido (Pu) do material, posteriormente foram levadas à estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 105°C até atingirem peso constante, sendo à seguir resfriadas ao ar livre e novamente pesadas em balança com precisão de 0,01g, obtendo-se então o peso seco (Ps), conforme metodologia descrita pela APHA (2005).

Os teores de SV foram determinados conforme metodologia descrita pela APHA (2005), sendo que o material já seco em estufa resultante da determinação de ST, foi levado à mufla e mantido a uma temperatura de 575°C por um período de 2 horas, após queima inicial com a mufla parcialmente aberta e posterior resfriamento em dessecador, o material resultante foi pesado em balança analítica com precisão de 0,01g, obtendo-se o peso das cinzas ou matéria mineral, determinando-se por diferença a quantidade de SV amostral.

O número mais provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes foi avaliado no afluente e efluente dos biodigestores batelada de bancada, por meio da técnica de tubos múltiplos, segundo metodologia descrita pela APHA (2005). Este exame foi realizado em duas etapas (ensaio presuntivo e confirmativo). No ensaio presuntivo semeou-se 1 ml de 5 diluições da amostra (diluídas em água peptonada) em séries em 3 tubos de caldo lauril triptose simples para cada diluição. Os tubos foram incubados a 35°C, durante 48 horas. Quando houve produção de gás, cada cultura com resultado presuntivo positivo foi transferida para caldo lactosado com verde brilhante e bile e tubos contendo meio EC. Os tubos contendo bile foram incubados a 35°C, durante 48 horas, já os contendo EC foram incubados durante 24 horas a 44,5°C em banho-maria. Quando, novamente, ocorreu a produção de gás, desta vez a partir da fermentação da lactose, confirmou-se então a presença de bactérias do grupo coliforme totais (tubos contendo bile) e termotolerantes (tubos contendo meio EC).

Para determinação dos valores da demanda química de oxigênio (DQO) foi utilizado o método colorimétrico, empregando-se espectrofotômetro modelo DR/2000 da HACH e bloco digestor para DQO, segundo metodologia descrita em APHA (2005).

Semanalmente foram coletadas amostras das entradas e saídas dos biodigestores sendo estas armazenadas e posteriormente digeridas em digestor Digesdahl Hach, que promoveu a digestão total da matéria orgânica ao se utilizar ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) e peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) a 50%. Com o extrato obtido da digestão sulfúrica efetuou-se a determinação dos teores de N, P e K. O nitrogênio foi determinado conforme metodologia descrita por Silva (1981). Os teores de fósforo e potássio foram determinados pelo método colorimétrico, conforme citado por Malavolta (1989), utilizando-se espectrofotômetro.

Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial, com parcela subdividida no tempo. As parcelas foram compostas por 8 tratamentos: quatro TRH (7, 14, 21 e 28 dias), com e sem separação da fração sólida, sendo as subparcelas representadas por 4 períodos (semanas). Os resultados foram submetidos à análise de variância considerando-se como fontes de variação: o uso ou não de peneira, tempos de retenção hidráulica e períodos, e ainda, a interação dos mesmos, testados à 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2008).

Ao término dos diferentes períodos de retenção adotados os efluentes dos biodigestores semi-contínuos foram transferidos para os biodigestores modelo batelada, no intuito de verificar as produções de biogás remanescentes, principalmente nos biodigestores operados com os menores TRH. No entanto, como não foram verificadas produções de biogás nos biodigestores batelada, estes resultados não serão apresentados.

### **2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

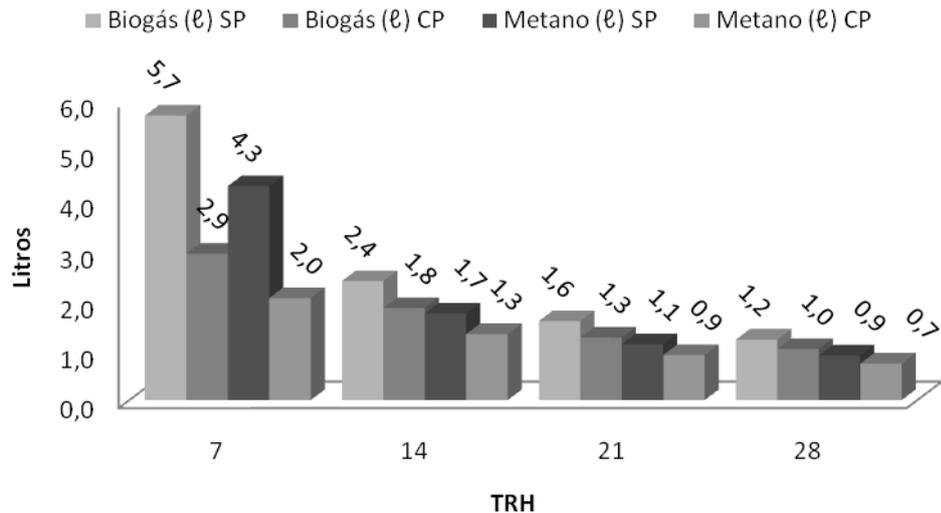
De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2 e Figura 3, que se referem às médias de produções semanais de biogás (ℓ) e metano (ℓ), verifica-se que houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) segundo os tempos de retenção hidráulica e a separação da fração sólida.

**TABELA 2.** Concentrações de metano (%), produções (ℓ) e potenciais de produções de biogás e metano ( $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  de DQO adicionada e reduzida) de efluente proveniente de abatedouro avícola com e sem separação de sólidos e em diferentes tempos de retenção hidráulica.

TRH	Média semanal de produção de biogás (ℓ)		Média semanal de produção de metano (ℓ)		Concentração de metano (%)		$\text{m}^3$ biogás. $\text{kg}^{-1}$ DQO adicionada		$\text{m}^3$ biogás. $\text{kg}^{-1}$ DQO reduzida		$\text{m}^3$ metano. $\text{kg}^{-1}$ DQO adicionada		$\text{m}^3$ metano. $\text{kg}^{-1}$ DQO reduzida	
	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP
	7	5,69Aa	2,93Ab	4,28Aa	2,04Ab	75,2Aa	69,6Ab	0,55Aa	0,31Ab	2,37Aa	1,19Ab	0,41Aa	0,21Ab	1,79Aa
14	2,38Ba	1,84Bb	1,73Ba	1,32Bb	72,4Aa	71,7Aa	0,24Ba	0,22Ba	1,26Ba	0,98Ab	0,17Ba	0,16Ba	0,91Ba	0,70Ab
21	1,58Ca	1,25Ca	1,12Ca	0,90Ca	70,5Aa	71,4Aa	0,15Ca	0,28Ba	0,94Ca	0,68Bb	0,10Ca	0,12Ca	0,66Ca	0,49Ba
28	1,21Ca	1,02Ca	0,89Ca	0,73Ca	73,8Aa	71,7Aa	0,12Ca	0,12Ca	0,81Ca	0,59Ba	0,08Ca	0,08Ca	0,61Ca	0,43Ba
CV%	11,5		15,6		4,19		14,5		15,1		16,5		16,9	

DQO: demanda química de oxigênio; SP: sem separação da fração sólida; CP: com separação da fração sólida; CV%: coeficiente de variação; TRH: tempo de retenção hidráulica. Na coluna, letras maiúsculas comparam resultados de acordo com os tempos de retenção hidráulica. Na linha, letras minúsculas comparam os resultados de acordo com a separação da fração sólida. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2 observa-se que as maiores produções semanais foram obtidas pelo tratamento sem separação da fração sólida e pelos menores TRH's (7 e 14 dias) sendo respectivamente representados por 5,69 e 2,38 ℓ de biogás e 4,28 e 1,73 ℓ de metano. A separação da fração sólida se mostrou menos eficiente nas produções de biogás e metano resultando em valores que representaram a metade daqueles encontrados no tratamento sem separação, que foram de 2,93 e 1,84 ℓ de biogás e 2,04 e 1,32 ℓ de metano nos tempos de retenção hidráulica de 7 e 14 dias respectivamente. Estes resultados corroboram as informações apresentadas por Luste & Luostarinen (2010), afirmando que a utilização de peneiras como métodos de pré-tratamento renderia menor quantidade de biogás uma vez que seria retirada uma fração altamente degradável. Desta forma, verifica-se que o comportamento dos resultados obtidos expressa que o emprego de peneira no preparo dos substratos reduziu as produções de biogás e metano, em comparação com os resultados obtidos quando a água residuária na forma integral foi adicionada aos biodigestores, evidenciando os elevados conteúdos de matéria orgânica da fração sólida deste resíduo, bem como os seus altos conteúdos de nitrogênio (Tabela 3), especialmente os oriundos de tecido animal e sangue, o que indica facilidade de degradação quando submetidos ao processo de biodigestão anaeróbia, resultando assim em maiores produções de biogás e metano.



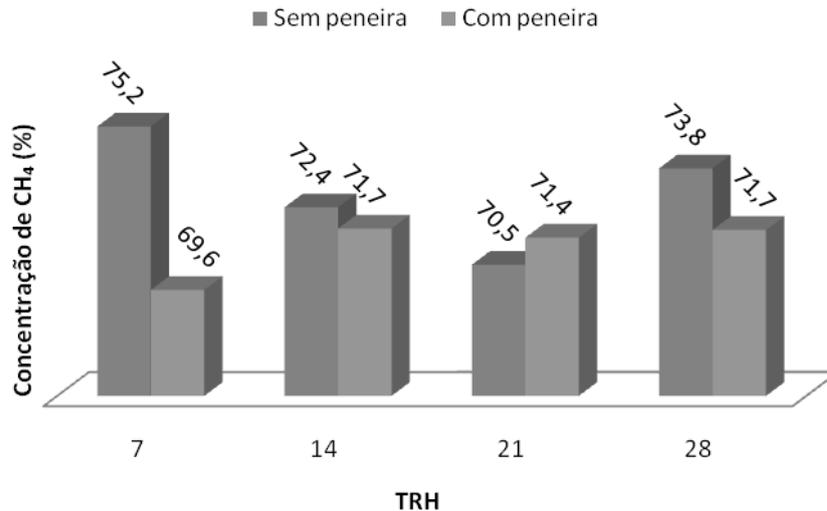
**FIGURA 3.** Médias semanais (litros) de biogás e metano produzidos em biodigestores semi-contínuos abastecidos com efluente de abatedouro avícola manejados em diferentes TRH (7, 14, 21 e 28 dias) com (CP) ou sem (SP) separação da fração sólida.

Outro parâmetro que reforça a hipótese mencionada é a concentração de metano presente no biogás (Tabela 2 e Figura 4), sendo os maiores valores encontrados pelo tratamento sem separação da fração sólida, podendo assim representar uma maior quantidade de material passível a ação dos microrganismos. Valores semelhantes relacionados a concentração de metano presente no biogás ( $70 \pm 5\%$ ) foram encontrados por Ogejo & Li (2010) trabalhando com efluente de abatedouro de perus (na concentração de 0,25% de ST, TRH de 5 dias e sem separação da fração sólida), o que provavelmente se deve a semelhança nas condições experimentais.

**TABELA 3.** Quantidades de ST, SV, N, P, K, DQO (mg/ ℓ) e pH no afluente e efluente de abatedouro avícola e respectivas reduções, bem como a Bo. (g SVad.g<sup>-1</sup>SVred) em biodigestores semi-contínuos manejados em diferentes TRH (7, 14, 21 e 28 dias).

Parâmetros	Afluente		Efluente								CV (%)	
			TRH 7		TRH 14		TRH 21		TRH 28			
	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP		
ST (mg/ ℓ)	1740a	1300b	640Aa	540Ab	580Aa	500Aa	580Aa	580Aa	580Aa	580Aa	580Aa	9,7
SV (mg/ ℓ)	1540a	1200b	560Aa	520Aa	560Aa	480Aa	500Aa	480Aa	440Aa	440Aa	440Aa	15,10
pH	6,55a	6,68a	6,96Aa	7,09Aa	6,99Aa	7,06Aa	7,10Aa	7,13Aa	7,13Aa	7,22Aa	7,22Aa	2,59
DQO (mg O <sub>2</sub> / ℓ)	1831,0a	1281,0b	313,0Aa	419,6Ab	304,6Aa	300,3Ba	299,6Aa	263,6Ba	208,6Aa	217,0Ba	217,0Ba	13,98
N (mg/ ℓ)	164,5a	150,5a	136,5Aa	136,5Aa	154,0Aa	143,5Aa	168,0Aa	161,0Aa	171,5Aa	189,0Aa	189,0Aa	14,69
P (mg/ ℓ)	19,14a	20,84a	4,94Aa	3,68Aa	3,16Aa	4,54Aa	3,31Aa	3,98Aa	3,90Aa	3,91Aa	3,91Aa	22,3
K (mg/ ℓ)	8,36a	8,36a	7,74Aa	6,5Aa	6,5Aa	7,12Aa	7,12Aa	8,36Aa	8,36Aa	7,12Aa	7,12Aa	21,09
Bo. (g SVad.g <sup>-1</sup> SVred)	-	-	0,62Aa	0,58Aa	0,65Aa	0,60Aa	0,66Aa	0,60Aa	0,70Aa	0,60Aa	0,60Aa	7,7
	Redução (%)											
ST	-	-	63,58Aa	57,97Ab	64,99Aa	60,88Ab	64,86Aa	53,84Bb	65,28Aa	53,51Bb	53,51Bb	5,14
SV	-	-	63,00Aa	58,46Aa	64,93Aa	60,11Aa	66,76Aa	60,78Aa	70,44Aa	61,51Ab	61,51Ab	7,78
DQO	-	-	84,8Aa	69,4Bb	83,3Aa	78,4Ba	83,3Aa	73,5Aa	85,9Aa	82,4Aa	82,4Aa	5,95
N	-	-	17,1Aa	16,7Aa	13,0Aa	16,7Aa	13,0Aa	12,5Aa	8,7Aa	12,5Aa	12,5Aa	16,76
P	-	-	73,33Aa	90,2Aa	78,23Aa	81,2Aa	81,7Aa	86,6Aa	72,9Aa	88,2Aa	88,2Aa	10,70
K	-	-	27,6Aa	21,6Ba	21,8Aa	24,2Ba	14,9Ba	22,1Ba	13,8Bb	48,5Aa	48,5Aa	14,82

ST: sólidos totais; SV: sólidos voláteis; DQO: demanda química de oxigênio; SP: sem separação da fração sólida; CP: com separação da fração sólida; CV%: coeficiente de variação; TRH: tempo de retenção hidráulica; Bo.: biodegradabilidade. Letras maiúsculas comparam resultados de acordo com os tempos de retenção hidráulica e letras minúsculas comparam os resultados de acordo com a separação da fração sólida. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

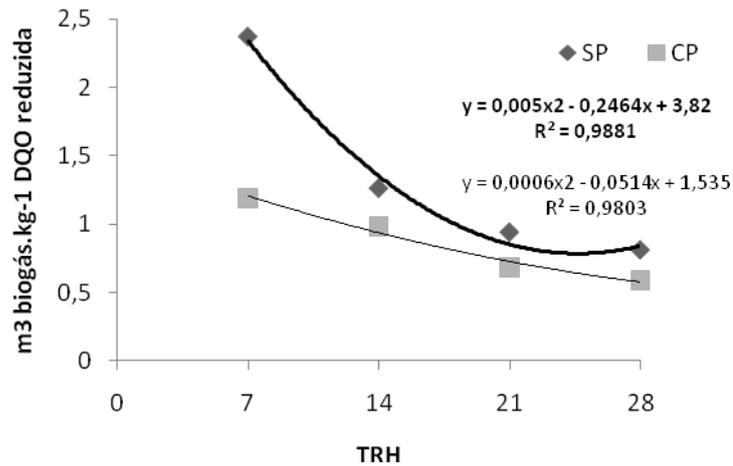


**FIGURA 4.** Porcentagem de metano ( $\text{CH}_4$ ) contido no biogás produzido em biodigestores semi-contínuos abastecidos com efluente de abatedouro avícola manejados em diferentes TRH (7, 14, 21 e 28 dias) com ou sem separação da fração sólida.

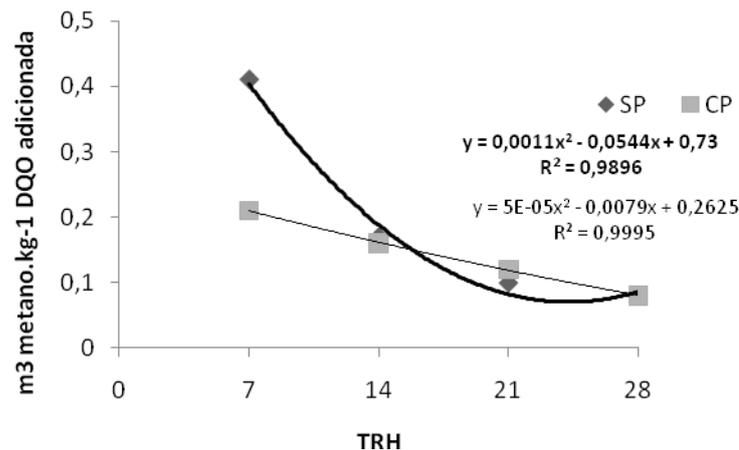
Com relação às quantidades de biogás produzidas por cada quilograma de DQO adicionada ou reduzida (Tabela 2) durante o processo observou-se diferenças significativas, sendo que os substratos submetidos aos menores tempos de retenção hidráulica (7 e 14 dias) foram os que alcançaram os maiores rendimentos ( $0,55$  e  $0,24 \text{ m}^3 \text{ biogás.kg}^{-1}$  DQO adicionada e  $2,27$  e  $1,26 \text{ m}^3 \text{ biogás.kg}^{-1}$  DQO reduzida, respectivamente) para o tratamento sem separação da fração sólida. No tratamento com separação da fração sólida os maiores rendimentos também ocorreram nos menores TRH's (7 e 14 dias) sendo  $0,31$  e  $0,22 \text{ m}^3 \text{ biogás.kg}^{-1}$  DQO adicionada e  $1,19$  e  $0,98 \text{ m}^3 \text{ biogás.kg}^{-1}$  DQO reduzida, respectivamente. Quando comparado a produção entre os parâmetros de separação por peneira, verificou-se que os maiores rendimentos foram alcançados pelo tratamento sem separação da fração sólida no TRH de 7 dias para DQO adicionada e nos tempos de 7 e 14 dias considerando-se a quantidade de DQO reduzida. Estes resultados só reforçam a hipótese já mencionada sobre a maior qualidade do efluente sem o emprego de peneira, quando submetido à biodigestão anaeróbia.

Analisando a produção de metano por quilograma de DQO adicionada e reduzida verificou-se tendência semelhante à encontrada anteriormente, sendo a maior produção alcançada pelo tratamento sem separação da fração sólida e TRH de 7 dias ( $0,41 \text{ m}^3 \text{ metano.kg}^{-1}$  DQO adicionada e  $1,79 \text{ m}^3 \text{ metano.kg}^{-1}$  DQO reduzida). As estimativas médias previstas pelo CCE (Centro para a Conservação de Energia), citadas por Brondani (2010) para o dimensionamento de propostas destinadas ao comércio de carbono mencionam uma produção de  $0,35 \text{ m}^3$  de metano para cada 1 kg de DQO adicionada ao biodigestor. Esta quantidade prevista pela CCE é reconhecida em todo o mundo e refere-se a um potencial de produção de metano que garante lucro para a unidade produtora. Com base nesta estimativa e observando os resultados ilustrados graficamente na Figura 5, seria possível a recomendação da biodigestão anaeróbia para reciclagem do efluente gerado em abatedouro avícola, sobretudo se manejado por tempos de retenção de 7 dias e sem o emprego de peneiras para separação de pequenas frações sólidas na entrada do biodigestor.

Observa-se que há uma maior produção de metano nos menores tempos de retenção do material dentro do biodigestor e que independentemente da separação da fração sólida, ocorreu um declínio com o aumento do tempo de digestão, onde o efluente de abatedouro avícola apresentou potenciais de geração de metano inferiores.



**FIGURA 5.** Potencial de produção de metano ( $m^3.kg^{-1}$  DQO adicionada) em biodigestores semi-contínuos abastecidos com efluente de abatedouro avícola manejados em diferentes TRH (7, 14, 21 e 28 dias) com ou sem separação da fração sólida.



**FIGURA 6.** Potencial de produção de metano ( $m^3.kg^{-1}$  DQO reduzida) em biodigestores semi-contínuos abastecidos com efluente de abatedouro avícola manejados em diferentes TRH (7, 14, 21 e 28 dias) com ou sem separação da fração sólida.

O emprego do efluente de abatedouro avícola como substrato na sua forma íntegra resultou em declínio e posterior aumento do potencial de produção de metano a partir da DQO adicionada ou reduzida (Figura 5 e 6), sendo que estes valores podem ser atribuídos a grande heterogeneidade do material, pois se sabe que há uma significativa

quantidade de componentes de rápida degradação (tecidos musculares) no substrato inicial como já abordado anteriormente, bem como uma elevada quantidade de ácidos graxos de cadeia longa que podem resultar da digestão destes constituintes e assim causar uma desaceleração da produção de biogás e conseqüentemente de metano (Chen et al., 2008 e Salminen e Rintala, 2002). Uma vez caracterizada esta situação, a retomada da normalidade na produção é alcançada após um período de adaptação dos microorganismos presentes no interior do biodigestor porém não é atingida a máxima produção, como pôde-se observar, sendo alcançados valores equivalentes a metade, ou menos, da expectativa de 0,35 m<sup>3</sup> de metano para cada 1 kg de DQO adicionada ao biodigestor, indicando assim que a biodigestão anaeróbia para este resíduo será uma forma viável de reciclagem se manejada em 7 dias de TRH, no entanto, em todas as condições de TRH acima de 7 dias representará um importante método de tratamento, embora gerem uma quantidade inferior de metano.

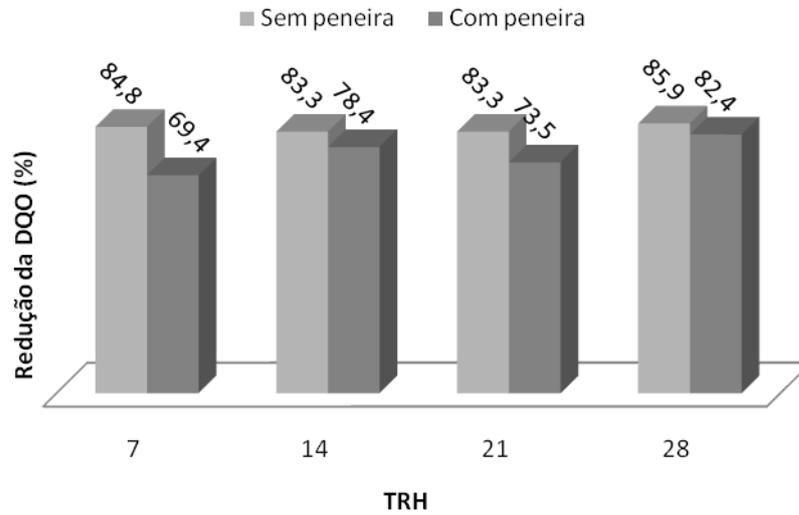
Em estudo realizado sob condições de clima tropical e adotando-se tratamentos experimentais semelhantes aos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho, Orrico Jr. (2007) obteve como potencial máximo de produção de metano por kg de DQO adicionado ao biodigestor o valor de 0,144 m<sup>3</sup>, na condição de 15 dias de TRH e utilizando água residuária de suinocultura sem separação da fração sólida. No desenvolvimento do referido trabalho o autor avaliou tempos de retenção de 15, 22, 29 e 36 dias para a água residuária de suinocultura, utilizando o peneiramento ou não da fração sólida antes da entrada do material em biodigestores de abastecimento diário. Conforme relatado, as condições experimentais do autor se assemelharam às adotadas neste trabalho, sendo que apesar das divergências existentes entre os resíduos de ambos os experimentos, o comportamento dos resultados foi bastante semelhante, ou seja, o autor verificou que os potenciais de produção de biogás e metano foram maiores

conforme se reduziu o TRH do material e não se empregou a peneira para retirada da fração mais grosseira.

O efluente de abatedouro avícola como já relatado por Luste & Luostarinen (2010) contém uma fração grosseira caracterizada por pequenos pedaços de restos cárneos e sangue, principalmente, e que representou a maioria do material retido na peneira, ou seja, que foi retirado antes de ser adicionado aos biodigestores. Como este material retido na peneira representa uma fração de constituintes de fácil digestão, mesmo nos tempos de retenção menores (7 e 14 dias), provavelmente sua retirada no peneiramento representou a menor entrada de frações que quando submetidas à biodigestão anaeróbia poderiam ser convertidas em biogás. É importante considerar ainda o maior potencial de produção de metano observado com a biodigestão do efluente de abatedouro quando comparado ao dejetos de suíno, que é considerado como um dos de maior potencial para a geração de biogás e conseqüentemente metano.

O tratamento do material submetido à biodigestão pode ser visualizado, mesmo nos menores tempos de retenção, observando-se as reduções e valores finais da DQO (Tabela 3 e Figura 7) nos efluentes obtidos aos 7, 14, 21 e 28 dias de retenção, com e sem o emprego de peneira.

Os resultados apresentados na Tabela 3 refletem que a DQO observada no biofertilizante (valor máximo de 419 mg O<sub>2</sub>/litro) mesmo que reduzida em grande quantidade ainda não se enquadra como sendo um valor seguro (CONAMA, 2005) para o uso deste fertilizante em vegetais de consumo direto, como as hortaliças, que é em torno de 6 mg O<sub>2</sub>/litro. Ainda, as elevadas reduções dos conteúdos de DQO reforçam a recomendação de que o efluente de abatedouro avícola permaneça em biodigestão anaeróbia por no mínimo 7 dias, garantindo assim a redução de carga orgânica no biofertilizante, além de rendimentos elevados de metano.



**FIGURA 7.** Redução (%) da demanda química de oxigênio (DQO) em biodigestores semi-contínuos abastecidos com efluente de abatedouro avícola manejados em diferentes TRH (7, 14, 21 e 28 dias) com ou sem separação da fração sólida.

**TABELA 4.** Números mais prováveis (NMP/ml) de coliformes totais e termotolerantes no afluente e efluente de biodigestores semi-contínuos manejados em diferentes TRH (7, 14, 21 e 28 dias) abastecidos com água residuária de abatedouro avícola e respectivas reduções.

Coliformes	Afluente		Efluente							
			TRH 7		TRH 14		TRH 21		TRH 28	
	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP
Totais	2,40E+10	2,40E+09	4,30E+03	2,30E+03	3,60E+02	3,60E+02	0	0	0	0
Termotolerantes	7,70E+09	7,70E+07	3,60E+02	0	0	0	0	0	0	0
Reduções (%)										
Coliformes totais			99,99	99,99	100	99,99	100	100	100	100
Coliformes termotolerantes			100	100	100	100	100	100	100	100

SP: sem separação da fração sólida; CP: com separação da fração sólida; TRH: tempo de retenção hidráulica.

Os resultados apresentados na Tabela 3, sobre as reduções de ST e SV (%) demonstraram que as maiores diminuições ocorreram nos maiores tempos de retenção e foram decrescendo de acordo com a diminuição do TRH. Ainda ficou evidenciado que a separação da fração sólida diminuiu a taxa de degradação do efluente. Essa maior redução no tratamento sem separação da fração sólida pode estar associada à maior quantidade de nutrientes disponíveis nesta.

A biodegradabilidade do resíduo não sofreu influência com relação aos tempos de retenção hidráulica e separação da fração sólida, sendo o maior valor expresso ( $0,70 \text{ g. SVad.g}^{-1}\text{SVred}$ ) semelhante ao encontrado por Ogejo & Li (2010) ( $0,81 \text{ g. SVad.g}^{-1}\text{SVred}$ ). Estes valores representam a capacidade deste efluente em ser degradado e consequentemente apresentar rendimento de biogás, o que caracteriza a eficiência do processo mesmo nos menores tempos de retenção hidráulica.

Seria esperado que ocorresse uma elevação nos teores de N, P e K (Tabela 3) nos biofertilizantes obtidos, em comparação com os presentes no material de abastecimento dos biodigestores, pois resíduos em geral, quando submetidos à biodigestão anaeróbia perdem principalmente carbono na forma de  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ , ocasionando assim a concentração dos demais nutrientes. Porém foi observado comportamento contrário a este, onde houve uma redução representativa destas concentrações. Esta redução pode estar associada principalmente pela remoção físico-química através da precipitação destes compostos. Resultados semelhantes a estes foram obtidos por Vivan et al. (2010) trabalhando com efluente de suinocultura em biodigestores e lagoas de estabilização, onde houve uma remoção de 98,6% da concentração de fósforo e 89,8% da concentração de nitrogênio total, atribuída principalmente a precipitação do primeiro e volatilização de N.

Os valores de pH médio nos biodigestores variaram entre 6,9 e 7,2 não havendo interação entre TRH e separação da fração sólida. A faixa aceita como ideal está em torno de 6,5 a 8,5 (Speece, 1996; citado por Ogejo & Li, 2010), sendo que os valores registrados neste trabalho se enquadraram dentro do intervalo recomendado, o que provavelmente não foi fator de interferência sobre as condições de desenvolvimento da biodigestão anaeróbia.

Os números mais prováveis de coliformes totais e termotolerantes nos biofertilizantes, quando analisados juntamente com as demandas químicas de oxigênio apresentadas nas diferentes condições de digestão do efluente de abatedouro avícola, traduzem a eficiência da biodigestão no tratamento do material, além do benefício da geração de biogás, em especial o metano.

Verificaram-se índices de redução nos números de coliformes totais e termotolerantes acima de 99,9%, demonstrando a eficiência do processo de biodigestão anaeróbia na remoção de microrganismos indicadores de poluição fecal. Neste sentido o tempo de retenção dos substratos no interior dos biodigestores favoreceu as elevadas reduções observadas, sendo que os números de coliformes contidos nos biofertilizantes não ultrapassaram os limites recomendados para os rios de classe 2, destinados à aquicultura ou à recreação de contato primário, (CONAMA, 2005), preconizados em no máximo 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mL de efluente, podendo estes serem empregados na irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

## **2.4. CONCLUSÃO**

Conclui-se que a separação da fração sólida implicou em produções e potenciais de produção de biogás e metano inferiores, para os TRH de 7 e 14 dias, em comparação com a biodigestão da água residuária na forma íntegra. Desta forma, o emprego de peneira para separação da fração sólida não seria recomendado para abastecimento de biodigestores que terão como tempo de retenção até 14 dias.

## 2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: American Water Works Association, 2005. 1368p.
- BEUX, S. **Avaliação do tratamento de efluente de abatedouro em digestores anaeróbios de duas fases**. 2005. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2005.
- BRONDANI, J. C.. **Biodigestores e biogás: balanço energético, possibilidades de utilização e mitigação do efeito estufa**. 2010. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de produção). Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande Sul, 2010.
- CAEEB – Companhia Auxiliar de Empresas Elétricas Brasileiras. **O biogás e sua tecnologia**. Rio de Janeiro, 1981. (Série Estudos e Pesquisas, 2).
- CAETANO, L. **Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás**. 1985. 75f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1985.
- CHEN, Y.; CHENG, J. J.; CREAMER, K. S.. Inhibition of anaerobic digestion process: A review. **Bioresource Technology** 99 (2008) 4044–4064
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: < [www.mma.gov.br/port/conama](http://www.mma.gov.br/port/conama) >. Acessado em: 14/01/10.
- FERREIRA, D. F.. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium** (Lavras), v. 6, p. 36-41, 2008.
- FORESTI, E.; FLORÊNCIO, L.; VAN HAANDEL, A.; ZAIAT, M.; CAVALCANTI, P. F. F. Fundamentos do tratamento anaeróbio. In: CAMPOS, J. R. (Coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. Cap. 2, p. 29-52.
- JEONGSIK, K.; CHULHWAN, P.; TAK-HYUN, K; MYUNGGU, L.; SANGYONG, K.; EUNG-WOOK, K.; JINWON, L.. Effects of Various Pretreatments for Enhanced Anaerobic Digestion with Waste Activated Sludge. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 95, No.3, p.271 – 275, 2003.
- JOHNS, M. R.. Developments in wastewater treatment in the meat processing industry: a review. **Bioresource Technology**, v. 54, p. 203-216, 1995.
- KOBYA, M.; SENTURK, E.; BAYRAMOGLU, M.. Treatment of poultry slaughterhouse wastewaters by electrocoagulation. **Journal of Hazardous Materials** B133 (2006) 172–176.
- LIANHUA, L.; DONG, L.; YONGMING, S.; LONGLONG, M.; ZHENHONG, Y.; XIAOYING. Effect of temperature and solid concentration on anaerobic digestion

- of rice straw in South China. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.35, p. 7261-7266, 2010.
- LUSTE, S.; LUOSTARINEN.. Anaerobic co-digestion of meat-processing by-products and sewage sludge - Effect of hygienization and organic loading rate. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 2657 – 2664, 2010.
- MALAVOLTA, E. et al. Micronutrientes, uma visão geral. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M. C. **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba: POTAFOS / CNPq, 1989. p. 1-33.
- MOSEY, F. E. Mathematical modeling of the anaerobic process: regulatory mechanisms for the formation of short-chain volatile acids from glucose. **Water Science Technology**, v. 15, p. 209-32, 1983.
- NGES, I. A. & LIU, J.. Effects of solid retention time on anaerobic digestion of dewatered-sewage sludge in mesophilic and thermophilic conditions. **Renewable Energy**, v. 35, p. 2200 – 2206, 2010.
- NOVAES, R. F. V. Microbiology of anaerobic digestion. **Water Science and Technology**, v. 18, n. 12, p. 1-14, 1986.
- OGEJO, J. A.; LI, L.. Enhancing biomethane production from flush dairy manure with turkey processing wastewater. **Applied Energy**, 2010. Article in press.
- ORRICO JR. M. A. P.. **Biodigestão anaeróbia e compostagem de dejetos de suínos, com e sem separação de sólidos**. 2007. 77p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, 2007.
- PARIS, A. G. e SEO, E. S. M.. Mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL): percepção de um segmento de empresas brasileiras. **Revista Gerenciais**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 155-163, 2007.
- SALMINEN, E. e RINTALA, J.. Semi-continuous anaerobic digestion of solid poultry slaughterhouse waste: effect of hydraulic retention time and loading. **Water Research**, v. 36, p. 3157-3182, 2002.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Editora Universitária, 1981. 166p.
- SILVA, H. L. B. **Uso de membranas microporosas no tratamento de efluentes de um frigorífico de abate de aves**. 2005. 66f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- SPEECE, R. E. **Anaerobic biotechnology for industrial wastewaters**. Tennessee: Vanderbilt University, 1996. 394 p.
- TOERIEN, D. F.; HATTINGH, W. H. J. Anaerobic digestion I. the microbiology of anaerobic digestion. **Water Research**, v. 3, p. 385-416, 1969.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA - UBA. **Relatório Anual 2009**. Brasília, DF, 2008. 84p. Disponível em: <<http://www.uba.org.br/>>. Acessado em: 13/04/10.

VALLADÃO, A. B. G.; FREIRE, D. M. G.; CAMMAROTA, M. C.. Enzymatic pre-hydrolysis applied to the anaerobic treatment of effluents from poultry slaughterhouses. International **Biodeterioration & Biodegradation** v. 60, p. 219–225, 2007.

VIVAN, M.; KUNZ, A.; STOLBERG, J.; PERDOMO, C.; TECHIO, V. H.. Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.** v.14, n.3. Campina Grande, Mar., 2010.

## CAPITULO 3 - COMPOSTAGEM DE RESÍDUO SÓLIDO DE ABATEDOURO AVÍCOLA

Natália da Silva Sunada<sup>1</sup>, Ana Carolina Amorim Orrico<sup>2</sup>

**RESUMO:** Devido à grande demanda por proteína de origem animal tem-se aumentado a produção de frangos e conseqüentemente de resíduos, sendo necessário o desenvolvimento de sistemas de tratamento. Estudos voltados para o desenvolvimento sustentável tornam-se cada vez mais importantes para a preservação ambiental e expansão da produção comercial. Objetivou-se com a execução deste trabalho avaliar a eficiência da compostagem no tratamento e reciclagem do resíduo sólido de abatedouro avícola. Foram monitorados os seguintes parâmetros: temperatura, teores de sólidos totais (ST), voláteis (SV), carbono orgânico (C), matéria orgânica compostável (MOC), matéria orgânica resistente a compostagem (MORC), demanda química de oxigênio (DQO), massa e volume enleirados, número mais provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes, bem como suas reduções durante o processo. Com relação aos resultados obtidos, a temperatura máxima atingida, considerando a média semanal, foi de 53,3 °C, as reduções de massa de ST e SV e volume durante o processo de pré-compostagem foram de 36,1; 44,3 e 23,3%, respectivamente, já durante o processo de compostagem foram de 21,8; 23,8 e 4,4%. A baixa redução de volume pode estar associada à alta concentração de MORC (40,1%) que pode ser principalmente relacionada a qualidade do material compostado (casca de arroz). O processo como um todo demonstrou ser eficiente para o tratamento de resíduos de abatedouro avícola, segundo as reduções totais de ST, SV e DQO, bem como o volume, sendo, respectivamente, 50,1; 57,5; 26,7 e 8,3%. Conclui-se com a execução deste trabalho que a compostagem é um método eficiente para o tratamento da fração sólida do abate de aves, quando avaliados a redução de sólidos e volume, devido principalmente as altas temperaturas alcançadas pela pilha.

**Palavras - chave:** leiras, reciclagem de nutrientes, sólidos totais, sólidos voláteis

---

<sup>1</sup> Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD. Email: natysunada@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD.

## **Solid waste composting poultry slaughterhouse**

**ABSTRACT:** The search for alternatives forms for treating residues from broiler crop is going developing since that, with the great demand for animal protein, the broiler production was increased and, consequently the residues. Studies about sustainable development have becoming more important for environment preservation and expansion of commercial production. This work has as aim to evaluate the efficiency of composting on treatment and recycling of solid residue of broiler slaughterhouse. The following parameters were monitored: temperature, total (TS) and volatile (VS) solid contents, organic carbon (C), compostable organic matter (COM), organic matter that is resistant to composting (OMRC), chemical demand of oxygen (CDO), pile mass and volume, most probably number (MPN) of total and thermotolerant coliforms, as well their reductions during the process. Regarding to obtained results, maximum reached temperature, considering weekly average, was 53,3 °C, reductions of TS and VS mass and volume during pre-composting process were 36,1; 44,3 and 23,3 %, respectively, but during composting process were 21,8; 23,8 and 4,4%. The small reduction of volume can be associated to high concentration of OMRC (40,1%) which can be related mainly to the quality of composting matter (rice husk). Considering all process, it showed be efficient for treatment of broiler slaughterhouse residues, according to total reductions of TS, VS and CDO, as well the volume, which were, respectively, 50,1; 57,5; 26,7 and 8,3%. It was concluded with this work that composting is an efficient method for treating solid fraction of broiler slaughter when solid and volume reductions were evaluated, due mainly to the high temperatures that were reached by pile.

**Key - words:** piles, nutrient recycling, total solids, volatile solids

### 3.1. INTRODUÇÃO

Segundo a União Brasileira de Avicultura (UBA, 2009) foram produzidos 71,7 milhões de toneladas de carne de aves no mundo, sendo que o Brasil encerrou o ano de 2009 como o 3º maior produtor de frangos. Em contrapartida ao elevado desenvolvimento do setor avícola, houve aumento na produção de efluentes gerados pelo processamento de frangos de corte. Estes efluentes apresentam alto poder poluente em decorrência da grande quantidade de matéria orgânica biodegradável, suspensa e coloidal tais como gorduras, proteínas e materiais do trato gastrintestinal, além de microrganismos patogênicos (Koby et al., 2006; Luste & Luostarinen, 2010).

Pelo alto poder poluente já citado e pela implantação de normativas que visam o desenvolvimento limpo e sustentável das indústrias, são exigidos tratamentos que reduzam a agressão ambiental acarretada por estes efluentes quando lançados sem o prévio tratamento ao meio ambiente.

O emprego de formas biológicas de tratamento tais como processos aeróbios e anaeróbios são amplamente recomendados para estes resíduos, porém pela composição enriquecida do efluente por gorduras, proteínas e conteúdo parcialmente digeridos do trato gastrintestinal de difícil degradação, poderá tornar o processo anaeróbio inviável (Luste & Luostarinen, 2010).

Uma forma de se tratar esse resíduo seria a separação da fração sólida, constituída principalmente de vísceras e conteúdos do tratado gastrintestinal que dificultariam o processo anaeróbio, através de peneiras. Porém após essa separação este material retido na ainda é altamente poluente, tendo-se que se proceder ao tratamento do mesmo. A compostagem se mostra um método eficiente uma vez que corresponde a decomposição aeróbia destes resíduos (Johns, 1995; Salminen & Rintala, 2002). O processo ocorre por meio da estabilização da matéria orgânica em condições de altas temperaturas, obtendo-

se um produto final estável, sanitizado, rico em compostos húmicos e cuja utilização no solo não oferece riscos ao meio ambiente.

Desta forma, objetivou-se com a execução deste trabalho avaliar o processo de compostagem como uma alternativa no tratamento e reciclagem da fração sólida contida em água residuária de abatedouro de aves por meio das reduções de ST, SV, número mais provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes, massa, volume, matéria orgânica compostável (MOC), matéria orgânica resistente a compostagem (MORC) e demanda química de oxigênio (DQO), além da caracterização química do composto (C, N, P e K).

### **3.2. MATERIAL E MÉTODOS**

Para a coleta do resíduo sólido adotou-se a retirada do material logo após a evisceração das aves, visto que se necessitava de uma quantia elevada de material para a formação das leiras e seria excessivamente dificultoso obter esta fração sob condições normais de operacionalidade de abatedouros avícolas comerciais, em função da elevada quantidade de água e a reduzida presença de fração sólida. Desta forma optou-se pela retirada do material retido por meio de gradeamento em abatedouro avícola comercial, sendo este constituído principalmente do trato gastrintestinal e seu conteúdo, além de partes de carcaças. Após a coleta, o material foi acondicionado em vasilhames plásticos de 50 litros e transportado para o pátio de compostagem da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados.

### **3.2.1. Período de pré-compostagem**

O período de pré-compostagem compreende a fase que antecede à compostagem propriamente dita, e é necessário para que ocorra uma decomposição prévia do material, restando apenas as partes de difícil degradação, facilitando, assim, o manejo do material, proporcionando melhor uniformidade e evitando a sua exposição ao meio ambiente e a predadores (Orrico Jr. et al., 2010).

Essa fase teve a duração de 60 dias e foi realizada em uma composteira de alvenaria, piso de concreto e cobertura de telha amianto para evitar a entrada de água da chuva.

A disposição dos resíduos na composteira foi feita em camadas alternadas de casca de arroz e resíduo sólido do abate, de forma que a primeira e a última camada fossem obrigatoriamente de casca de arroz.

Foram utilizados, 161 kg de matéria seca de casca de arroz e 289 kg de matéria seca de resíduo sólido, respeitando-se a relação de três partes do volume em material absorvente para cada parte de resíduo sólido, e adequando à umidade entre 40 a 60% (Kiehl, 1985).

### **3.2.2. Período de compostagem**

Encerrado o período de pré-compostagem, a composteira foi aberta, a massa revolvida e homogeneizada, e o material resultante transferido para o pátio de compostagem, para a confecção de leira com dimensão de 2,3 m de comprimento, 1,2 m de largura e 1,0 m de altura.

O pátio de compostagem apresentava piso de concreto com 2% de declividade para o escoamento do excesso de água e cobertura de telha de amianto, para evitar a entrada de água da chuva e incidência solar direta.

A duração desta fase foi de 87 dias, período necessário para que o composto apresentasse temperatura no interior da leira semelhante à medida no ambiente e relação C:N próxima de 10:1, o que indica maturação do composto (Tabela 2). Diariamente, efetuou-se o monitoramento da temperatura (°C) por termômetro digital introduzido totalmente na leira e, semanalmente, realizou-se a pesagem e mensuração de volume, conforme pode ser visualizado nas Figuras 1 e 2 do apêndice. Nessa ocasião, foi feita a aeração por revolvimento manual e adequado o teor de umidade por meio da irrigação da leira, além de coletadas amostras para quantificação dos teores de sólidos totais e sólidos voláteis, bem como dos teores de carbono, nitrogênio, fósforo, potássio e NMP de coliformes totais e termotolerantes no início e final do processo.

Para determinação dos teores de ST as amostras obtidas durante o processo de compostagem foram acondicionadas em bandejas previamente taradas e pesadas para obtenção do peso úmido (Pu) do material, posteriormente foram levadas à estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 105°C até atingirem peso constante, sendo à seguir resfriadas ao ar livre e novamente pesadas em balança com precisão de 0,01g, obtendo-se então o peso seco (Ps), conforme metodologia descrita pela APHA (2005).

Os teores de SV foram obtidos segundo metodologia descrita por APHA (2005), sendo que para esta determinação o material já seco em estufa, resultante da análise de ST, foi levado à mufla e mantido a uma temperatura de 575°C por um período de 2 horas, após queima inicial com a mufla parcialmente aberta e posterior resfriamento em dessecador, o material resultante foi pesado em balança analítica com precisão de 0,01g,

obtendo-se o peso da matéria mineral sendo o valor de SV calculado pela diferença do mesmo.

A partir das amostras previamente secas e moídas foram quantificados os teores de carbono, cuja análise fundamenta-se no fato da matéria orgânica oxidável ser atacada pela mistura sulfocrômica, utilizando-se o próprio calor formado pela reação do dicromato de potássio com o ácido sulfúrico como fonte calorífica. O excesso de agente oxidante, que resta deste ataque, é determinado por titulação com sulfato ferroso. O método oferece a vantagem de não oxidar a fração de matéria orgânica não decomponível durante o processo de compostagem Kiehl (1985). Os conteúdos de matéria orgânica compostável (MOC), matéria orgânica resistente a compostagem (MORC) e demanda química de oxigênio (DQO) foram estimados conforme proposto por Kiehl (1985).

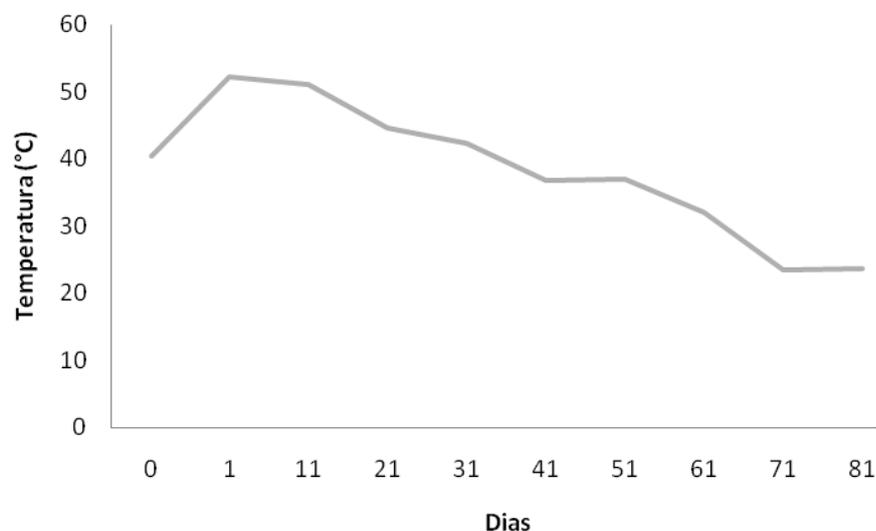
Para a quantificação dos minerais as amostras previamente secas e moídas sofreram digestão sulfúrica da matéria orgânica. Com o extrato obtido foi determinado os teores de N, conforme metodologia descrita por Silva (1981). Os teores de P foram determinados a partir de amostras previamente secas e moídas sob digestão nitroperclórica, conforme metodologia descrita por Malavolta (1989) e as concentrações de K foram determinadas em espectrofotômetro de absorção atômica.

Os números mais prováveis (NMP) de coliformes totais e termotolerantes foram avaliados nas amostras coletadas no início e final do período de compostagem, por meio da técnica de tubos múltiplos, a partir de metodologia descrita pela APHA (2005). Este exame foi realizado em duas etapas (ensaio presuntivo e confirmativo). No ensaio presuntivo semeou-se 1 ml de 5 diluições da amostra (diluídas em água peptonada) em séries em 3 tubos de caldo lauril triptose simples para cada diluição. Os tubos foram incubados a 35°C, durante 48 horas. Quando houve produção de gás, cada cultura com

resultado presuntivo positivo foi transferida para caldo lactosado com verde brilhante e bile e tubos contendo meio EC. Os tubos contendo bile foram incubados a 35°C, durante 48 horas, já os contendo EC foram incubados durante 24 horas a 44,5°C em banho-maria. Quando, novamente, ocorreu a produção de gás, desta vez a partir da fermentação da lactose, confirmou-se então a presença de bactérias do grupo coliforme totais (tubos contendo bile) e termotolerantes (tubos contendo meio EC).

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 representa graficamente os resultados que se referem às temperaturas (°C) observadas durante a compostagem da leira formada por resíduo sólido do abate de aves e casca de arroz.



**FIGURA 1.** Temperaturas médias semanais (°C) do período de compostagem de resíduo sólido do abate de aves e casca de arroz.

Conforme apresentado na Figura 1, observa-se que as temperaturas alcançadas pelo processo de compostagem foram satisfatórias, segundo os parâmetros citados por Pereira Neto & Stentiford (1992), que descreveram o aquecimento da massa como

resultado do metabolismo dos microrganismos, que inicialmente alcançará uma faixa considerada mesófila (até 40° C) e posteriormente atingirá a descrita como termófila (acima de 40 °C). Na etapa termófila ocorrerá a máxima atividade microbiológica, que é resultado da degradação iniciada na fase mesófila e ainda, representará importância determinante na higienização do produto final. Esta fase será seguida pela de maturação ou cura, quando ocorre a formação do composto propriamente dito.

Segundo recomendações da US EPA (2005) a temperatura no interior da leira deve atingir, no mínimo, 55°C e manter-se nesta faixa por 3 dias consecutivos para que o número de microrganismos indicadores de poluição fecal atinja níveis aceitáveis, permitindo a aplicação no solo. Por mais que as temperaturas atingidas pela leira não tenham se enquadrado nas recomendações da US EPA (2005) (Figura 1) considerando que as condições climáticas avaliadas não se assemelham as estudadas, desta forma a temperatura da leira atingiu valores menores, porém, dentro da faixa termofílica por tempo bastante considerável, ocasionando assim os benefícios de reduções de sólidos e sobretudo coliformes totais e termotolerantes bastante satisfatórios

Valente et al. (2009) ainda afirmaram que durante a fase mesófila predominam bactérias e fungos que degradam a matéria orgânica e liberam calor, por consequência favorecem o surgimento de actinomicetos, bactérias e fungos termófilos que degradam lipídeos, hemicelulose, celulose e lignina, sendo caracterizada desta forma a fase de redução da massa e volume enleirados. Este comportamento é de extrema importância para os resíduos avaliados, pois o material utilizado como agente volumoso é mais resistente à degradação e pode ter tido sua redução favorecida durante o processo devido à adição do resíduo de abatedouro, que possui maior facilidade à degradação e consequentemente colaborou para aquecimento da massa enleirada.

**TABELA 1.** Conteúdos de ST (kg), SV (kg) e volume (m<sup>3</sup>) durante a pré-compostagem e compostagem dos resíduos, casca de arroz e fração sólida de abate de aves retida por peneira.

Processo	Período	ST (kg)	SV (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )
Pré-compostagem	Inicial*	210,08	192,86	1,50
	60 dias	134,33	107,47	1,15
	Redução (%)	36,05	44,27	23,33
Compostagem	Inicial (60 dias)	134,33	107,47	1,15
	85 dias	129,31	102,90	1,11
	106 dias	111,95	86,86	1,11
	127 dias	109,96	85,99	1,11
	148 dias	104,98	81,94	1,10
	Redução (%)	21,84	23,76	4,35
Redução Total (%)		50,03	57,51	26,67

\* As quantidades de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV) e o volume foram determinados em cada material componente da massa enleirada (palha de arroz e resíduo de abatedouro avícola, separadamente) sendo os resultados apresentados, uma estimativa destas quantidades e do volume.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 1, pôde-se constatar que as maiores reduções ocorreram na fase inicial da compostagem, onde se verificou temperaturas na faixa termofílica, apresentando valores de 36,05% para a massa de ST e de 44,27% para a de SV. Durante a fase de compostagem a redução de ST foi de 21,84%, valor semelhante ao encontrado por Sivakumar et al. (2008), onde as reduções oscilaram entre 19,3 e 48,6%, ao efetuarem a compostagem de carcaças de aves e cama de frango.

Considerando-se as reduções totais das massas de ST e SV, os valores obtidos podem ser considerados satisfatórios, visto que os índices desejáveis mencionam 50% na redução de massa seca enleirada, sendo que os valores encontrados para redução total de ST e SV foram, respectivamente, de 50,03 e 57,51%.

Verificando-se os resultados obtidos por Orrico Jr. et al. (2010), nota-se que os valores encontrados durante a fase de compostagem foram superiores (28,73% de redução de ST) aos deste trabalho. Este comportamento pode ser atribuído às diferenças na composição do material pré-compostado e compostado em ambas as condições, já que os autores utilizaram carcaças íntegras de aves e cama de frangos, o que caracteriza uma mistura com maior quantidade de matéria orgânica de fácil degradação quando comparada à mistura de casca de arroz e fração sólida de resíduo de abatedouro avícola.

Com relação ao resultado de volume apresentado pelo material submetido à compostagem, bem como o comportamento de redução durante o processo, verifica-se que as maiores reduções ocorreram durante a fase de pré-compostagem e corresponderam a 23,3%. Já na fase de compostagem a redução de volume durante todo o processo foi de 4,3%, resultando assim no total de 26,7%. É importante ressaltar que as maiores reduções que ocorreram na primeira etapa do processo podem estar associadas à presença do resíduo sólido de maneira íntegra e também à facilidade de degradação desta fração no início do processo.

A baixa redução do volume pode estar associada a alta quantidade de material resistente a compostagem, conforme valores apresentados na Tabela 2, verificando-se elevados teores de MORC, o que diminui a capacidade dos microrganismos oxidarem o material e conseqüentemente, reduzirem o volume enleirado, como mencionado por Orrico Jr. et al. (2010). Outro parâmetro que apóia a hipótese levantada é a baixa redução da DQO, aproximadamente 8,3% na concentração final em relação à inicial.

De maneira geral e segundo levantamentos de vários autores, a média de redução de volume esperada seria em torno de 50% e o valor observado neste trabalho foi inferior a esta previsão. No entanto, isto não descaracteriza o processo de compostagem como uma alternativa viável para tratamento deste resíduo, visto que os demais

parâmetros avaliados apresentaram comportamento acima do esperado, e que a baixa redução de volume provavelmente está associada à dificuldade de degradação da casca de arroz.

**TABELA 2.** Conteúdos de C, MOC e MORC (%), DQO (mg/g) e C/N, dos resíduos, casca de arroz e fração sólida de abate de aves retida por peneira na entrada, mistura da fase de pré-compostagem e em três períodos da compostagem.

Componetes	C/N	C (%)	MOC (%)	MORC (%)	DQO (mg/g)
Inicial					
Vísceras	3,90	21,47	38,04	61,30	572,29
Palhada	60,37	21,13	38,64	50,56	563,40
Mistura	11,36	21,23	38,46	53,73	566,02
Final					
Início	11,67	20,58	37,04	42,96	548,57
106 dias	12,80	20,47	36,84	41,36	545,61
Composto	12,48	19,46	35,04	40,13	518,92

C: carbono; C/N: relação de carbono e nitrogênio; MOC: matéria orgânica compostável; MORC: matéria orgânica resistente a compostagem; DQO: demanda química de oxigênio.

O preparo das pilhas de compostagem tem como principal objetivo o aquecimento da massa, permitindo que o calor resultante da degradação da matéria orgânica não se dissipe, favorecendo o desenvolvimento da microflora termofílica e principalmente a eliminação de patógenos como se pode verificar na Tabela 3.

**TABELA 3.** Números mais prováveis (NMP) de coliformes totais e termotolerantes durante a compostagem dos resíduos, casca de arroz e fração sólida de abate de aves retida por peneira.

Período	NMP por grama de material	
	Coliformes Totais	Coliformes Termotolerantes
Início	5,40E+09	5,10E+09
Final	0	0
Redução (%)	100	100

NMP: número mais provável

A análise microbiológica demonstrou a eficiência da compostagem na remoção de coliformes totais e termotolerantes durante o período experimental. As reduções observadas foram de 100% para coliformes totais e termotolerantes. Desta forma as elevadas temperaturas alcançadas durante o processo de compostagem do material reduziu de forma significativa a quantidade de microorganismos patogênicos. Orrico Jr. et al. (2010), também observaram grande eficiência na eliminação de microorganismos patogênicos. Esta redução é de grande importância, uma vez que o produto final terá como destino o retorno ao solo na forma de fertilizante orgânico.

Observando-se os demais resultados de comportamento e eficácia da compostagem acredita-se que a disponibilidade dos nutrientes (Tabela 4) foi satisfatória para manutenção da adequada atividade microbiana. Conforme os resultados apresentados na Tabela 4 observam-se reduções nas quantias (em kg) de nitrogênio e fósforo durante o período total de reciclagem da mistura de casca e fração sólida de abatedouro avícola, assim como acréscimo na quantia de potássio, demonstrando sua concentração sobretudo em virtude da perda dos outros constituintes avaliados. Desta forma destaca-se a importância deste tratamento na reciclagem dos nutrientes contidos nos resíduos visando a melhor qualidade do fertilizante orgânico.

**TABELA 4.** Conteúdos de N, P e K (% e kg) dos resíduos, casca de arroz e fração sólida de abate de aves retida por peneira na entrada, mistura da fase de pré-compostagem e em três períodos da compostagem.

Componentes	N (%)	N (kg)	P (%)	P (kg)	K (%)	K (kg)
Inicial						
Vísceras	5,50	3,41	1,05	0,65	0,71	0,44
Palhada	0,35	0,52	0,07	0,10	0,31	0,46
Mistura	1,87	3,93	0,36	0,75	2,14	4,50
Final						
Início	1,76	2,37	0,54	0,72	6,07	8,16
106 dias	1,60	1,79	0,43	0,48	5,58	6,24
Composto	1,56	1,64	0,38	0,40	5,58	5,85

### 3.4. CONCLUSÕES

A compostagem demonstrou ser um método eficiente para o tratamento de resíduos de abatedouro avícola segundo as reduções de massa, volume, MOC, DQO, C, N, P e K, bem como de coliformes totais e termotolerantes.

### 3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: American Water Works Association, 2005. 1368p.
- JOHNS, M. R.. Developments in wastewater treatment in the meat processing industry: a review. **Bioresource Technology**, v. 54, p. 203-216, 1995.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492p.
- KOBYA, M.; SENTURK, E.; BAYRAMOGLU, M.. Treatment of poultry slaughterhouse wastewaters by electrocoagulation. **Journal of Hazardous Materials B133** (2006) 172–176.
- LUSTE, S.; LUOSTARINEN.. Anaerobic co-digestion of meat-processing by-products and sewage sludge - Effect of hygienization and organic loading rate. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 2657 – 2664, 2010.
- MALAVOLTA, E. et al. Micronutrientes, uma visão geral. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M. C. **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba: POTAFOS / CNPq, 1989. p. 1-33.

- ORRICO JR. M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JR.; J. L.. Compostagem dos Resíduos da Produção Avícola: Cama de Frangos e Carcaças de Aves. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v. 30, n.3, p.538 - 545, maio/jun. 2010.
- PEREIRA NETO, J. T., STENTIFORD, E. I. **Aspectos epidemiológicos da compostagem. Rev. Bio.**, v.1, n. 1, p. 1-6, 1992 (encarte).
- SALMINEN, E. e RINTALA, J.. Semi-continuous anaerobic digestion of solid poultry slaughterhouse waste: effect of hydraulic retention time and loading. **Water Research**, v. 36, p. 3157-3182, 2002.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Editora Universitária, 1981. 166p.
- SIVAKUMAR, K.; KUMAR, V. R. S.; JAGATHEESAN, P. N. R.; VISWANATHAN, K.; CHANDRASEKARAN, D.. Seasonal variations in composting process of dead poultry birds. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 3708 – 3713, 2008.
- UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA - UBA. **Relatório Anual 2009**. Brasília, DF, 2008. 84p. Disponível em: <<http://www.uba.org.br/>>. Acessado em: 13/04/10.
- US Environmental Protection Agency – Disponível em: <http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/composting/index.htm>. Acesso em 13 de março de 2005.
- VALENTE, B. S.; XAVIER, T. B. G. A.; MORSELLI, D. S.; JAHNKE, B. de S.; BRUM Jr., B. R.; CABRERA, P. de O.; MORAES, E.; LOPES, D. C. N.. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Arch. Zootec.** 58 (R): 59-85. 2009.

#### 4. IMPLICAÇÕES

- BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

- Com relação aos resultados obtidos no ensaio de biodigestão anaeróbia pôde-se constatar significativa dificuldade na condução do mesmo, uma vez que o material se encontrava altamente diluído e heterogêneo, o que ocasionou diferenças a cada coleta, sobretudo na maior ou menor concentração de sólidos, fazendo com que várias semanas de resultados experimentais tivessem que ser descartadas;

- O uso da peneira não demonstrou valores significativos de produção de biogás e redução de sólidos e demanda química de oxigênio que possam salientar a utilização da separação da fração sólida como um método eficaz no tratamento de efluente de abatedouro avícola, pois em relação à agilidade do processo ainda ressaltasse que a peneira de 1mm tornou o processo mais demorado, uma vez que o conteúdo de gordura favoreceu o entupimento dos poros e paralisação do abastecimento para limpeza;

- Focando a prioridade no controle de condições experimentais sugere-se que projetos futuros que utilizem o efluente de abatedouro avícola sejam desenvolvidos em biodigestores com material de partida de maior atividade microbológica, no entanto, é importante ressaltar que os valores apresentados neste trabalho refletem a qualidade e resultados que poderão ser obtidos com o efluente de uma planta de abatedouro industrial; Na condução do ensaio de biodigestão anaeróbia do remanescente dos biodigestores semi-contínuos em biodigestores batelada verificou-se que não houve deslocamento vertical dos gasômetros mesmo nos menores tempos de retenção hidráulica, podendo este fator ser atribuído a capacidade total em litros, uma vez que a produção possa ter sido inferior a capacidade de armazenamento dos gasômetros; Acredita-se com a obtenção destes resultados na maior eficiência do processo em tempos de retenção hidráulica de 7 dias, podendo ainda ocorrer eficiência em tempos de retenção inferiores à 7 dias, o que sustentaria o planejamento de futuros experimentos.

- **COMPOSTAGEM**

- Com relação aos resultados obtidos durante o ensaio de compostagem, verificou-se grande dificuldade na amostragem, uma vez que o material utilizado para a composição da pilha (casca de arroz e resíduo sólido de abatedouro avícola) formava massas agregadas e heterogêneas.

- O material utilizado como absorvente e fonte de carbono para o processo (casca de arroz) por sua baixa qualidade com relação as quantidade dos compostos realmente disponíveis tornou o processo mais lento e de menor eficiência de reduções, sobretudo com relação as reduções de volume, desta forma aconselha-se outras fontes carboníferas para a condução de experimentos semelhantes.

## Apêndice



1-Procedimento adotado para pesagem das leiras e estimativa do volume



2-Procedimentos empregados na coleta de amostras.



3-Biodigestores modelo semi-contínuos



4-Cargas diárias de efluente de abatedouro avícola

## ANEXO

### **Normas para preparação de trabalhos científicos para publicação na Revista Brasileira de Zootecnia**

#### **Formatação de texto:**

O texto deve ser digitado em fonte Times New Roman 12, espaço duplo (exceto Resumo, Abstract e Tabelas, que devem ser elaborados em espaço 1,5), margens superior, inferior, esquerda e direita de 2,5; 2,5; 3,5; e 2,5 cm, respectivamente. O manuscrito pode conter até 25 páginas. As linhas devem ser numeradas da seguinte forma: Menu ARQUIVO/CONFIGURAR PÁGINA/LAYOUT/NÚMEROS DE LINHA.../NUMERAR LINHAS e a paginação deve ser contínua, em algarismos arábicos, centralizada no rodapé.

#### **Estrutura do artigo:**

O artigo deve ser dividido em seções com título centralizado, em negrito, na seguinte ordem: Resumo, Abstract, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos (opcional) e Referências.

Não são aceitos subtítulos. Os parágrafos devem iniciar a 1,0 cm da margem esquerda.

#### **Título:**

Deve ser preciso, sucinto e informativo, com 20 palavras no máximo. Digitá-lo em negrito e centralizado, segundo o exemplo: Valor nutritivo da cana-de-açúcar para bovinos em crescimento. Deve apresentar a chamada "1" somente quando a pesquisa foi financiada. Não citar "parte da tese...".

#### **Autores:**

A RBZ permite até oito autores. A primeira letra de cada nome/sobrenome deve ser maiúscula (Ex.: Anacleto José Benevenuto). Não listá-los apenas com as iniciais e o último sobrenome (Ex.: A.J. Benevenuto).

Digitar o nome dos autores separados por vírgula, centralizado e em negrito, com chamadas de rodapé numeradas e em sobrescrito, indicando apenas a instituição à qual estavam vinculados à época de realização da pesquisa (instituição de origem), e não a

atual. Não citar vínculo empregatício, profissão e titulação dos autores. Informar o endereço eletrônico somente do responsável pelo artigo.

**Resumo:**

Deve conter no máximo 1.800 caracteres com espaços. As informações do resumo devem ser precisas e informativas. Resumos extensos serão devolvidos para adequação às normas.

Deve sumarizar objetivos, material e métodos, resultados e conclusões. Não deve conter introdução. Referências bibliográficas nunca devem ser citadas no resumo.

O texto deve ser justificado e digitado em parágrafo único e espaço 1,5, começando por RESUMO, iniciado a 1,0 cm da margem esquerda.

**Abstract:**

Deve aparecer obrigatoriamente na segunda página e ser redigido em inglês científico, evitando-se traduções de aplicativos comerciais.

O texto deve ser justificado e digitado em espaço 1,5, começando por ABSTRACT, em parágrafo único, iniciado a 1,0 cm da margem esquerda.

**Palavras-chave e Key Words:**

Apresentar até seis (6) palavras-chave e key words imediatamente após o resumo e abstract, respectivamente, em ordem alfabética. Devem ser elaboradas de modo que o trabalho seja rapidamente resgatado nas pesquisas bibliográficas. Não podem ser retiradas do título do artigo. Digitá-las em letras minúsculas, com alinhamento justificado e separadas por vírgulas. Não devem conter ponto-final.

**Introdução:**

Deve conter no máximo 2.500 caracteres com espaços, resumindo a contextualização breve do assunto, as justificativas para a realização da pesquisa e os objetivos do trabalho. Evitar discussão da literatura na introdução. A comparação de hipóteses e resultados deve ser feita na discussão.

Trabalhos com introdução extensa serão devolvidos para adequação às normas.

**Material e Métodos:**

Se for pertinente, descrever no início da seção que o trabalho foi conduzido de acordo com as normas éticas e aprovado pela Comissão de Ética e Biosegurança da instituição.

Descrição clara e com referência específica original para todos os procedimentos biológicos, analíticos e estatísticos. Todas as modificações de procedimentos devem ser explicadas.

**Resultados e Discussão:**

Os resultados devem ser combinados com discussão. Dados suficientes, todos com algum índice de variação, devem ser apresentados para permitir ao leitor a interpretação dos resultados do experimento. A discussão deve interpretar clara e concisamente os resultados e integrar resultados de literatura com os da pesquisa para proporcionar ao leitor uma base ampla na qual possa aceitar ou rejeitar as hipóteses testadas.

Evitar parágrafos soltos e citações pouco relacionadas ao assunto.

**Conclusões:**

Devem ser redigidas no presente do indicativo, em parágrafo único e conter no máximo 1.000 caracteres com espaço.

Não devem ser repetição de resultados. Devem ser dirigidas aos leitores que não são necessariamente profissionais ligados à ciência animal. Devem resumir claramente, sem abreviações ou citações, o que os resultados da pesquisa concluem para a ciência animal.

**Agradecimentos:**

Esta seção é opcional. Deve iniciar logo após as Conclusões.

**Abreviaturas, símbolos e unidades:**

Abreviaturas, símbolos e unidades devem ser listados conforme indicado na página da RBZ, link "Instruções aos autores", "Abreviaturas".

Deve-se evitar o uso de abreviações não-consagradas, como por exemplo: "o T3 foi maior que o T4, que não diferiu do T5 e do T6". Este tipo de redação é muito cômoda para o autor, mas é de difícil compreensão para o leitor.

**Tabelas e Figuras:**

É imprescindível que todas as tabelas sejam digitadas segundo menu do Word "Inserir Tabela", em células distintas (não serão aceitas tabelas com valores separados pelo recurso ENTER ou coladas como figura). Tabelas e figuras enviadas fora de normas serão devolvidas para adequação.

Devem ser numeradas sequencialmente em algarismos arábicos e apresentadas logo após a chamada no texto.

O título das tabelas e figuras deve ser curto e informativo, evitando a descrição das variáveis constantes no corpo da tabela.

Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas e unidades entre parênteses.

Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas, que deve ser referenciada. As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.

Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).

As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.

As figuras devem ser gravadas nos programas Word, Excel ou Corel Draw (extensão CDR), para possibilitar a edição e possíveis correções. Usar linhas com no mínimo 3/4 ponto de espessura.

As figuras deverão ser exclusivamente monocromáticas. Não usar negrito nas figuras. Os números decimais apresentados no interior das tabelas e figuras devem conter vírgula, e não ponto.

**Citações no texto:**

As citações de autores no texto são em letras minúsculas, seguidas do ano de publicação. Quando houver dois autores, usar & (e comercial) e, no caso de três ou mais autores, citar apenas o sobrenome do primeiro, seguido de et al.

**Referências:**

Baseia-se na Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (NBR 6023). As referências devem ser redigidas em página separada e ordenadas alfabeticamente pelo(s)

sobrenome(s) do(s) autor(es). Digitá-las em espaço simples, alinhamento justificado e recuo até a terceira letra a partir da segunda linha da referência.

Para formatá-las, siga as seguintes instruções: No menu FORMATAR, escolha a opção PARÁGRAFO... RECUO ESPECIAL, opção DESLOCAMENTO... 0,6 cm. Em obras com dois e três autores, mencionam-se os autores separados por ponto-e-vírgula e, naquelas com mais de três autores, os três primeiros vêm seguidos de et al.

As iniciais dos autores não podem conter espaços. O termo et al. não deve ser italizado nem precedido de vírgula. Indica(m)-se o(s) autor(es) com entrada pelo último sobrenome seguido do(s) prenome(s) abreviado (s), exceto para nomes de origem espanhola, em que entram os dois últimos sobrenomes.

O recurso tipográfico utilizado para destacar o elemento título é negrito e, para os nomes científicos, itálico. No caso de homônimos de cidades, acrescenta-se o nome do estado (ex.: Viçosa, MG; Viçosa, AL; Viçosa, RJ).

#### Obras de responsabilidade de uma entidade coletiva:

A entidade é tida como autora e deve ser escrita por extenso, acompanhada por sua respectiva abreviatura. No texto, é citada somente a abreviatura correspondente.

Quando a editora é a mesma instituição responsável pela autoria e já tiver sido mencionada, não é indicada.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG**. Versão 8.0. Viçosa, MG, 2000. 142p.

#### Livros e capítulos de livro:

Os elementos essenciais são: autor(es), título e subtítulo (se houver), seguidos da expressão "In:", e da referência completa como um todo. No final da referência, deve-se informar a paginação.

Quando a editora não é identificada, deve-se indicar a expressão *sine nomine*, abreviada, entre colchetes [s.n.]. Quando o editor e local não puderem ser indicados na publicação, utilizam-se ambas as expressões, abreviadas, e entre colchetes [S.I.: s.n.].

LINDHAL, I.L. Nutrición y alimentación de las cabras. In: CHURCH, D.C. (Ed.) **Fisiologia digestiva y nutrición de los ruminantes**. 3.ed. Zaragoza: Acríbia, 1974. p.425-434.

NEWMANN, A.L.; SNAPP, R.R. **Beef cattle**. 7.ed. New York: John Wiley, 1997. 883p.

Teses e Dissertações:

Recomenda-se não citar teses e dissertações, procurando referenciar sempre os artigos publicados na íntegra em periódicos indexados. Excepcionalmente, se necessário, citar os seguintes elementos: autor, título, ano, página, nível e área do programa de pós-graduação, universidade e local.

CASTRO, F.B. **Avaliação do processo de digestão do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado em bovinos**. 1989. 123f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SOUZA, X.R. **Características de carcaça, qualidade de carne e composição lipídica de frangos de corte criados em sistemas de produção caipira e convencional**. 2004. 334f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Boletins e relatórios:

BOWMAN, V.A. **Palatability of animal, vegetable and blended fats by equine**. (S.L.): Virginia Polytechnic Institute and State University, 1979. p.133-141 (Research division report, 175).

Artigos:

O nome do periódico deve ser escrito por extenso. Com vistas à padronização deste tipo de referência, não é necessário citar o local; somente volume, número, intervalo de páginas e ano.

MENEZES, L.F.G.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L. et al. Distribuição de gorduras internas e de descarte e componentes externos do corpo de novilhos de gerações avançadas do cruzamento rotativo entre as raças Charolês e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.338-345, 2009.

Congressos, reuniões, seminários etc:

Citar o mínimo de trabalhos publicados em forma de resumo, procurando sempre referenciar os artigos publicados na íntegra em periódicos indexados.

- CASACCIA, J.L.; PIRES, C.C.; RESTLE, J. Confinamento de bovinos inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p.468.
- EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Gmosis, [1999]. (CD-ROM).

Artigo e/ou matéria em meios eletrônicos:

Na citação de material bibliográfico obtido via internet, o autor deve procurar sempre usar artigos assinados, sendo também sua função decidir quais fontes têm realmente credibilidade e confiabilidade.

Quando se tratar de obras consultadas *on-line*, são essenciais as informações sobre o endereço eletrônico, apresentado entre os sinais < >, precedido da expressão "Disponível em:" e a data de acesso do documento, precedida da expressão "Acesso em:".

- NGUYEN, T.H.N.; NGUYEN, V.H.; NGUYEN, T.N. et al. [2003]. Effect of drenching with cooking oil on performance of local yellow cattle fed rice straw and cassava foliage. **Livestock Research for Rural Development**, v.15, n.7, 2003. Disponível em: <<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd15/7/nhan157.htm>> Acesso em: 28/7/2005.
- REBOLLAR, P.G.; BLAS, C. [2002]. **Digestión de la soja integral en rumiantes**. Disponível em: <[http://www.ussoymeal.org/ruminant\\_s.pdf](http://www.ussoymeal.org/ruminant_s.pdf)> Acesso em: 12/10/2002.
- SILVA, R.N.; OLIVEIRA, R. [1996]. Os limites pedagógicos do paradigma da qualidade total na educação. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPe, 4., 1996, Recife. **Anais eletrônicos...** Recife: Universidade Federal do Pernambuco, 1996. Disponível em: <<http://www.propesq.ufpe.br/anais/anais.htm>> Acesso em: 21/1/1997.