



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE EFLUENTE DE ABATEDOURO  
AVÍCOLA**

**ARLEY BORGES DE MORAIS OLIVEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia como parte das exigências para obtenção do título de Mestre.

Dourados-MS  
Maio de 2011



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE EFLUENTE DE ABATEDOURO  
AVÍCOLA**

Arley Borges De Moraes Oliveira  
Mestrando em Zootecnia

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

Co- Orientador: Prof. Dr. Cristiano Márcio  
Alves De Souza

Dissertação apresentada ao programa de Pós-  
Graduação em Zootecnia como parte das exigências  
para obtenção do título de Mestre.

Dourados-MS  
Maio de 2011

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

628.7466 Oliveira, Arley Borges de Morais.  
O48b Biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro  
avícola / Arley Borges de Morais Oliveira. – Dourados, MS  
: UFGD, 2011.  
48 f. il.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Carolina Amorim Orrico.  
Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade  
Federal da Grande Dourados.

1. Resíduos de frango. 2. Efluentes líquidos. 3.  
Abatedouro avícola. 4. Biodigestão anaeróbia. I. Título.

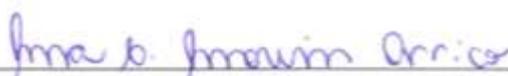
**"BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE EFLUENTE DE ABATEDOURO  
AVÍCOLA"**

por

**ARLEY BORGES DE MORAIS OLIVEIRA**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título  
de MESTRE EM ZOOTECNIA

Aprovada em: 18/02/2011



\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Ana Carolina Amorim Orrico  
Orientadora – UFGD/FCA



\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alexandre Mendes Fernandes  
UFGD/FCA



\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Jorge de Lucas Junior  
UNESP/Jaboticabal

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Arley Borges de Moraes Oliveira – Filho de Adari de Oliveira Dias e Cleusa Borges de Moraes nascido em 15 de junho de 1984, na cidade de Campo Grande - MS.

Em janeiro de 2004 ingressou no curso de graduação em Zootecnia na Universidade Católica Dom Bosco e obteve o título de Bacharel em Zootecnia em dezembro de 2007. No mesmo ano recebeu o prêmio de melhor trabalho de conclusão de curso, com trabalho intitulado “Desempenho e características da carcaça de cordeiros santa Inês alimentados com diferentes níveis de milho em substituição ao milho”.

Em Março de 2009 ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal da Grande Dourados, sendo bolsista da Capes desde julho de 2009 até a data de sua defesa.

*“O importante não é o que você faz por uma pessoa, mas sim como  
você a faz se sentir.”*

## *DEDICATÓRIA*

*Dedico este trabalho a Deus por me conceder o ar que respiro, a minha Namorada Grazielle Raulino pelo amor, incentivo, apoio incondicional, companheirismo e suporte emocional, aos meus amigos, pois são pessoas tão queridas e especiais, que seria impossível ter feito alguma coisa sem eles e a todos os que me antecederam e a aqueles que ainda virão.*

*“Obrigado por fazerem parte do meu mundo”*

## **AGRADECIMENTOS**

*Agradeço a Deus por tudo que proporcionou durante essa caminhada.*

*A minha família pelo apoio de diferentes formas e pela educação que meus pais me deram, pois tudo isso me levou a chegar ao fim de mais essa etapa da vida.*

*A minha orientadora, Dr<sup>a</sup> Ana Carolina Amorim Orrico, pela paciência, dedicação, atenção, por me ajudar a persistir frente às dificuldades e frustrações, por contribuir infinitamente e de todas as formas para o meu crescimento pessoal e profissional, mas, principalmente, pela amizade.*

*Aos Amigos Débora, Natália, Romildo e Stanley pela ajuda indispensável na condução do experimento, mas principalmente por todo o tempo de convivência e pela amizade sincera.*

*As amigas de café Alice e Fernanda, pois sem vocês não haveriam pausas no trabalho.*

*Ao Amigo Marco por todos os ensinamentos, sejam eles científicos ou de experiência de vida.*

*Aos técnicos dos laboratórios, em especial à Gízelma, Laura, Helda, João e Sr. Ismael pela colaboração e suporte no desenvolvimento deste trabalho.*

*Aos companheiros de mestrado, em especial Nivaldo, Hellen, Luiz Fernando e Rodrigo Bernardi que conviveram comigo ao longo dos semestres e conquistaram minha amizade e respeito.*

*A empresa Brasil foods por permitir a realização das coletas de efluente, em especial ao Funcionário Allan Revelles Rosa - ETA /ETE, por toda atenção e gentileza.*

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

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

*Muito obrigado!*

## SUMÁRIO

	Página
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	ix
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	x
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	xi
<b>CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....</b>	1
<b>1.1. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	3
1.1.1 Aspectos positivos da produção avícola Brasileira.....	3
1.1.2 Efluente de abatedouro avícola.....	3
1.1.3 Biodegradabilidade de efluentes de abatedouros.....	6
1.1.4 Fatores que influenciam o desenvolvimento da biodigestão anaeróbia.....	8
1.1.5 Uso da Biodigestão anaeróbia no tratamento de efluentes.....	9
1.1.6 Problemas relacionados aos elevados teores de lipídeos no tratamento anaeróbio de efluentes de abatedouros.....	10
1.1.7 Uso de lipase no pré-tratamento de efluentes de abatedouros.....	11
<b>1.2. OBJETIVOS.....</b>	14
<b>1.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	15
<b>CAPÍTULO 2 - EMPREGO DE LIPASE E DIFERENTES TEMPOS DE RETENÇÃO HIDRÁULICA DURANTE A BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE ABATEDOURO AVÍCOLA.....</b>	18
<b>RESUMO.....</b>	19
<b>ABSTRACT.....</b>	20
<b>2.1. INTRODUÇÃO .....</b>	21
<b>2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	22
<b>2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	27
<b>2.4. CONCLUSÃO.....</b>	40
<b>CAPITULO 3 - IMPLICAÇÕES.....</b>	41

<b>CAPITULO - 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>42</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>46</b>
1A. Biodigestores semi-contínuos em avaliação.....	46
2A. Gasômetros.....	46
3A. Lipase utilizada.....	46
4A. Pesagem da enzima.....	46
5A. Homogeneização da Carga.....	46
6A. Realização da carga diária.....	46
7A. Biofertilizante.....	47
8A. Queima do biogás.....	47
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>48</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

**AGV:** Ácidos graxos voláteis

**DBO:** demanda bioquímica de oxigênio

**DQO:** demanda química de oxigênio

**DQOa:** Demanda química de oxigênio adicionada

**DQOr:** Demanda química de oxigênio reduzida

**MDL:** mecanismo de desenvolvimento limpo

**NMP:** número mais provável

**ST:** sólidos totais

**SV:** sólidos voláteis

**TRH:** tempo de retenção hidráulica

## LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Caracterização do efluente de abatedouro avícola.....	23
TABELA 2. Produções semanais de biogás e metano (L), teores de metano na composição, potenciais de produção de biogás e metano por (g) de DQO adicionada (DQOA) e reduzida (DQOR) e (%) remoção de DQO, durante a biodigestão de efluente de abatedouro avícola em função dos níveis de enzimas usados.....	29
TABELA 3. Produções semanais de biogás (L), teores de metano na composição e potenciais de produção de biogás e metano por (g) de DQO adicionada (DQOA) e reduzida (DQOR) e (%) de remoção de DQO durante a biodigestão de efluente de abatedouro avícola em função dos tempos de retenção hidráulica.....	33
TABELA 4. Valores de pH após a biodigestão da água residuária de abatedouro avícola em função dos tempos de retenção hidráulica e dos níveis de enzimas.....	36
TABELA 5. Teores de N, P e K após a biodigestão anaeróbia do efluente de abatedouro avícola em função dos tempos de retenção hidráulica e dos níveis de enzimas adicionados.....	38

**LISTA DE FIGURAS**

	Página
<b>FIGURA 1.</b> Corte transversal dos biodigestores semi-contínuos utilizados no experimento.....	26
<b>FIGURA 2.</b> Representação esquemática de gasômetros utilizados no experimento de biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro avícola.....	26
<b>FIGURA 3.</b> Potenciais de produção de biogás e metano por (g) de DQO adicionada (DQOA) e reduzida (DQOR), durante a biodigestão de efluente de abatedouro avícola em função dos níveis de enzimas usados.....	30
<b>FIGURA 4.</b> Potenciais de produção de biogás e metano por (g) de DQO adicionada (DQOA) e reduzida (DQOR), durante a biodigestão de efluente de abatedouro avícola em função do tempo de retenção hidráulica usados.....	35

## CAPITULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A produção brasileira de frangos de corte tem se desenvolvido de maneira satisfatória nos últimos anos e isso pode ser comprovado pelos números positivos apresentados por este setor. Um exemplo está na participação significativa no PIB Brasileiro com a venda de produtos e com a geração de empregos, seja de forma direta ou indireta. No estado de Mato grosso do sul apesar da redução na produção de aves devido à migração da atividade para outras áreas como o estado Mato Grosso, o estado ainda ocupa posição de destaque no cenário da produção brasileira, com 5 (cinco) plantas frigoríficas instaladas no estado.

Todo esse quadro tem elevado a produção de resíduos pelas indústrias de abate e processamento de carcaças de frangos de corte. Além disso, outro fator que contribuiu para esse aumento foi o acréscimo na utilização de água potável durante o abate e o processamento das carcaças, o que ocorreu devido ao surgimento de novas normas utilizadas para melhoria da higiene das indústrias e de seus produtos. Estes dois fatores em conjunto (aumento na quantidade de resíduos e aumento do uso de água) causam uma elevação do poder poluente e uma maior capacidade de dispersão desse resíduo no meio ambiente.

Como alternativa visando à redução do impacto ambiental e a recuperação da energia e nutrientes contidos no efluente de abatedouros avícolas, a biodigestão anaeróbia demonstra ser um eficiente sistema de tratamento e reciclagem, uma vez que os nutrientes contidos no efluente de abatedouro avícola garantem a sobrevivência e reprodução dos microrganismos presentes durante o processo, permitindo que ocorra a degradação da fração orgânica não estável e, portanto, poluente, até a forma estável. Além disso, com a possibilidade da comercialização de créditos de carbono na bolsa de valores e o uso do biogás (CH<sub>4</sub>) para a produção de energia, fez com que o uso da biodigestão anaeróbia se torne cada vez mais evidenciado no tratamento de resíduos agroindustriais. O efluente de abatedouro quando submetido à biodigestão anaeróbia apresenta elevado potencial de produções de biogás e metano, sendo que de acordo dados apresentados na literatura pode alcançar até 1,1L de biogás/L de carga, com concentração média de 78% de metano. No entanto, devido à presença de grandes quantidades de óleos e gorduras nesse resíduo, a degradação pelos microorganismos se torna muitas vezes lenta e até ineficiente.

Desta forma, o uso de enzimas lipolíticas em efluente de abatedouro avícola mostra-se como uma alternativa promissora, uma vez que as enzimas auxiliam na conversão de óleos e gorduras em produtos menos complexos, ajudando os microorganismos na degradação do material.

Diante dos fatos relatados, objetivou-se com o desenvolvimento o tratamento de efluente de abatedouro avícola, através do uso da biodigestão anaeróbia manejada sobre diferentes tempos de retenção hidráulica e com a adição de diferentes doses de enzimas lipolíticas.

## **1.1 REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.1.1 Aspectos positivos da produção avícola Brasileira**

No Brasil, os produtos cárneos possuem uma presença significativa na economia, seja na geração de empregos ou na fabricação de derivados (CAMMAROTA & FREIRE, 2006). De acordo com a UBA (2009), a avicultura brasileira representa 1,5% do PIB, gerando 5 milhões de empregos diretos e indiretos. Esse crescimento da avicultura foi devido ao aumento da demanda do mercado interno, que antes apresentava um consumo muito pequeno e hoje consome cerca de 70% da produção, correspondendo atualmente a uma média anual de 39 kg por habitante ao ano.

Conseqüentemente, esse aumento no consumo de carne de frango fez com que houvesse um acréscimo do número de plantas de abate em todo país, de acordo com relatórios publicados no anuário da UBA (2010), o número de animais abatidos em 2009 foi superior a 5 bilhões aves, sendo que a região Centro-Oeste respondeu por 13,56% da produção. Juntamente com o crescente sucesso da avicultura aumenta também o volume de resíduos líquidos, resultantes do processamento e da industrialização da carne dessas aves (SALMINEN & RINTALA, 2002; ALVAREZ & LIDÉN, 2008).

### **1.1.2 Efluente de Abatedouro avícola**

Dentro do contexto de uma planta de abate, usa-se o termo efluente de abatedouro para os resíduos líquidos gerados durante todo o processo, sendo o volume de água gasto e os componentes nela presentes dependentes dos processos aplicados em cada setor (CAMMAROTA & FREIRE, 2006). De acordo com SILVA (2005) e MACHADO et. al. (2007), em média, para cada ave processada, o consumo de água pode variar de 5 a 20 L, iniciando-se já na chegada dos animais, durante a aspersão de água sobre as aves e lavagem das gaiolas de transporte (SALMINEN & RINTALA, 2002).

Durante o abate e o processamento é possível elencar como principais pontos de geração do efluente a sangria, que colabora principalmente com sangue, a escaldagem,

que contribui com penas, sangue e gordura, a evisceração, onde se podem encontrar vísceras, sangue, gordura e pequenos pedaços de carne e o resfriamento e classificação das carcaças, onde estão presentes sangue, gordura e pequenos fragmentos de carne. Também é importante considerar a água gasta na limpeza da planta e lavagem dos equipamentos, pois esta é incorporada ao efluente gerado durante o abate e destinado a um tratamento em comum. Sendo assim, o resíduo líquido gerado nos abatedouros mostra-se extremamente preocupante, pois apresenta em sua composição uma elevada concentração de material orgânico, composta principalmente pela fração lipídica e os conteúdos plasmáticos, advindos dos diversos setores das plataformas de abate e, se esse efluente não for tratado ou tratado de maneira incorreta, pode causar a poluição do solo, águas e ar onde for disperso (RIGO et al., 2008; MONTGOMERY, 2004; CAMMAROTA & FREIRE, 2006; ALVAREZ & LIDÉN, 2008).

A quantidade de lipídeos e conteúdos plasmáticos presentes em efluentes de abatedouros avícolas possui uma correlação direta com os teores de sólidos, com a concentração de minerais e com os valores de DBO (demanda bioquímica de oxigênio, que corresponde à quantidade de oxigênio necessária para oxidar um determinado material orgânico por meio da decomposição microbiana, levando-o a uma forma inorgânica estável) e DQO (demanda química de oxigênio, que corresponde à quantidade de oxigênio necessária para oxidar um determinado material orgânico por meio de reações químicas e biológicas, levando-o a uma forma inorgânica estável). Quanto maior a quantidade dessas frações (lipídeos e conteúdos plásmicos) presentes nesse tipo de resíduo, mais altos são os valores dessas variáveis, mostrando-se dessa forma como um resíduo altamente instável e quando descartado em quantidades superiores as da capacidade suporte do corpo receptor, pode causar um grande impacto ambiental (LEAL et al., 2006; ROSA et al., 2009). Dessa forma, para um melhor conhecimento do real poder poluente desse resíduo, faz-se necessária a determinação de suas características quantitativas e qualitativas.

Ao efetuar a caracterização de efluentes pré-flotados de abatedouros de bovinos e suínos RIGO (2004) encontrou valores de DQO de 2.005 mg O<sub>2</sub>/L para os teores de óleos e gorduras e 6.720 mg O<sub>2</sub>/L para DQO total. Em caracterização realizada em efluentes de abatedouro avícola, VALLADÃO et al. (2007) encontraram valores médios de 1.181 mg O<sub>2</sub>/L para DQO, de 652 mg O<sub>2</sub>/L para DBO e 2.960 mg/L de sólidos totais.

Em um estudo sobre efluentes coletados em uma indústria de abate na Tunísia GANNOUN et al. (2009), encontraram valores de DQO entre 5.800 e 6.100 mg O<sub>2</sub>/L e

para sólidos totais entre 1.500 a 2.500 mg/L. Ao analisar o efluente de abatedouro SILVA (2005), obteve valores de DQO de 1.058 mg O<sub>2</sub>/L e 1,44 g/L de sólidos totais, enquanto que OGEJO & LI (2010) ao estudarem efluentes de abatedouros de peru encontraram valores de 4.000 mg O<sub>2</sub>/L para DQO total e percentuais de 0,25 e 0,20 para sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) respectivamente. Ao realizar a quantificação da DQO de efluentes de abatedouro LUSTE et al. (2009) obtiveram resultados médios de 850 mg O<sub>2</sub>/L.

Percebe-se que os resíduos provenientes das indústrias de abate apresentam grandes variações quanto a suas características e de acordo com informações compiladas por JOHNS (1995), a concentração de sangue no efluente de abatedouros pode ocasionar substanciais variações na sua composição, principalmente devido ao maior enriquecimento do resíduo quando adicionada maior proporção de sangue. De acordo com o autor a composição de efluentes de abatedouros pode oscilar entre: 710 e 4.633; 1.400 e 11.118 mg O<sub>2</sub>/L de resíduo para DBO e DQO na fração em suspensão, respectivamente. O mesmo autor ainda apresentou as concentrações médias de DBO e DQO total, para conteúdos plasmáticos, sendo eles 200.000 e 375.000 mg de O<sub>2</sub>/L respectivamente.

Em pesquisas realizadas sob condições tropicais, SCHOENHALS (2006), caracterizou a composição química e física do efluente “in natura” proveniente de um abatedouro de frangos e observou que este possuía o teor de óleos e graxas de 430,0 mg, sólidos totais de 1.740 mg, sólidos voláteis totais de 318,0 mg, para a DQO total de 1.020 mg de O<sub>2</sub> e para a DQO solúvel de 771,0 mg de O<sub>2</sub>, sendo todos os constituintes em um litro de efluente. Em análises realizadas sobre efluentes de abatedouros de aves após unidade de flotação, VALLADÃO et al. (2009) obtiveram valores de DBO de 1.331 mg/L e 5.796 mg/L para DQO.

Outra preocupação quanto aos constituintes de efluentes de abatedouros de aves é a presença de microrganismos com elevado potencial patogênico, como a *Salmonella sp.*, *Estafilococos sp.* e *Clostridium sp.*, que podem estar presentes nas carcaças dos animais e também comporão o efluente gerado com o abate. Haapapuro et al. (1997), citados por SALMINEN & RINTALA (2002b), realizaram um levantamento sobre a presença de microrganismos patogênicos em amostras de carne de frangos submetidas ao comércio e verificaram que das amostras avaliadas em torno de 30% apresentaram infestação por *Salmonella* e de 60 a 80% manifestaram a presença de *Campilobacter sp.*

A presença de coliformes totais, coliformes termotolerantes, estreptococos totais e estreptococos termotolerantes nas quantidades de  $11 \times 10^6$  a  $20 \times 10^8$ ,  $45 \times 10^3$  a  $85 \times 10^4$ ,  $1.6 \times 10^3$  a  $2.3 \times 10^3$  e 90–300 NMP/ml respectivamente, foram detectadas por GANNOUN et al., (2009), sendo que ainda detectaram a presença de *Pseudomonas*, *Estafilococcus aureus* e *Salmonella*. A mesma preocupação que se tem com a composição orgânica e microbiológica do resíduo, deve-se ter com a fração mineral, uma vez que o nitrogênio e fósforo participam com maior relevância nesse resíduo, sendo essa porção potencialmente poluente, mas também fonte de nutrientes capazes de serem reaproveitados. Essa fração pode não afetar diretamente ao homem, mas indiretamente, causa o comprometimento da produção vegetal, poluindo as águas e possivelmente outras partes do ambiente.

Neste sentido, o tratamento de efluentes para a utilização de nutrientes é mais uma alternativa para reduzir custos, além de diminuir a extração das reservas naturais de nutrientes do planeta, contribuir para a prática do saneamento ambiental e da sustentabilidade da propriedade agrícola (FACTOR et al., 2008).

Diante dos resultados apresentados por diferentes autores (VALLADÃO et al., 2007, GANNOUN et al., 2009 e SHOENHALS, 2006), que obtiveram valores médios para P e N de 293,3 e 48,2 mg/L respectivamente, se evidenciam que existe uma grande variação nos teores desses minerais, principalmente nos teores de nitrogênio que variaram de 16 a 863mg/L, sendo que isso possivelmente possa ter ocorrido devido à variação da quantidade de sangue presente no resíduo.

### **1.1.3 Biodegradabilidade de efluentes de abatedouros**

Os métodos de tratamentos anaeróbios, quando utilizados sobre resíduos agroindustriais, proporcionam a redução do poder poluente, seja quanto ao teor de material orgânico ou até mesmo de microorganismos com elevado potencial patogênico, além de possibilitar o uso de seus produtos finais em diversos setores da produção animal. Dentre os produtos finais da degradação da matéria orgânica pelos processos anaeróbios têm-se o metano, o dióxido de carbono e o biofertilizante.

O  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  são compostos encontrados sobre condições ambientais do processo, e podem ser separados e quantificados facilmente. A medida do volume total de gás produzido e sua composição refletem a condição do processo, ambos indicando o equilíbrio entre as várias populações de microorganismos.

Além disso, com o aumento da busca por novas formas de energia e à possibilidade da venda de créditos de carbono, proporcionou um “pool” no uso de biodigestores para o tratamento de diversos efluentes gerados na produção animal, pois o gás metano, produto da degradação anaeróbia, pode ser utilizado como substituto ao petróleo e principalmente à energia elétrica, barateando assim os custos de produção e tornando-se como uma fonte de renda extra.

Os Créditos de Carbono são certificados gerados a empresas que, com a implementação de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), reduzam ou absorvam emissões de gases do efeito estufa. Um crédito equivale a uma tonelada de CO<sub>2</sub> reduzido e pode ser vendido nos mercados financeiros nacional e internacional pelas empresas que os detém por serem considerados commodities (mercadorias que são negociadas com preços estabelecidos pelo mercado internacional). Os compradores destes créditos podem ser empresas ou governos de países desenvolvidos que precisam alcançar metas - instituído pelo Protocolo de Quioto, pela própria empresa ou outros programas - de redução destas emissões (SILVESTRE, 2008).

De acordo com UNFCCC (2010), a implantação de projetos MDL tem como objetivo contribuir para o desenvolvimento sustentável dos países em desenvolvimento, por meio do beneficiamento de indústrias que buscam a redução da emissão dos gases do efeito estufa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e NO<sub>2</sub> principalmente), uma vez que seus lucros aumentam com a venda dos créditos. Além disso, países mais desenvolvidos podem incentivar os países em desenvolvimento a reduzirem a emissão de gases poluentes, comprando os créditos no mercado de carbono.

Faz-se necessário ressaltar também a produção do biofertilizante (ALVAREZ & LIDÉN, 2008) e sua importância para o surgimento de uma agricultura sustentável, pois devido a crescente conscientização ambiental nos últimos anos e a escassez de matérias-primas para produção de fertilizantes minerais, fruto do seu (fertilizantes minerais) uso indiscriminado tanto em sistemas convencionais de cultivo quanto em sistemas hidropônicos (VILLELA JR et al. 2003). O surgimento de sérios danos ao ambiente fez com que crescesse a tendência de reaproveitamento de resíduos urbanos, industriais e agrícolas, com o intuito de despoluir o ambiente e criar novos produtos alternativos para uso nos diversos tipos de culturas agrícolas (FERNANDES & TESTEZLAF, 2002), reduzindo os custos gerados com a compra de fertilizantes e o consumo de água potável para irrigação.

O biofertilizante, segundo a CAEEB (1981) citado por AMORIM (2005), apresenta vantagens como a melhoria na estrutura do solo, especialmente em argilas, por permitir uma maior penetração de ar com conseqüente estímulo á oxidação da matéria orgânica pelos microrganismos do solo. O conteúdo de matéria orgânica do resíduo resulta na capacidade de retenção de umidade pelo solo, evitando demora no crescimento das plantas durante o tempo seco, além de introduzir um grande número de bactérias e protozoários, resultando em aumento da velocidade de decomposição, o que torna os nutrientes disponíveis para as plantas, bem como promove a introdução de alguns minerais importantes para o crescimento destas.

#### **1.1.4 Fatores que influenciam o desenvolvimento da biodigestão anaeróbia**

O sucesso no uso do sistema de biodigestão anaeróbia está na atenção sobre vários fatores simples, porém de fundamental importância. Dentre os possíveis fatores que podem causar um desequilíbrio dos digestores estão mudanças de temperatura, pH, presença de material tóxico aos microrganismos, a mudança na alimentação (variações no tempo de retenção hidráulica) e um aumento repentino de carga orgânica (RIGO, 2004). De maneira geral, temperaturas mais elevadas durante o processo levam a um efeito positivo sobre a taxa metabólica dos microrganismos (CHEN et al., 2008). Contudo, bactérias metanogênicas são bastante sensíveis a variações, especialmente as elevações de temperatura, as quais devem ser evitadas. LEAL et al. (2006), trabalharam com biodigestão anaeróbia e pré-tratamento enzimático com uso de lipase em efluentes de laticínios contendo concentrações de óleos e gorduras de 200, 600 e 1000 mg/L, avaliaram três módulos de temperatura 25, 35 e 45 °C e concluíram que a temperatura mais indicada para realização da degradação do material seria a uma temperatura de 35 °C ou próxima a esse valor.

O pH é um dos fatores mais importantes a ser mantido para se obter eficiência no tratamento. Na digestão anaeróbia, a faixa de pH é o resultado das diversas reações que ocorrem no processo e sua queda revela um acúmulo de ácidos intermediários num nível superior ao tolerado pela capacidade tampão do meio, o que pode ser resultado de um desequilíbrio entre a produção e o consumo dessas substâncias, decorrente da falta de equilíbrio entre as populações (Cetesb, 2003 citado DORS, 2006). A faixa de pH de operação dos biodigestores é entre 6,0 e 8,0, sendo que alguns autores (RIGO, 2004; SCHOENHALS, 2006; GANNOUN et al., 2009; OGEJO & LI, 2010), ao realizarem a

biodigestão de efluentes de abatedouro, obtiveram valores médios que variaram de 6,7 a 7,9.

A constância na alimentação e na taxa de carga orgânica deve ser mantida o mais frequente possível, mesmo quando se trata de um resíduo como o efluente de abatedouro avícola, que apresenta muitas variações durante o dia, causadas principalmente por eventuais problemas na linha de abate.

### **1.1.5 Uso da Biodigestão anaeróbia no tratamento de efluentes**

A influencia dos diferentes tempos de retenção hidráulica e níveis de material orgânico presentes em efluentes de abatedouro, sobre os processos de biodigestão anaeróbia foram estudados por GANNOUN et al. (2009). Os autores observaram que até os valores de 2,8 g DQO/L de efluente os biodigestores mantiveram-se estáveis com uma redução de DQO entre 90 e 92%, sendo que a produção de biogás aumentou de 0,24 para 0,95 L/L de carga ao dia quando se reduziu o TRH de 5 para 1,66 dias

Em um ensaio de biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro de peru, realizado por OGEJO & LI (2010) com um TRH de 5 dias, os autores observaram a remoção de SV de 81% e valores de 0,8 m<sup>3</sup> de biogás/kg SV adicionados, com uma concentração média de metano de 70%.

Visando obter a redução de microrganismos patogênicos com o uso da biodigestão anaeróbia em efluente de abatedouro GANNOUN et al., (2009) avaliaram diferentes tempos de retenção hidráulica (TRH) e níveis de material orgânico e observaram uma redução satisfatória de coliformes, que no início apresentava números de  $11 \times 10^6 - 20 \times 10^8$  para  $10^3 - 10^4$  e  $45 \times 10^3 - 85 \times 10^4$  para  $10^2 - 10^3$  NMP/ml para totais e termotolerantes, respectivamente. Com o aumento da taxa orgânica de 4,5 e 6 g DQO/L dia, o número residual ainda permaneceu elevado, apresentando valores médios entre  $10^5$  e  $10^3$  NMP/ml para coliformes totais e termotolerantes, respectivamente. No entanto, houve redução apenas para *Streptococcus* totais e termotolerantes, que o efluente continham menos do que  $10^2$  NMP/ml de *Streptococcus* totais e termotolerantes, também não foram encontradas a presença de *Pseudomonas*, *Estafilococcus aureus* e *Salmonela* até o nível de 4,5 g DQO/L.

A qualidade do biofertilizante obtido após biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro de peru, foi descrita por OGEJO & LI, (2010), sendo que teores médios observados para N, P e K foram de 100, 15 e 41 mg/L respectivamente.

Em relação à degradação do resíduo de abatedouro quando submetido ao sistema de biodigestão anaeróbia, alguns autores (RIGO, 2004; GANNOUN et al., 2009; VALLADÃO et al., 2009; JOHNS, 1995) têm relatado que com o emprego deste efluente (com altos teores de óleos e gorduras) podem ocorrer problemas operacionais e até mesmo inibitórios, sendo que um material pode ser considerado inibitório quando ele provoca mudanças adversas na população microbiana ou causa a inibição do crescimento bacteriano (CHEN et al., 2008; CAMMAROTA & FREIRE, 2006).

### **1.1.6 Problemas relacionados aos elevados teores de lipídeos no tratamento anaeróbio de efluentes de abatedouros**

Óleos e gorduras estão associados à causa de diversos problemas, como por exemplo, a redução da taxa de conversão de moléculas na fase líquida (substratos, produtos e oxigênio) com a formação de uma camada lipídica ao redor do substrato, limitando o acesso e o transporte de substratos solúveis para a biomassa (CAMAROTA et al., 2001; CAMMAROTA & FREIRE, 2006; CIRNE et al., 2007). Além disso, pode ocorrer o desenvolvimento de microorganismos indesejáveis, a formação de espumas na superfície dos sistemas de tratamento, a solidificação de gorduras em baixas temperaturas causando a obstrução e desenvolvimento de odores desagradáveis, flotação, perda de atividade e da quantidade da biomassa presente no reator, interferindo dessa forma diretamente na eficiência do tratamento (CAMAROTA et al., 2001; CAMMAROTA & FREIRE, 2006; VALLADÃO et al., 2007; RIGO et al., 2008).

Ao realizar um estudo com diferentes taxas de carga orgânica GANNOUN et al. (2009) perceberam que com o aumento da taxa de carga orgânica de 2,8 para 4,5 g DQO/L, a remoção de DQO diminuiu ligeiramente para níveis entre 80 e 85%, já a produção de biogás aumentou, elevando esses valores médios de 0,24 (77% de metano) para 1,1 L/L de carga ao dia (68% de metano), porém o potencial de produção de biogás reduziu de 0,30 para 0,015 L de biogás/g de DQO removida. Estudando os níveis de abastecimento acima de 6 g DQO/L dia, os autores observaram que houve uma redução no potencial de produção (de 0,20 para 0,15 L de biogás/g DQO removida) e na eficiência de remoção de DQO (que variou entre 77 e 80%).

Assim, a aplicação de um pré-tratamento enzimático pode ser de grande interesse para resolução de problemas ocorridos durante o tratamento biológico de efluentes de abatedouros com elevado teor de óleos e gorduras (RIGO et al., 2008).

### 1.1.7 Uso de lipase no pré-tratamento de efluentes de abatedouros

A adição de lipase a efluentes de abatedouro mostra-se como uma ferramenta viável para a minimização de problemas causados pelos altos teores de óleos e gorduras, pois as enzimas atuam na dissociação das cadeias lipídicas, promovendo a estabilização na remoção da DQO (LEAL et al., 2006), melhorando a degradação biológica dos efluentes gordurosos, acelerando os processos e melhorando a eficiência do tempo de retenção hidráulica (VALLADÃO et al., 2007), auxiliando na produção de um efluente com características ecologicamente corretas (ROSA et al., 2009), e reduzindo impactos ambientais gerados sobre os recursos naturais, considerados atualmente como limitados, dotados de valor econômico (MENDES et al., 2005).

Recentemente, os estudos das aplicações de lipases na degradação biológica para remoção de carga orgânica vêm sendo pesquisados com resultados promissores (RIGO, 2004; ROSA et al., 2009; VALLADÃO, 2009; LEAL et al., 2006). Os estudos têm como principais objetivos a redução de eventuais problemas causados pela grande quantidade de óleos e gorduras presentes no efluente, o aumento da eficiência de degradação anaeróbia, ou seja, a maximização da produção de biogás e redução dos valores de DBO e DQO.

Os efeitos da pré-hidrólise enzimática no tratamento anaeróbio de efluentes lácteos foram analisados por LEAL et al. (2006) que obtiveram remoção média de 90% da DQO entre os tratamentos 200, 600 e 1000 mg/L da concentração de óleos e gorduras. Os autores ainda constaram que a presença de óleos e gorduras no remanescente dos biodigestores que receberam afluentes pré-hidrolisados foi menor em 25%, quando comparados com os que não receberam.

O desempenho de um sistema anaeróbio de tratamento de efluentes submetidos à alimentação que simulava um efluente de uma indústria de produtos lácteos, foi avaliado por ROSA et al. (2009). O resíduo foi produzido de forma que apresentasse em sua composição uma DQO de aproximadamente 3,5 g de O<sub>2</sub>/L e com um pH na faixa de neutralidade (7,0). Também foram utilizados óleos e gorduras removidos de uma unidade de flotação em um indústria de produtos lácteos, para serem usados na obtenção de um teor de óleo e gorduras de 1.200 mg/L, esse efluente foi pré-tratado com 0,1% (p/v) de preparado enzimático. Os autores observaram que a adição de água residuária pré-hidrolisada na alimentação dos biodigestores resultou em uma DQO final

menor, confirmando assim o efeito do pré-tratamento enzimático sobre as partículas de gordura. Além disso, os biodigestores alimentados com águas residuárias sem a etapa de pré-hidrólise apresentaram maior variabilidade na DQO, devido à presença de partículas de gordura suspensas. Nestas condições, a DQO final apresentou valores semelhantes aos da DQO inicial, com uma queda na remoção de DQO, que chegou a valores médios de 32,4%.

Em pesquisa realizada por VALLADÃO et al. (2007) sobre a biodigestão anaeróbia do efluente de abatedouro de aves com crescentes níveis de inclusão de lipase (0; 0,1; 0,5 e 1,0% do volume na carga inicial) os autores observaram que a eficiência de remoção de DQO aumentou de 53 para 85%, quando se promoveu a adição de enzima no nível de 0,1%, em comparação com a carga sem adição de enzima.

Avaliando lipases de duas diferentes fontes comerciais, em concentrações de enzimas que foram de 0,10% a 0,35% (p/v), DORS (2006) observou que as lipases apresentaram um aumento em média de 2,3 e 2,9 vezes, respectivamente, na remoção de DQO quando comparado com a remoção obtida no ensaio sem tratamento enzimático, que foi de 32%. A autora ainda concluiu que dentro das concentrações enzimáticas estudadas (0,10% a 0,35% p/v), não foi possível observar variação consistente da velocidade de biodegradação, o que indica que para as concentrações usadas nesse experimento, o nível de enzima não interferiu significativamente na velocidade de remoção da matéria orgânica.

A produção de biogás obtida por meio da biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro de aves com crescentes níveis de inclusão de lipase foi estudada por VALLADÃO et al. (2007) nesta mesma condição, os autores observaram que a produção de biogás saltou de 37 para 175 mL, em 4 dias de avaliação, quando se promoveu a adição de enzimas no nível de 0,1%, em comparação com a carga sem adição de enzima. Avaliando lipases de duas diferentes fontes comerciais, DORS (2006) obteve um volume médio de produção de até 1.252 e 1.138 ml de metano em biodigestores com volume total de 300 ml, avaliados durante 34 dias.

O potencial de produção de metano em biodigestores abastecidos com efluentes de abatedouros com adição de lipase foi avaliado por VALLADÃO et al. (2007) que compilaram valores da ordem de 1,4 e 1,6 L/g de DQO reduzida, para os tratamentos com adição de 0,5 e 1,0% de lipase, respectivamente. Os autores ainda ressaltaram que houve um aumento considerável no teor de CH<sub>4</sub> quando se comparou os tratamentos que receberam adição de lipase em relação aos que não receberam. No entanto, LEAL et

al. (2006) não observaram diferenças nas porcentagens de metano entre os biodigestores que receberam pré-hidrolise e os que não receberam, mesmo quando foram comparadas as diferentes concentrações de óleos e gorduras, os teores de metano foram semelhantes.

Contudo existem poucos estudos que descrevem o comportamento dos sistemas de biodigestão anaeróbia, quando abastecidos com efluentes de abatedouros que receberam adição de enzima lipolítica, manejados sobre diferentes TRH, sendo que tais informações são de extrema importância para a avaliação desta opção de tratamento para esse tipo de resíduo (CAMMAROTA & FREIRE, 2006; SALMINEN & RINTALA, 2002; VALLADÃO et al., 2007).

Considerando-se a importância econômica e ambiental do tratamento do efluente produzido em abatedouros avícolas objetivou-se com o presente estudo avaliar a influência dos diferentes níveis de inclusão de lipase (0; 0,05; 0,10 e 0,15% da carga diária) e tempos de retenção hidráulica (7, 14 e 21 dias), sobre o desempenho da biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro avícola.

## 1.2. Objetivo

- Caracterizar o efluente produzido em abatedouro avícola por meio das determinações dos teores de sólidos totais, sólidos voláteis, demanda química de oxigênio, pH, números mais prováveis de coliformes totais e termotolerantes e quantidades de N, P e K presentes nas amostras.
- Avaliar as produções de biogás e metano, a redução no NMP de coliformes totais e termotolerantes e na demanda química de oxigênio, além da caracterização do biofertilizante (N, P e K) durante a biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro avícola em biodigestores semi-contínuos manejados com 7, 14 e 21 dias de TRH e com a adição de enzima lipolítica aos substratos nas concentrações de 0; 0,05; 0,10 e 0,15% da carga diária.

### 1.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, R.; LIDÈN, G. Semi-continuous co-digestion of solid slaughterhouse waste, manure, and fruit and vegetable waste. **Renewable Energy**, v. 33, p. 726-734, 2008.
- AMORIM, A. C. **Avaliação do potencial de impacto ambiental e do uso da compostagem e biodigestão anaeróbia na produção de caprinos**. 2005. 8 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- CAMMAROTA, M. C.; TEIXEIRA, G. A.; FREIRE, D. M. G. Enzymatic prehydrolysis and anaerobic degradation of wastewaters with high fat contents. **Biotechnology Letters**, v. 23, p. 1591-1595, 2001.
- CAMMAROTA, M.C.; FREIRE, D.M.G. A review on hydrolytic enzymes in the treatment of wastewater with high oil and grease content. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 2195-2210, 2006.
- CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; BASSO, J. C. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 729-735, 2003.
- CHEN Y.; Cheng, J. J.; Creamer, K. S. Inhibition of anaerobic digestion process: A review. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 4044-4064, 2008.
- CIRNE, D. G.; PALOUMET, X.; BJÖRNSSON, L. et al. Anaerobic digestion of lipid-rich waste—Effects of lipid concentration. **Renewable Energy**, 32, p. 965-975, 2007.
- DORS, G. **Hidrólise enzimática e biodigestão de efluentes da indústria de produtos avícolas**. 2006. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- FACTOR, L. T.; ARAÚJO, J. A. C.; VILELLA JÚNIOR, L. V. E. Produção de pimentão em substrato e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.143-149, 2008.
- FERNANDES, A. L. T.; TESTEZLAF, R. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.45-50, 2002.
- GANNOUN, H.; BOUALLAGUI, H.; OKBI, A. et al. Mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of biologically pretreated abattoir wastewaters in an upflow anaerobic filter. **Journal of Hazardous Materials**, v. 170, p. 263-271, 2009.
- JOHNS, M. R. Developments in wastewater treatment in the meat processing industry: a review. **Bioresource Technology**, v. 54, p. 203-216, 1995.
- JOHNS, M. R.. Developments in wastewater treatment in the meat processing industry: a review. **Bioresource Technology**, v. 54, p. 203-216, 1995.
- LEAL, M. C. M. R.; FREIRE, D. M. G.; CAMMAROTA, M. C. et al. Effect of enzymatic hydrolysis on anaerobic treatment of dairy wastewater. **Process Biochemistry**, v. 41, p. 1173-1178, 2006.
- LUSTE, S.; LUOSTARINEN, S.; SILLANPÄÄ M. Effect of pre-treatments on hydrolysis and methane production potentials of by-products from meat-processing industry. **Journal of Hazardous Materials**, v. 164, p. 247-255, 2009.
- MACHADO, L. M.; DULLIUS A. G.; MARQUARDT L.; KIST L. T.; MOUTAQI S. E. Gestão do uso das águas em unidade de abate de aves e suínos visando produção mais limpa. **24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Anais do CBESA - Belo Horizonte – MG

- MENDES, A. A.; Castro, H. F.; PEREIRA, E. B. et al. Aplicação de lipases no tratamento de águas residuárias com elevados teores de lipídeos. **Química Nova**, v. 28, n. 2, p. 296-305, 2005.
- MONTGOMERY, R. Development of biobased products: a review. **Bioresource Technology**, v. 91, p. 1-29, 2004.
- OGEJO, J.A.; LI, L. Enhancing biomethane production from flush dairy manure with turkey processing wastewater. **Applied Energy**, v. 87, n.10, p. 3171-3177, 2010.
- RIGO E. **Aplicação de lipases como auxiliar no pré-tratamento de efluentes de frigoríficos de suínos e bovinos**. 2001. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de alimentos), - Departamento de ciências agrárias, Universidade Regional integrada do alto Uruguai e das missões, Erechim, 2004.
- RIGO, E.; RIGONI, R. E.; LODEA, P. et al. Comparison of two lipases in the hydrolysis of oil and grease in wastewater of the swine meat industry. **Engineering Chemistry Research**, v. 47, p. 1760-1765, 2008.
- ROSA, D. R.; DUARTE, I. C.S.; SAAVEDRA, N. K. et al. Performance and molecular evaluation of an anaerobic system with suspended biomass for treating wastewater with high fat content after enzymatic hydrolysis. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 6170-6176, 2009.
- SALMINEN, E.; RINTALA, J. Anaerobic digestion of organic solid poultry slaughterhouse waste: a review. **Bioresource Technology**, v. 83, p. 13-26, 2002.
- SALMINEN, 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, 2002b.
- 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. 37f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SILVESTRE, T. [2008]. **Créditos de carbono**. Disponível em: <<http://www.revistameioambiente.com.br/2008/03/28/creditos-de-carbono/>> Acesso em: 09/01/11.
- UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA - UBA, **Norma Técnica de Produção Integrada de Frango**. 2009, p 8.
- UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA – UBA, **Relatório anual 2009**. 2010, p 21
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE - UNFCCC. **The contribution of the clean development mechanism under the kyoto protocol to technology transfer**. United nations framework convention on climate change, secretariat, 2010.
- VALLADÃO A. B. G.; SARTORE P. E.; FREIRE D. M. G. et al. Evaluation of different pre-hydrolysis times and enzyme pool concentrations on the biodegradability of poultry slaughterhouse wastewater with a high fat content. **Water Science & Technology**, v 60. 1, 243-249, 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.

VILLELA JÚNIOR, L. V. E.; ARAÚJO, J. A. C.; FACTOR, T. L. Estudo da utilização do efluente de biodigestor no cultivo hidropônico do meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.72-79, 2003.

**CAPITULO 2 – EMPREGO DE LIPASE E DIFERENTES TEMPOS DE  
RETENÇÃO HIDRÁULICA DURANTE A BIODIGESTÃO ANAERÓBIA  
DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE ABATEDOURO AVÍCOLA**

Este capítulo foi redigido conforme as normas da Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia sendo que estas constam no anexo 1.

## **Emprego de lipase e diferentes tempos de retenção hidráulica durante a biodigestão anaeróbia de água residuária de abatedouro avícola**

Arley Borges de Moraes Oliveira<sup>1\*</sup>, Ana Carolina Amorim Orrico<sup>1</sup>, Marco Antonio Previdelli Orrico júnior<sup>2</sup>, Natalia da Silva Sunada<sup>1</sup>, Stanley Ribeiro Centurion<sup>1</sup>

**RESUMO:** Com o desenvolvimento desse trabalho objetivou-se avaliar o processo de biodigestão anaeróbia no tratamento de efluentes de abatedouro avícola, considerando os TRH de 7, 14 e 21 dias, além da adição de enzima lipolítica aos substratos nas concentrações de 0; 0,05; 0,10 e 0,15% do volume de carga adicionada aos biodigestores. A influência dos TRH e da adição de enzima lipolítica aos substratos foi avaliada por meio das produções de biogás e CH<sub>4</sub>, dos potenciais de produções por DQO adicionada e reduzida, bem como pelas reduções dos teores de DQO, concentrações de N, P e K e dos valores de pH. Os resultados obtidos demonstraram que houve influência dos TRH (em que o TRH 7 expressou os melhores resultados, para produção semanal média de biogás com 40,7 L e CH<sub>4</sub> com 32,2 L) e das doses de enzimas com maiores valores de produção para os tratamentos 0,10 (24,6 L) e 0,15% (26,2 L), que não diferiram entre si. Os níveis de enzima de 0,10 e 0,15% apresentaram maiores potenciais de produção de biogás (7,8 e 7,3 L respectivamente) e metano (6,6 e 6,7 L respectivamente) por DQO adicionada, quando comparados aos níveis de 0,05% (5,4 e 4,6 L respectivamente) e 0 (4,9 e 3,8 L respectivamente). As maiores remoções de DQO foram alcançadas na dose de 0,05% (83,3%) e TRH de 21 dias (74,4%). O pH foi influenciado tanto pelos TRH (6,8, 7,0 e 7,0 para os tempos 7, 14 e 21 dias respectivamente), quanto pelas doses de enzimas (7,0, 7,0, 6,9 e 6,9 para os níveis 0; 0,05; 0,10 e 0,15 respectivamente), mesmo assim os valores obtidos para ambos estão dentro da faixa considerada ideal (6,7 a 7,5). Contudo para que haja uma maior eficiência na reciclagem energética, recomenda-se a utilização de níveis de até 0,10% de enzima e tempo de retenção hidráulica de 7 dias.

**Palavras-chaves:** biofertilizante, demanda química de oxigênio, efluente de abatedouro avícola, metano.

---

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

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP/Campus de Jaboticabal

## **Lipase and use of different hydraulic retention time during the anaerobic digestion of broiler slaughterhouse wastewater**

**ABSTRACT:** The aim of this work was to evaluate the process of anaerobic biodigestion on treatment of broiler slaughterhouse effluent, considering TRH of 7, 14 and 21 days, and also the adding of lypolitic enzyme to the substrata at concentrations of 0; 0.05; 0.10 and 0.15% of volume of load that supplied biodigestors. The influence of TRH and the adding of lypolitic enzyme to the substrata on anaerobic biodigestion process was evauated by biogas and CH<sub>4</sub> production, potential production by DQO added and reduced, as well by reduction of contents of DQO, concentrations of N, P and K and of pH values. Obtained results showed that there was influence of TRH (in which TRH 7 expressed the best results, for weekly average production of biogas with 40,7 L and CH<sub>4</sub> with 32,2 L) and of enzyme doses with the highest values of production for treatments 0,10 (24,6 L) and 0,15% (26,2 L), which did not differ among each other. Enzyme levels of 0,10 and 0,15% showed the greatest potentials of biogas (7,8 and 7,3 L, respectively) and methane (6,6 and 6,7 L, respectively) production per added DQO, when compared the levels of 0,05% (5,4 and 4,6 L, respectively) and 0 (4,9 and 3,8 L, respectively). The highest remotions of DQO were reached with the dose of 0,05% (83,3%) and TRH of 21 days (74,4%). The pH was influenced as by RRH (6,8; 7,0 and 7,0, for periods of 7, 14 and 21 days, respectively) as by enzyme doses (7,0; 7,0; 6,9 and 6,9 for levels 0; 0,05; 0,10 and 0,15, respectively), even so obtained values for both characteristics are inside considered ideal range (6,7 up to 7,5). However, for more efficiency on energetic recycling, it is recommended the use of levels up to 0,10% of enzyme and time of hydraulic retention of 7 days.

**Keywords:** bio-fertilizer, chemical demand of oxygen, broiler slaughterhouse effluent, methane.

## 2.1. INTRODUÇÃO

A produção brasileira de frangos de corte se desenvolve de maneira satisfatória, sendo que no ano de 2009 o número de animais abatidos no Brasil foi superior a 5 bilhões de aves e, a região Centro-Oeste respondeu por 13,56% dessa produção. Sendo que a estimativa para o ano de 2010, onde o estado de Mato Grosso do Sul apresentaria uma contribuição de aproximadamente 128 milhões de aves abatidas (CAMMAROTA & FREIRE, 2006; UBA, 2010). Todo esse quadro tem elevado a produção de resíduos pelas indústrias de abate e processamento de frangos de corte (SALMINEN & RINTALA, 2002; ALVAREZ & LIDÉN, 2008).

O efluente de abatedouro avícola apresenta grande poder poluente, por conter em sua composição gorduras, sangue, conteúdo visceral e pequenos pedaços de carcaças principalmente (BEUX, 2005; RIGO, 2004; SALMINEN & RINTALA, 2002; ALVAREZ & LIDÉN, 2008; CHEN et al., 2008). Como alternativa visando à redução do impacto ambiental, a recuperação de energia e nutrientes contidos no efluente de abatedouros avícolas, a biodigestão anaeróbia demonstra ser um eficiente sistema de tratamento e reciclagem, uma vez que os nutrientes contidos no efluente de abatedouro avícola garantem a sobrevivência e reprodução dos microrganismos presentes durante o processo, permitindo que ocorra a degradação da fração orgânica não estável e, portanto, poluente, até a forma estável.

No entanto, devido à presença de grandes quantidades de óleos e gorduras nesse resíduo, a degradação pelos microrganismos muitas vezes se torna lenta e até ineficiente (RIGO et al., 2008; GANNOUN et al., 2009; VALLADÃO et al., 2009; JOHNS, 1995; CAMAROTA et al., 2001). Desta forma, o uso de enzimas lipolíticas em efluentes de abatedouros mostra-se uma alternativa promissora (LEAL et al., 2006;

VALLADÃO et al., 2007), uma vez que as enzimas auxiliam na conversão de óleos e gorduras em produtos menos complexos (biogás composto por CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, principalmente), ajudando na degradação do material pelos microorganismos.

A produção de biogás obtida por meio da biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro de aves com crescentes níveis de inclusão de lipase foi estudada por VALLADÃO et al. (2007) nesta mesma condição os autores observaram que a produção de biogás saltou de 37 para 175 ml, em 4 dias de avaliação, quando se promoveu a adição de enzimas no nível de 0,1%, em comparação com a carga sem adição de enzima. Avaliando lipases de duas diferentes fontes comerciais, DORS, (2006) obteve um volume médio de produção de metano de 1.252 e 1.138 ml em biodigestores com volume total de 300 ml, avaliados durante 34 dias.

No desenvolvimento deste trabalho objetivou-se avaliar o desempenho da biodigestão anaeróbia utilizando-se efluente de abatedouro avícola como substrato, em associação com diferentes doses de enzimas lipolíticas (0; 0,05; 0,10 e 0,15% do volume de carga diária) e empregando-se tempos de retenção hidráulica (7, 14 e 21 dias).

## **2.2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na Universidade Federal da Grande Dourados, na Faculdade de Ciências Agrárias, no Laboratório de Aproveitamento dos Dejetos Gerados na Produção Animal, a partir do primeiro trimestre de 2010.

Para execução do experimento foi utilizado efluente de abatedouro de aves, com a adição de doses crescentes de enzimas lipolíticas (0, 0,05, 0,1 e 0,15% do volume de

carga diária) como substrato para o abastecimento de biodigestores semi-contínuos, manejados por 7, 14 e 21 dias de retenção hidráulica.

Para tanto, foi realizado um ensaio prévio de caracterização no efluente produzido pelos diversos setores do abatedouro, sendo possível desta forma verificar a composição e o poder poluente deste resíduo (Tabela 1). Foram determinados no efluente: teores de ST, SV, pH, DQO, números mais prováveis de coliformes totais e termotolerantes e quantidades de N, P e K presentes nas amostras.

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

Componente		Concentração
Sólidos totais (ST)	mg/L	1.500
Sólidos voláteis (SV)	mg/L	1.290
pH	-	6,9
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	86,8
P total	mg/ L	3,5
K	mg/ L	58,0
DQO	mg/ L	2490,1

Antes do início do período experimental foi efetuada a produção do inóculo de acordo com ORRICO JÚNIOR et al., (2010), objetivando a adaptação mais rápida da biomassa ao substrato, acelerando assim as produções de biogás. O inóculo foi produzido em biodigestores batelada de bancada, utilizando-se uma mistura de dejetos de bovino e efluente de abatedouro avícola. O efluente destes biodigestores foi considerado inóculo no momento em que os biodigestores mostraram-se estabilizados (produção de biogás e teor de metano constante), após isso se iniciou a próxima fase do trabalho, na qual o inóculo fez parte de 15% da massa seca adicionada aos biodigestores.

O substrato (gerado durante os processos de abate e processamento das carcaças) para o abastecimento dos biodigestores semi-contínuos foi coletado a cada 10 dias em abatedouro industrial, localizado no município de Dourados - MS, sendo que o material coletado, congelado a uma temperatura de aproximadamente  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  e descongelado de acordo com a necessidade diária dos biodigestores.

Os biodigestores receberam cargas diárias e o volume de carga foi determinado segundo o tempo de retenção adotado, ou seja, considerando-se que a capacidade média dos biodigestores era de 26,6 litros e um período de retenção de 7 dias, a carga diária efetuada seria de 3,7 litros de substrato (efluente de abatedouro avícola). Dessa forma os biodigestores foram monitorados durante 6 semanas após ocorrer à estabilização da produção de biogás, considerando-se cada condição de operação (doses de enzima lipolítica e diferentes tempos de retenção).

Os valores de SV e ST foram determinados diariamente de acordo com APHA (1995). As coletas de amostras para a realização da contagem dos números mais prováveis de coliformes totais e termotolerantes foram realizadas semanalmente, bem como para análise de demanda química de oxigênio (DQO) e foram realizadas de acordo com metodologia proposta pela APHA (1995).

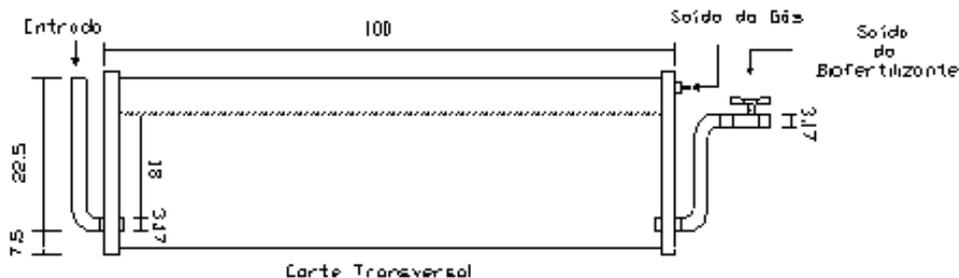
Para as determinações de N, P e K realizadas nas amostras coletadas (no afluente e no efluente), foi realizada uma secagem das amostras em estufa de circulação forçada de ar a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , por 48 horas. Após isso as amostras foram utilizadas para a digestão da matéria orgânica. Para tanto foi utilizado o digestor Digesdahl Hach, que promoveu a digestão total da matéria orgânica com ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) em concentração de 50%. Com o extrato obtido da digestão sulfúrica foi possível a determinação dos teores de N, P e K, segundo BATAGLIA et al. (1983). O teor de 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.

Os valores de pH foram acompanhados semanalmente por meio de um pHmetro de bancada de acordo com metodologia descrita pela APHA (1995).

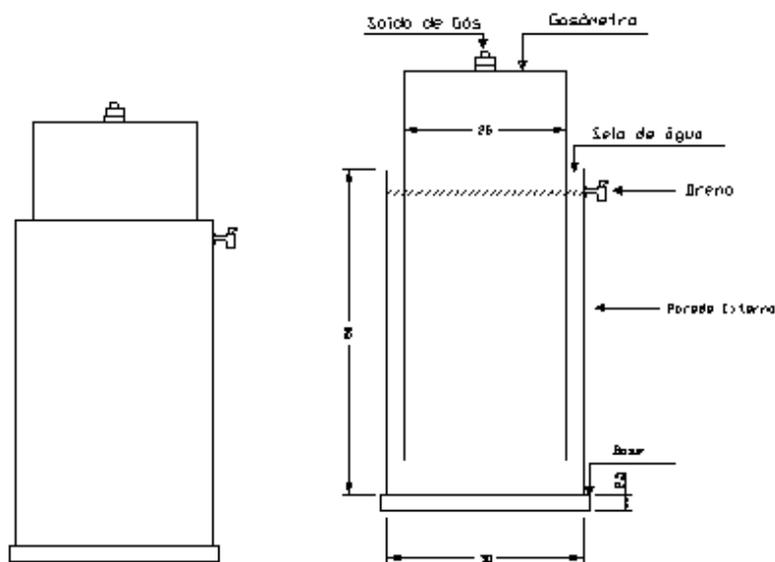
As produções de biogás foram observadas diariamente e a sua qualidade (teores de metano) avaliada semanalmente, em que os volumes de biogás produzidos diariamente foram determinados medindo-se o deslocamento vertical dos gasômetros e multiplicando-se por sua área da seção transversal interna. Após cada leitura os gasômetros foram zerados utilizando-se o registro de descarga do biogás. A correção do volume de biogás para as condições de 1 atm e 20°C foi calculada utilizando-se a metodologia descrita por CAETANO (1985). Já as análises para a obtenção da composição do biogás produzido pelos biodigestores foram realizadas semanalmente, em cromatógrafo de fase gasosa Finigan GC-2001, equipado com as colunas Porapak Q e Peneira Molecular e detector de condutividade térmica, visando principalmente à determinação dos teores de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Os biodigestores utilizados foram do tipo tubular horizontal e de alimentação semi-contínua, pois este é um modelo indicado para sistemas onde há a produção diária de resíduos. Os biodigestores semi-contínuos 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 comporte um volume de água (“selo de água”), atingindo profundidade de 500 mm. O cilindro de 300 mm de diâmetro foi 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). Os gasômetros e biodigestores permaneceram em condições de temperatura ambiente, abrigados de luz solar e chuva.



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

A influência dos TRH (7, 14 e 21) e da adição de enzima lipolítica (nas concentrações de 0, 0,05, 0,10 e 0,15%) aos substratos sobre o processo de biodigestão anaeróbia foi avaliada por meio das produções e potenciais de produção de biogás e metano, bem como na redução nos teores de DQO. Os potenciais de produção de biogás e metano foram calculados utilizando-se os dados de produções diárias de biogás e metano em função das quantidades de DQO adicionadas e reduzidas durante o processo de biodigestão anaeróbia.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com parcela subdividida no tempo, sendo que cada repetição foi composta pelos dados médios das semanas após a estabilização dos biodigestores, ou seja, a primeira repetição contemplou os dados médios da primeira semana e assim sucessivamente até a quarta semana. O efeito do período foi corrigido pelo delineamento de forma que permitisse ser observada a interferência das enzimas e do TRH nos resultados. Para analisar os dados obtidos no presente experimento foi utilizado o software SAEG (Sistema de Análise Estatística e Genética). Realizou-se análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si através do teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância.

### **2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As reduções dos teores de DQO em função das doses de enzimas adicionadas, expressos em porcentagem, após a biodigestão anaeróbia de efluentes de abatedouro avícola encontrados no experimento são apresentados na Tabela 2.

O uso de diferentes doses de lipase influenciou ( $P < 0,05$ ) os valores de redução de DQO, sendo que o melhor resultado foi atribuído ao nível 0,05% (82,3%). Os valores

encontrados neste experimento foram semelhantes aos obtidos por DORS (2006) e VALLADÃO et al. (2007), sendo eles 81 e 85% respectivamente.

Ao observar os resultados apresentados na Tabela 2 é possível notar que o uso de lipase no nível de 0,05% (82,3%) contribuiu com um aumento na remoção de DQO de 67% em função do nível 0 (42,3%). Esses resultados estão em acordo com os relatos feitos por ROSA et al. (2009) e MENDES et al. (2005), em que a realização da pré-hidrolise em efluentes de abatedouro auxilia na etapa inicial de degradação, aumentando consideravelmente a eficiência de remoção de material orgânico durante o processo de biodigestão. Porém, na medida em que se aumentaram os níveis de inclusão proporcionou-se um decréscimo na remoção de DQO. Provavelmente isso possa ter o corrido em função de um aumento na concentração de glicerol e AGCL principais produtos da hidrolise de moléculas de lipídios. Esse acúmulo de AGCL leva principalmente a limitação da atividade de bactérias fermentativas, por meio da redução do acesso aos substratos. Essa redução leva a um decréscimo na quantidade de  $H_2$ , o que causando uma redução da atividade de algumas bactérias acetogênicas e metanogênicas responsáveis pela degradação dos AGV com três ou mais carbonos e alcoóis (subprodutos da degradação dos AGCL convertidos por bactérias acetogênicas), a  $CH_4$  e  $CO_2$  principalmente.

VALLADÃO et al. (2005), ao realizarem a biodigestão anaeróbia de efluentes de abatedouro avícola com (inclusão de 0,1%, 0,5% e 1,0% do peso/volume) e sem hidrólise enzimática, observaram comportamento semelhante ao encontrado no presente trabalho, uma vez que ao submeter à biodigestão anaeróbia o efluente pré hidrolisado com 0,1%, a eficiência de remoção de DQO variou de 64% a 73%. Já quando foram usados níveis mais altos (0,5% e 1,0%) a eficiência na remoção de DQO decaiu em

relação ao nível anterior, mantendo-se a níveis de 40% e 20%, respectivamente, indicando que a atividade microbiana pode ser inibida com maiores níveis de enzima.

As produções e os potenciais de produção de biogás, bem como as concentrações de metano encontrados no experimento para os diferentes níveis de enzimas utilizados são apresentados na Tabela 2.

**TABELA 2** Produções semanais de biogás e metano (L), teores de metano na composição, potenciais de produção de biogás e metano por (g) de DQO adicionada (DQOA) e reduzida (DQOR) e (%) remoção de DQO, durante a biodigestão de efluente de abatedouro avícola em função dos níveis de enzimas usados.

Variáveis	Níveis de Enzimas				
	0	0,05	0,10	0,15	CV(%)
RDQO (%)	49,3d	82,3a	79,3b	68,6c	4,2
Biogás/DQOA (L/g)	0,7b	0,8b	1,1a	1,1a	37,7
Biogás/DQOR (L/g)	0,7b	1,3a	1,4a	1,5a	52,1
CH <sub>4</sub> /DQOA (L/g)	0,5b	0,7b	0,9a	0,8a	35,0
CH <sub>4</sub> /DQOR (L/g)	0,4b	1,0a	1,0a	1,1a	52,5
Biogás (L)	22,3b	20,9b	24,6a	26,2a	23,3
Metano (%)	72,6b	78,8a	78,9a	79,5a	3,8
Metano (L)	16,2b	16,5b	19,4a	20,8a	12,1

Na linha, letras minúsculas comparam resultados obtidos através dos níveis de adição de enzima. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

Os resultados encontrados no presente experimento demonstram que houve influência ( $P < 0,05$ ) dos diferentes níveis de inclusão de enzimas sobre os potenciais de produção de biogás e metano por DQO adicionada e reduzida. Dentre os níveis de enzima empregados, os níveis 0 e 0,05% foram os que obtiveram menores valores ( $P < 0,05$ ) de potenciais produção, quando comparados aos níveis 0,10 e 0,15% que não diferiram entre si (Figura 3).

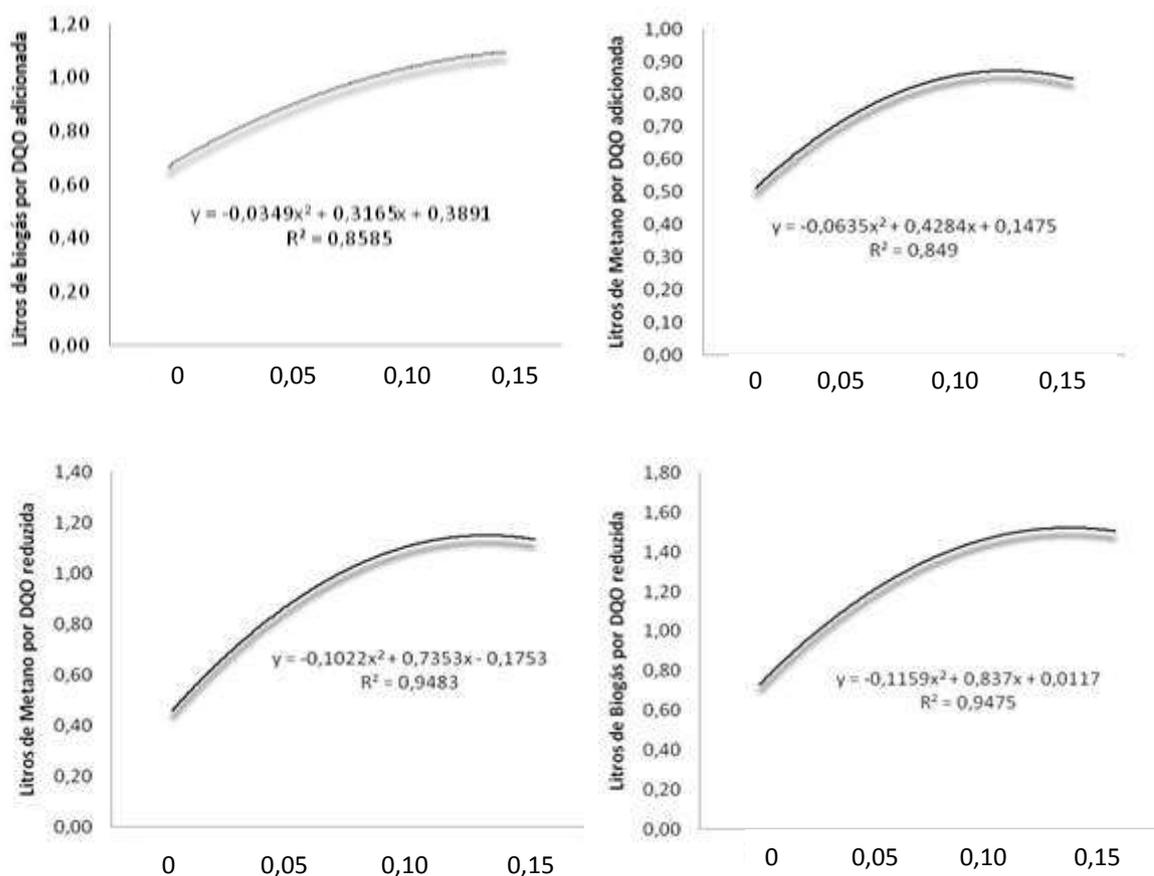


Figura 3 - Potenciais de produção de biogás e metano por (g) de DQO adicionada (DQOA) e reduzida (DQOR), durante a biodigestão de efluente de abatedouro avícola em função dos níveis de enzimas usados.

Os resultados obtidos indicam que, quando se tem como principal objetivo o aumento nos potenciais de produção em função da DQO adicionada, é necessária à utilização de um nível acima de 0,05%. Estes valores também indicam que a adição de 0,15% de lipase não contribui para que haja um incremento na produção alcançada pelo nível anterior (0,10%), que se considerarmos em função do tratamento testemunha, houve um aumento na produção de 59,2, 73,7 e 57,5% para os potenciais de biogás e metano por DQO adicionada para os níveis de 0,05, 0,10 e 0,15% respectivamente, tornando inviável o uso de uma maior dose de enzima.

O comportamento obtido no presente estudo indica que o uso acima do nível de 0,10%, pode ter causado um acúmulo de ácidos graxos de cadeia longa o que levou a

uma estabilização na síntese de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> (principais gases componentes do biogás) e conseqüentemente nos potenciais de produção.

CIRNE et al. (2007) observaram comportamento semelhante ao encontrados no presente estudo, ao avaliarem a influência da concentração de lipídios na hidrólise e na biometanização de resíduos ricos em lipídeos submetidos a diferentes concentrações enzimáticas. Os autores concluíram que a adição de lipase aumentou a hidrólise de lipídeos e a produção de metano, no entanto, as vantagens da adição de enzimas sobre os processos de degradação lipídica são minimizados na medida em que se eleva os níveis de enzima, mesmo quando esses efluentes apresentam altas concentrações de lipídios. De acordo com os autores, isso ocorre devido ao acúmulo de ácidos graxos de cadeia longa, o que tornam estes o principal fator na inibição da degradação de lipídios e da produção de metano e biogás.

Os potenciais de produção de biogás e metano por DQO reduzida encontrados no presente experimento foram influenciados ( $P < 0,05$ ) pelos níveis de enzimas utilizados, no entanto não houve diferença significativa entre os tratamentos em que se utilizou a adição de lipase (0,05, 0,10 e 0,15%). Os valores encontrados no presente experimento foram semelhantes aos (valores médios entre 1,4 e 1,6 L/g de DQO reduzida) obtidos por VALLADÃO et al. (2007), ao realizarem a biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro avícola com crescentes doses de lipase.

O comportamento obtido no presente experimento para os potenciais de produção de biogás e metano por DQO reduzida demonstram que a inibição por ácidos graxos de cadeia longa pode ter advindo já no nível de inclusão de 0,05%, tornando assim desnecessário o uso de níveis acima de 0,05%.

As produções de biogás e metano apresentaram maiores valores para os tratamentos 0,10 e 0,15% que não diferiram entre si (Tabela 2). O tratamento 0,05% não

contribuiu para o aumento da produção de biogás e metano, apresentando comportamento semelhante ao tratamento testemunha. Esse comportamento reforça a hipótese de estabilização na síntese de  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  devido ao acúmulo AGCL. Desta forma, para que haja um incremento na produção de biogás e metano, faz-se necessário o uso das recomendações anteriores, ou seja, a concentração ideal não deve ultrapassar o nível de 0,10%.

Os resultados encontrados no presente experimento foram semelhantes aos obtidos por VALLADÃO et al. (2007) que promoveram a biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro de aves com crescentes níveis de inclusão de lipase (0; 0,1; 0,5 e 1,0% carga inicial). Os autores relatam que, ao realizar uma pré-hidrólise no efluente, promoveu-se um aumento na produção de biogás (de 37 para 175 ml, em 4 dias de avaliação), utilizando-se a adição de 0,1%. A diferença entre os volumes de produção obtidos no presente estudo e os compilados por VALLADÃO et al. (2007) provavelmente se deve ao volume dos biodigestores utilizados, sendo que o autor utilizou recipientes de 100 ml para realização do ensaio de biodigestão.

Os valores máximos encontrados no presente experimento para a produção diária de biogás (1,9 L/dia, o que se considerando o volume de carga representaria 0,33L/dia/L de carga adicionada ao biodigestor) foram superiores aos encontrados por DORS (2006) que obtiveram uma produção média de 0,09 L/dia por cada litro de carga adicionado ao biodigestor (em biodigestores modelo batelada com capacidade para 300 mL de substrato em fermentação). Possivelmente a divergência entre os valores possa estar associada à variabilidade do resíduo, ao período de retenção dos substratos e principalmente, a não renovação diária do conteúdo em fermentação para os biodigestores batelada. As concentrações de metano em função da adição dos níveis de enzimas apresentadas na Tabela 2 foram de 72,6; 78,8; 78,9; 79,5 %, para os níveis de

0; 0,05; 0,10; 0,15% respectivamente. Tais concentrações de CH<sub>4</sub> encontradas foram superiores as obtidas por LEAL et al. (2006), que ao estudarem os efeitos da hidrólise enzimática sobre tratamento anaeróbio de efluentes de laticínios com alto teor de lipídios, obtiveram valores médios de concentração de 67%.

As produções e os potenciais de produção de biogás, bem como as concentrações de metano e as remoções de DQO encontrados no experimento para os diferentes tempos de retenção hidráulica utilizado serão apresentados na Tabela 3.

**TABELA 3** Produções semanais de biogás (L), teores de metano na composição e potenciais de produção de biogás e metano por (g) de DQO adicionada (DQOA) e reduzida (DQOR) e (%) de remoção de DQO durante a biodigestão de efluente de abatedouro avícola em função dos tempos de retenção hidráulica.

Variáveis	Tempos de retenção hidráulica			
	7	14	21	CV(%)
RDQO (%)	63,7c	71,5b	74,4a	4,2
Biogás/DQOa (L/g)	0,9	0,9	0,8	37,7
Biogás/DQOr (L/g)	1,9a	1,0b	0,8b	52,1
CH <sub>4</sub> /DQOa (L/g)	0,8	0,8	0,7	52,5
CH <sub>4</sub> /DQOr(L/g)	1,4a	0,7b	0,6b	35,0
Biogás (L)	40,7a	18,3b	11,0c	23,3
Metano (%)	78,5	76,6	77,4	3,7
Metano (L)	32,2a	14,0b	8,5c	12,1

Na linha, letras minúsculas comparam resultados obtidos através dos níveis de adição de enzima. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Foram observadas reduções significativas entre os TRHs utilizados, em que o TRH de 21 dias apresentou maiores reduções (74,4%) nos teores de DQO, seguido do TRH 14 (71,5%) e 7 (63,7%) que apresentou menor remoção. O melhor desempenho obtido pelo TRH de 21 dias pode estar associado ao maior tempo de exposição das frações de lenta degradação aos microorganismos, como é o caso da fração lipídica (principal componente do efluente de abatedouro), que por apresentar cadeia carbônica

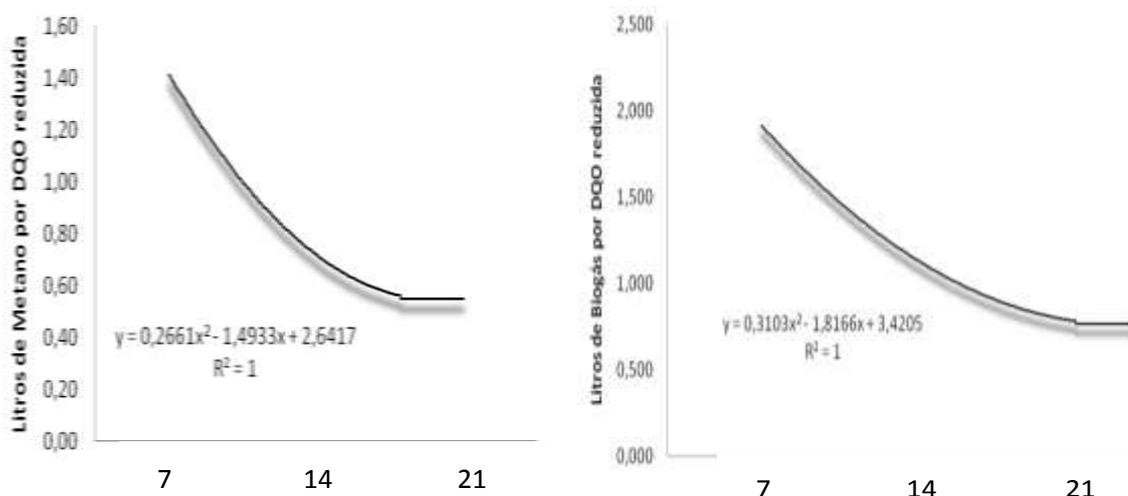
mais longa (quando comparadas a proteínas e carboidratos), necessitam de maior tempo para sua completa degradação e transformação em produtos menos complexos como  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ .

Os valores verificados no presente trabalho foram inferiores aos encontrados por GANNOUN et al. (2009) que, ao avaliarem a influencia dos diferentes TRH e níveis de material orgânico presentes em efluentes de abatedouro sobre os processos de biodigestão anaerobia, obtiveram remoções médias de 90%.

OGEJO & LI (2010), ao realizarem a biodigestão anaeróbia de efluentes de abatedouro de peru (DQO inicial de 3910  $\text{mgO}_2/\text{L}$ ) utilizando um TRH de 5 dias, obtiveram redução (83,6%) superior as encontradas no presente experimento. Estas diferenças encontradas entre o presente experimento e os realizados por GANNOUN et al. (2009) e OGEJO & LI (2010) podem estar associados a variabilidade das frações que compõem o efluente de abatedouro, uma vez que estas podem apresentar grandes variações entre plantas de abate e até mesmo dentro de uma mesma planta.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3 é possível notar que, o uso de TRH de 21 dias, proporciona maior remoção de material orgânico, contudo o efluente destes biodigestores não poderiam ser descartados em rios ou demais corpos hídricos naturais, pois de acordo com a resolução nº 357/05 do CONAMA, o limite padrão para DQO é de 3 a 5  $\text{mg/L}$  e considerando as porcentagens de remoção em função do TRH de 21 dias, a DQO média seria de 637,5  $\text{mg/L}$ , o que poderia levar ao comprometimento de corpos hídricos onde fossem descartados. Mesmo assim isso não impede o reaproveitamento do efluente para a irrigação de culturas que não sejam hortaliças e não produzam frutos rentes ao chão, como por exemplo, as pastagens e a cana de açúcar.

Os resultados apresentados na Tabela 3 demonstram que não houve influência ( $P>0,05$ ) dos TRH utilizados sobre os potenciais de produções de biogás e metano por DQO adicionada. No entanto, houve diferença ( $P<0,05$ ) para os potenciais de produção de biogás e metano por DQO reduzida, sendo que à medida que se aumentou o tempo de retenção hidráulica reduziram-se os valores de produção (Figura 4).



**FIGURA 4** - Potenciais de produção de biogás e metano por (g) de DQO adicionada (DQOA) e reduzida (DQOR), durante a biodigestão de efluente de abatedouro avícola em função do tempo de retenção hidráulica usados.

As produções de biogás e metano foram maiores quando se utilizou o THR 7 dias, seguido dos TRH's 14 e 21 respectivamente. Possivelmente esse comportamento esteja associado à maior taxa de renovação de nutrientes, devido ao grande fluxo de resíduo que entra nos biodigestores quando comparado com os demais TRHs utilizados, o que faz com que a renovação do material de fácil degradação seja constante, possibilitando assim maior eficiência na reciclagem energética.

Os resultados do presente estudo estão de acordo com informações compiladas por AMARAL et al. (2004), que atribuíram essas maiores produções, considerando-se TRHs menores, às maiores cargas orgânicas a que esses sistemas são submetidos. Desta forma, associam-se esses resultados ao volume médio diário de carga realizado nos

biodigestores que eram de 3,6, 1,9 e 1,3, para os TRH's de 7, 14 e 21 dias respectivamente, mesmo assim faz-se necessário ressaltar que, como os teores de metano não apresentaram diferenças em função dos TRHs, os resultados ( $\text{CH}_4/\text{DQOr}$  e volume de  $\text{CH}_4$ ) apresentaram comportamento semelhantes.

A concentração de metano obtida para o TRH de 7 dias, foi semelhante a encontrada por OGEJO & LI (2010) após biodigestão anaeróbia de água residuária de abatedouro de peru utilizando um TRH de 5 dias (média de 70% de  $\text{CH}_4$ ). As concentrações de  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ , em função dos tratamentos utilizados, estão de acordo com valores médios preconizados por SOUZA et al. (2010). De acordo com os autores, os principais constituintes do biogás são o metano (60 - 80%) e o dióxido de carbono (20 - 40%).

Os valores de pH encontrados no experimento para os diferentes tempos de retenção hidráulica e níveis de enzimas utilizados são apresentados na Tabela 4.

**TABELA 4.** Valores de pH após a biodigestão da água residuária de abatedouro avícola em função dos tempos de retenção hidráulica e dos níveis de enzimas.

Variáveis	Tempos de retenção hidráulica			
	7	14	21	
pH	6,82c	6,96b	7,04a	
Variáveis	Níveis de Enzimas			
	0	0,05	0,10	0,15
pH	7,03a	6,96b	6,89c	6,88c
C.V				1.6

Na linha, letras minúsculas comparam resultados obtidos através dos níveis de adição de enzima e tempos de retenção hidráulica. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ).

De acordo com os resultados mostrados na Tabela 4 houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os pH dos resíduos após os tratamentos realizados, em que à medida que se aumentou o TRH houve uma elevação do pH para níveis mais próximos da

neutralidade. Possivelmente isso pode ter ocorrido devido ao fato do resíduo passar mais tempo dentro do biodigestor, o que possibilita um maior consumo dos produtos (ácidos e/ou compostos intermediários a formação de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>) gerados durante a degradação do material pelos microorganismos presentes no ambiente.

Os valores de pH obtidos quando comparado os diferentes níveis de enzimas utilizados, demonstram que conforme se aumentou o nível de adição de enzimas promoveu-se uma maior acidificação do meio. Isso pode ser resultado do possível acúmulo de intermediários (ácidos graxos de cadeia longa), o que leva ao surgimento de eventuais problemas como, por exemplo, a toxicidade aos microrganismos (acetogênicos e metanogênicos), refletindo-se na taxa de produção de metano (GANNOUN et al., 2009) e, portanto, na retirada de H<sup>+</sup> do meio. Porém os resultados obtidos nesse experimento foram semelhantes aos de outros autores (RIGO, 2004; SCHOENHALS, 2006; GANNOUN et al., 2009; OGEJO & LI, 2010) que, ao realizarem a biodigestão anaeróbia de efluentes de abatedouros, obtiveram valores médios que oscilaram entre 6,7 a 7,9.

Não foram verificadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos quanto às reduções no NMP de coliformes totais e termotolerantes, sendo que não foram encontradas presença de coliformes termotolerantes e totais em todos os ensaios realizados nos efluentes dos biodigestores. De acordo com ORRICO JÚNIOR (2009), esse resultado não está somente vinculado ao processo de biodigestão anaeróbia, mas também ao modelo de biodigestor utilizado, visto que o biodigestor tubular semi-contínuo se caracteriza por apresentar elevada produção de ácido na entrada do biodigestor, e como a ação do pH se dá logo no início do processo, reduz-se, assim, a população de coliformes no material de entrada.

O biofertilizante obtido a partir da biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro avícola apresenta características microbiológicas favoráveis ao seu uso na irrigação de hortaliças e de frutas que se desenvolvem rente ao solo, pois, de acordo com resolução CONAMA 357 (2005), admitem-se como concentração permissível para a irrigação dessas culturas, quantidades inferiores a 200 coliformes 100 mL<sup>-1</sup> de biofertilizante.

Os resultados encontrados neste trabalho para a eficiência de remoção de coliformes totais e termotolerantes foram semelhantes aos obtidos por GANNOUN et al. (2009), que avaliaram diferentes tempos de retenção hidráulica (TRH) e níveis de material orgânico e observaram uma redução média de coliformes totais e termotolerantes de 99,9%.

Os valores de N, P e K encontrados no experimento para os diferentes tempos de retenção hidráulica e níveis de enzimas utilizados são apresentados na Tabela 5.

**TABELA 5.** Teores de N, P e K após a biodigestão anaeróbia do efluente de abatedouro avícola em função dos tempos de retenção hidráulica e dos níveis de enzimas adicionados.

Variáveis	Tempos de retenção hidráulica				C.V
	7	14	21		
N amoniacal (mg/L)	122.0b	135.2b	152.6a		13.9
P total (mg/L)	4.8b	5.0b	5.8a		13.4
K (mg/L)	69,9	71,6	76,4		9.5
Variáveis	Níveis de Enzimas				C.V
	0	0,05	0,10	0,15	
N (mg/L)	152,8	135,8	126,6	131,1	13,9
P (mg/L)	5,1	5,4	5,1	5,1	13,4
P (mg/L)	71,2	76,5	73,0	69,7	9,5

Na linha, letras minúsculas comparam resultados obtidos através dos níveis de adição de enzima e tempos de retenção hidráulica. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 5 observa-se que houve influencia ( $P < 0,05$ ) dos TRHs utilizados sobre a concentração dos teores de N e P, onde os maiores valores foram atribuídos ao TRH de 21 dias (152,6 e 5,8 para N e P respectivamente).

Os resultados obtidos no presente estudo para N e P podem estar associados ao maior tempo de permanência dos efluentes no biodigestor, o que levou a uma maior degradação do material orgânico e, conseqüentemente, a um aumento na disponibilidade destes minerais. Não foram observadas diferenças significativas para os teores de K em função do TRHs. Os resultados da tabela 5 demonstram que não houve influencia ( $P > 0,05$ ) das doses de enzimas sobre os teores N, P e K.

OGEJO & LI (2010) obtiveram valores médios de 100, 15 e 41 mg/L para N, P e K respectivamente, ao submeterem efluente de abatedouro de peru a biodigestão anaeróbia, adotando TRH de 5 dias e concentração de ST e DQO de 2.500 mg/L e 3.910 mgO<sub>2</sub>/L, respectivamente. As diferenças encontradas entre o presente trabalho e os compilados por estes autores podem estar associados à composição dos efluentes, principalmente quanto às quantidades de sangue e fragmentos cárneos no resíduo.

De acordo com a legislação CONAMA 357 (2005), o valor padrão estabelecido para descarte de Fósforo em ambiente lótico é de 0,1 mg/L. Dessa forma, não se recomenda o descarte do efluente dos biodigestores diretamente em corpos hídricos, sendo que isso poderia causar sérios problemas ambientais como a eutrofização. Contudo, o uso deste efluente em culturas forrageiras mostra-se como uma alternativa interessante, uma vez que a maioria dos solos brasileiros é deficiente desse mineral.

## **2.4. CONCLUSÃO**

O uso de pré-tratamento com a adição de lipase foi eficiente para aumentar a produção de biogás e metano, bem como levar a um aumento na remoção de material orgânico em biodigestores semi-contínuos alimentados com efluente de abatedouro de aves. Contudo para que haja uma maior eficiência na reciclagem energética, recomenda-se a utilização de níveis até 0,10% de enzima e tempo de retenção hidráulica de 7 dias.

### 3. IMPLICAÇÕES

Visando dar continuidade a estudos futuros que busquem o aperfeiçoamento do uso de tratamento enzimático e anaeróbio de efluentes de abatedouros avícolas, sugere-se:

Realizar um estudo mais detalhado sobre a influência dos ácidos graxo de cadeia longa sobre o processo de biodigestão anaeróbia quando submetido à pré – hidrólise enzimática.

Estudar o potencial de produção de biogás remanescente nos efluentes dos biodigestores.

Testar a utilização de tempos de retenção hidráulica menores que 7 dias, pois a obtenção de uma reciclagem energética semelhante ou melhor que a encontrada neste experimento com o uso de menores TRH, levaria a uma otimização da capacidade suporte do tratamento.

Avaliar o uso de diferentes níveis de inclusão de lipase entre 0,05 e 0,10% da carga diária, identificando assim a possibilidade do uso de um nível que esteja dentro deste intervalo e promova uma maior eficiência na reciclagem energética ou na eficiência econômica do processo através da redução na quantidade de enzima utilizada.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, R.; LIDÈN, G. Semi-continuous co-digestion of solid slaughterhouse waste, manure, and fruit and vegetable waste. **Renewable Energy**, v. 33, p. 726-734, 2008.
- AMARAL, C.M.C.; AMARAL, L.A.; LUCAS JÚNIOR, J. et al. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. **Ciência Rural**, v 34, n. 6, p.1.897-1.902, 2004.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for examination of water and wastewater**. American Water Works Association, 19th ed. Washington, DC, 1995. 1134 p.
- BATAGLIA, O. G. et.al. **Métodos de análises químicas de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico)
- 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.
- CAETANO, L. **Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás**. 1985. 75f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- CAMMAROTA, M. C.; TEIXEIRA, G. A.; FREIRE, D. M. G. Enzymatic prehydrolysis and anaerobic degradation of wastewaters with high fat contents. **Biotechnology Letters**, v. 23, p. 1591-1595, 2001.

- CAMMAROTA, M.C.; FREIRE, D.M.G. A review on hydrolytic enzymes in the treatment of wastewater with high oil and grease content. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 2195-2210, 2006.
- CHEN Y.; Cheng, J. J.; Creamer, K. S. Inhibition of anaerobic digestion process: A review. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 4044-4064, 2008.
- CIRNE, D. G.; PALOUMET, X.; BJÖRNSSON, L. et al. Anaerobic digestion of lipid-rich waste—Effects of lipid concentration. **Renewable Energy**, 32, p. 965-975, 2007.
- CONCELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Classifica as águas doces, salobras e salinas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 18 de março de 2005.
- DORS, G. **Hidrólise enzimática e biodigestão de efluentes da indústria de produtos avícolas**. 2006. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- GANNOUN, H.; BOUALLAGUI, H.; OKBI, A. et al. Mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of biologically pretreated abattoir wastewaters in an upflow anaerobic filter. **Jornal of Hazardous Materials**, v. 170, p. 263-271, 2009.
- JOHNS, M. R.. Developments in wastewater treatment in the meat processing industry: a review. **Bioresource Technology**, v. 54, p. 203-216, 1995.
- LEAL, M. C. M. R.; FREIRE, D. M. G.; CAMMAROTA, M. C. et al. Effect of enzymatic hydrolysis on anaerobic treatment of dairy wastewater. **Process Biochemistry**, v. 41, p. 1173-1178, 2006.
- 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.

- MENDES, A. A.; Castro, H. F.; PEREIRA, E. B. et al. Aplicação de lipases no tratamento de águas residuárias com elevados teores de lipídeos. **Química Nova**, v. 28, n. 2, p. 296-305, 2005.
- OGEJO, J.A.; LI, L. Enhancing biomethane production from flush dairy manure with turkey processing wastewater. **Applied Energy**, v. 87, n.10, p. 3171-3177, 2010.
- ORRICO JÚNIOR, M. O. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. L. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos com e sem separação da fração sólida em diferentes tempos de retenção hidráulica. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n.3, p.474-482, 2009.
- ORRICO JÚNIOR, M. O. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. L. Influência da relação volumoso: concentrado e do tempo de retenção hidráulica sob a biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n.3, p. 386-394, 2010.
- RIGO E. **Aplicação de Lipaselipases como auxiliar no pré-tratamento de efluentes de frigoríficos de suínos e bovinos**. 2001. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de alimentos), - Departamento de ciências agrárias, Universidade Regional integrada do alto Uruguai e das missões, Erechim, 2004.
- RIGO, E.; RIGONI, R. E.; LODEA, P. et al. Comparison of two lipases in the hydrolysis of oil and grease in wastewater of the swine meat industry. **Engineering Chemistry Research**, v. 47, p. 1760-1765, 2008.
- ROSA, D. R.; DUARTE, I. C.S.; SAAVEDRA, N. K. et al. Performance and molecular evaluation of an anaerobic system with suspended biomass for treating wastewater with high fat content after enzymatic hydrolysis. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 6170-6176, 2009.
- SALMINEN, E.; RINTALA, J. Anaerobic digestion of organic solid poultry slaughterhouse waste: a review. **Bioresource Technology**, v. 83, p. 13-26, 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, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Editora Universitária, 1981. 166p.
- SOUZA, O.; FEDERIZZI, M.; COELHO, B. et al. Biodegradação de resíduos lignocelulósicos gerados na bananicultura e sua valorização para a produção de biogás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.4, p.438-443, 2010.
- UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA – UBA, **Relatório anual 2009**. 2010, p 21
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG**. Versão 8.0. Viçosa, MG, 2000. 142p.
- VALLADÃO A. B. G.; SARTORE P. E.; FREIRE D. M. G. et al. Evaluation of different pre-hydrolysis times and enzyme pool concentrations on the biodegradability of poultry slaughterhouse wastewater with a high fat content. **Water Science & Technology**, v 60. p. 243-249, 2009.
- VALLADÃO, A. B. G. Pré-hidrólise enzimática aplicada ao tratamento anaeróbio de efluente de abatedouro de aves. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- 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.

## APÊNDICE



1. A - Biodigestores semi-contínuos em avaliação



2. A - Gasômetros



3. A - Lipase utilizada



4. A - Pesagem da enzima



5. A - Homogeneização da Carga



6. A - Realização da carga diária



7. A - Biofertilizante



8 . A - Queima do biogás

**ANEXO 1.****Normas para preparação de trabalhos científicos para publicação na Revista  
Brasileira de Zootecnia****Instruções gerais**

A RBZ publica artigos científicos originais nas áreas de Aquicultura; Forragicultura; Melhoramento, Genética e Reprodução; Monogástricos; Ruminantes; e Sistemas de Produção Animal e Agronegócio. A RBZ poderá publicar, a convite, artigos de revisão de assuntos de interesse e relevância para a comunidade científica.

O envio dos manuscritos é feito exclusivamente pelo *site* da SBZ (<http://www.sbz.org.br>), link Revista, juntamente com a carta de encaminhamento, conforme instruções no link "Envie seu manuscrito".

O texto deve ser elaborado segundo as normas da RBZ e orientações disponíveis no link "Instruções aos autores".

O pagamento da taxa de tramitação (pré-requisito para emissão do número de protocolo), no valor de R\$ 45,00 (quarenta e cinco reais), deve ser realizado por meio de boleto bancário, disponível no *site* da SBZ.

A taxa de publicação para 2010 é diferenciada para associados e não-associados da SBZ. Para associados, a taxa é de R\$ 140,00 (até 8 páginas no formato final) e R\$ 50,00 para cada página excedente. Uma vez aprovado o manuscrito, todos os autores devem estar em dia com a anuidade da SBZ do ano corrente, exceto coautor que não

milita na área, desde que não seja o primeiro autor e que não publique mais de um artigo no ano corrente (reincidência).

Para não-associados, serão cobrados R\$ 110,00 por página (até 8 páginas no formato final) e R\$ 220,00 para cada página excedente.

No processo de publicação, os artigos são avaliados por revisores *ad hoc* indicados pelo Conselho Científico, composto por profissionais qualificados na área e coordenados pelo Conselho Editorial da RBZ. A política editorial da RBZ consiste em manter o alto padrão científico das publicações, por intermédio de colaboradores de elevado nível técnico. O Editor-Chefe e o Conselho Científico, em casos especiais, têm autonomia para decidir sobre a publicação do artigo.

**Idioma:** português ou inglês

### **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. Comunicação pessoal (ABNT-NBR 10520). Não fazem parte da lista de referências, por isso são colocadas apenas em nota de rodapé. Coloca-se o sobrenome do autor seguido da expressão “comunicação pessoal”, a data da comunicação, o nome, estado e país da instituição à qual o autor é vinculado.

## **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.): Virgínia 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 assava 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: <[\[propesq.ufpe.br/anais/anais.htm\]\(http://www.propesq.ufpe.br/anais/anais.htm\)> Acesso em: 21/1/1997](http://www.</a></p></div><div data-bbox=)