

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PRODUÇÃO DE BIOGÁS POR DEJETOS DE SUÍNOS EM
TERMINAÇÃO SUPLEMENTADOS COM RACTOPAMINA

Acadêmica: Paula Satiko Fatori Trevizan

Abril de 2013
Aquidauana - MS

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PRODUÇÃO DE BIOGÁS POR DEJETOS DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO SUPLEMENTADOS COM RACTOPAMINA

Acadêmica: Paula Satiko Fatori Trevizan
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Tânia Mara B. Santos
Coorientadora: Dr^a. Cristiane de Almeida Neves Xavier

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia”

Abril de 2013
Aquidauana – MS



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
PRODUÇÃO ANIMAL NO CERRADO-PANTANAL



PAULA SATIKO FATORI TREVIZAN

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, como requisito para obtenção do grau de Mestra em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 04/02/2013.

Dra. Tânia Mara Baptista dos Santos (UEMS),
Orientadora.

Dra. Cristiane de Almeida Neves Xavier (UEMS),
Coorientadora

Dra. Elis Regina de Moraes Garcia (UEMS).

Dr. Charles Kiefer (UFMS).

Dedico aos meus pais que me deram a coragem para sempre lutar, alento para o estudo e esperança para o futuro. Que não mediram esforços e compreensão, porque sem os mesmos, seria difícil a concretização de mais um trabalho.

Dedico aos meus irmãos, Fernanda, Lucas, Lucio e Sandro, que sempre me compreenderam e apoiaram no decorrer deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos e minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que iluminou as veredas, ao ponto de portas se abrirem e chegar ao fim deste trabalho em plena saúde.

À minha família que sempre me apoiou. Vocês são minha fonte de inspiração e o meu esteio nos momentos difíceis. Obrigada por acreditarem em mim!

Ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul e aos mestres, por proporcionarem o aprendizado.

À UEMS e Capes pelas bolsas concedidas durante o curso.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Tânia Mara B. Santos pela sua orientação, confiança, exemplo de profissionalismo e principalmente pelo incentivo a pesquisa.

A minha co-orientadora Dr^a Cristiane de Almeida Neves Xavier, obrigada pelo apoio, por sua disposição em todos os momentos, pela amizade e pela confiança. Obrigada pelos inúmeros conselhos.

Ao Prof. Charles Kiefer e alunos pela atenção e disponibilização de material para os experimentos.

Aos professores Dr. André Luiz Julien Ferraz e Dr^a. Elis Regina de Moraes Garcia, pelas considerações na qualificação (mesmo no feriado) e pelos ensinamentos durante o decorrer do mestrado.

À todos os amigos do laboratório de Qualidade de Água e Resíduos de Origem Animal, pelas alegrias e ajudas, em especial a Kelly, Willian, Wagner, Daiana, Jessica, pois seria muito difícil conduzir este trabalho, sem ajuda de vocês!

Aos meus amigos de Mestrado, especialmente, Flávia e José Luiz que sempre me aturaram, ouviram, ajudaram e incentivaram, às vezes a distância. Obrigada pela amizade de vocês!

Aos meus amigos, especialmente Jesilda e Adilson, que sempre estiveram presentes em todos os momentos desta nova etapa. Às vezes na forma de mensagens e ligações. Obrigada pela amizade!!

À todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a conclusão de mais uma etapa.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO DE TABELAS

	“Página”
Tabela 1 - Composição percentual e nutricional das dietas experimentais	39
Tabela 2 – Valores médios de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), nitrogênio total (N total) e fósforo total (P total), nos dejetos de suínos suplementados com ractopamina	43
Tabela 3 – Valores médios de alcalinidade parcial (AP), alcalinidade intermediária (AI) e relação alcalinidade intermediária: alcalinidade parcial (AI:AP) nos afluentes e efluentes de biodigestores contínuos operados com dejetos de suínos suplementados com ractopamina	44
Tabela 4 – Valores médios de pH e nitrogênio amoniacal (N amoniacal) nos afluentes e efluentes de biodigestores contínuos operados com dejetos de suínos suplementados com ractopamina	45
Tabela 5 – Valores médios dos teores de nitrogênio total (N total) e fósforo total (P total) nos afluentes e efluentes de biodigestores contínuos operados com dejetos de suínos suplementados com ractopamina	47
Tabela 6 - Reduções de sólidos totais (ST) e de sólidos voláteis (SV), em porcentagem, obtidas na biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos suplementados com ractopamina	48
Tabela 7 - Produção e potenciais de produção do biogás em biodigestores contínuos operados com dejetos de suínos suplementados com ractopamina	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI – alcalinidade intermediária

AI:AP – relação alcalinidade intermediária: alcalinidade parcial

AP – alcalinidade parcial

C – carbono

C:N – relação carbono/nitrogênio

CaCO₃ – bicarbonato de sódio

CH₄ – metano

CO₂ – dióxido de carbono

CV – Coeficiente de variação

DBO – demanda bioquímica de oxigênio

DQO – demanda química de oxigênio

H₂S – sulfeto de hidrogênio

L – Litro

m³ – metros cúbicos

mg – miligrama

N – nitrogênio

N₂ – nitrogênio

NH₃ – gás amônia

°C – celsius

P – fósforo

P - Probabilidade

pH – potencial hidrogeniônico

ppm – parte por milhão

PVC – policloreto de vinila

ST – sólidos totais

SV – sólidos voláteis

TRH – tempo de retenção hidráulica

UASB – Reator anaeróbio de fluxo ascendente

SUMÁRIO

	“Página”
Capítulo 1 – Considerações Iniciais	16
1. Introdução	16
2. Objetivo Geral	18
2.1. Objetivos Específicos	18
3. Biodigestão Anaeróbia	18
3.1. Biodigestores	19
3.2. Biogás	19
3.3. Biofertilizante	20
3.4. Fatores que interferem na biodigestão anaeróbia	21
3.4.1. Temperatura	21
3.4.2. Potencial hidrogeniônico (pH)	22
3.4.3. Tempo de retenção hidráulica (TRH)	23
3.4.4. Utilização de inóculo	23

3.4.5. Composição do substrato	24
4. Ractopamina	25
5. Referências	29
Capítulo 2 - Produção de biogás por dejetos de suínos em terminação suplementados com ractopamina	35
Resumo	35
Abstract	36
Introdução	37
Material e Métodos	38
Resultados e Discussão	42
Conclusões	50
Referências	50
Capítulo 3 – Considerações Finais	54

Resumo

Objetivou-se avaliar o efeito da suplementação de ractopamina em dietas para suínos em terminação, em diferentes períodos, na eficiência do processo de biodigestão anaeróbia dos dejetos e na produção de biogás. Foram utilizados seis biodigestores contínuos de bancada, com capacidade de 7,5 L de substrato. Os biodigestores foram operados com tempo de partida de 28 dias, com 65 dias de cargas diárias e tempo de retenção hidráulica (TRH) de 30 dias. Os dejetos foram provenientes de 48 suínos machos, castrados, em terminação, colhidos segundo as diferentes dietas a que os animais foram submetidos, ou seja, sem suplementação de ractopamina e com suplementação de ractopamina durante sete, 14, 21, 28 e 35 dias pré-abate. Foram realizadas análises semanais de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), pH, alcalinidade, nitrogênio amoniacal (N amoniacal); quinzenais de nitrogênio total (N) e fósforo total (P), redução de ST e SV; e diárias de produções de biogás e dos potenciais de produção de biogás quanto aos ST adicionados, SV adicionados e de dejetos. Foi utilizado delineamento de blocos casualizado para os dados de caracterização dos dejetos, monitoramento do processo, redução de ST e SV, nitrogênio, fósforo e potenciais de produção de biogás, sendo que para produção diária de biogás foi utilizado medidas repetidas no tempo e teste de Tukey a 5%. Não houve efeito ($P>0,05$) dos diferentes períodos de suplementação com ractopamina no efluente quanto ao pH (7,66), alcalinidade parcial (5.389 mg/L em termos de CaCO_3), alcalinidade intermediária (1.902 mg/L em termos de CaCO_3), relação alcalinidade intermediária: alcalinidade parcial (0,36), N (3,55%) e P (4,70%). A suplementação não interferiu ($P>0,05$) na redução de ST e SV, respectivamente, 50,03 e 56,51% bem como nos potenciais dos ST e SV adicionados (0,148 e 0,214 m^3/kg). Efluentes de biodigestores operados com dejetos de animais suplementados por longo período (35 dias) apresentaram menor concentração de N amoniacal em relação aos demais períodos, no entanto, nenhum período ofereceu riscos de inibição para arqueas metanogênicas. Os

dejetos de animais suplementados com ractopamina por sete dias tem maior potencial de produção de biogás ($P < 0,01$), de $0,029 \text{ m}^3/\text{kg}$, do que animais suplementados por maior período, de $0,024 \text{ m}^3/\text{kg}$. Conclui-se que a suplementação com ractopamina para suínos em terminação por sete a 35 dias não oferece riscos de falência do processo de biodigestão anaeróbia nem na redução de sólidos.

Palavras – chave: beta-adrenérgicos, biodigestores, fósforo, nitrogênio, reduções de sólidos, suinocultura

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of ractopamine supplementation in diets for finishing swine in different periods, the efficiency of the anaerobic digestion of manure and biogas production. We used six continuous bench digesters, with a capacity of 7.5 liters of substrate. The digesters were operated from starting time of 28 days, with 65 days of daily load and hydraulic retention time (HRT) of 30 days. The waste came from 48 finishing male swine, caught respectively according to the diets that the animals were submitted, that is, without supplemental ractopamine and ractopamine supplementation during seven, 14, 21, 28 and 35 days before slaughter. We performed weekly analyses of total solids (TS), volatile solids (VS), pH, alkalinity, ammonia nitrogen (ammonium N); and biweekly of total nitrogen (N) and total phosphorus (P), reduction of TS and VS, and daily biogas production and potential biogas production related to added to TS, VS and manure. We use randomized block design for data characterization of the waste, watched the process, reduction of VS, nitrogen, phosphorus and potential biogas production, being that for the daily production of biogas was used repeated measures and Tukey test at 5%. There was no effect ($P > 0.05$) among the different periods of ractopamine supplementation in the wastewater of pH (7.66), partial alkalinity (5389 mg / L in terms of CaCO_3), alkalinity intermediate (1902 mg / L in terms CaCO_3), intermediate alkalinity relationship: partial alkalinity (0.36), N (3.55%) and P (4.70%). Supplementation did not affect ($P > 0.05$) in the reduction of TS and VS, respectively, 50.03 and 56.51% as well as the potential of TS and VS added (0.148 and 0.214 m^3/kg). Effluents from digesters operated with animal manure supplemented by long period (35 days) had lower concentrations of ammonia N in relation to other periods, nevertheless, no period showed any risk inhibition to methanogenic archaea. Waste from animals supplemented with ractopamine for seven days has more potential for biogas production ($P < 0.01$), 0.029 m^3/kg , than the animals supplemented for a longer period, that is, 0.024 m^3/kg .

We concluded that supplementation with ractopamine to finishing swine from seven to 35 days there was no risk of failure related to the process of anaerobic digestion or solid reduction.

Keywords: beta-adrenergic, digesters, phosphorus, nitrogen, solid reduction, swine breeding

Capítulo 1 – Considerações Iniciais

1. Introdução

A suinocultura brasileira vem crescendo significativamente e com o rápido crescimento do rebanho, torna-se cada vez mais concentrada. Associada ao crescimento do plantel está a geração de resíduos, ricos em matéria orgânica e inorgânica e emissões gasosas.

A suinocultura caracteriza-se como uma atividade de alto poder poluidor, devido às características dos resíduos gerados, presença de coliformes totais e termotolerantes e significativas quantidades de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo nos dejetos dos animais.

Os dejetos gerados na produção animal constituem principalmente de polissacarídeos, lipídios, proteínas, ácidos graxos voláteis, elevado número de componentes inorgânicos, entre outros componentes, todos esses de interesse ambiental.

Em vista do exposto, torna-se necessária a adoção de métodos e técnicas para manejar, estocar, tratar, utilizar e dispor dos resíduos dentro do sistema de produção com o objetivo da manutenção da qualidade ambiental, reutilização dos resíduos em outros sistemas agrícolas e maior rentabilidade na produção (Souza et al., 2005).

A utilização de biodigestores representa uma alternativa para o tratamento de resíduos, pois além de permitir a redução do potencial poluidor e dos riscos sanitários dos dejetos ao mínimo, promove a geração do biogás, utilizado como fonte de energia alternativa e permite a reciclagem do efluente, podendo ser utilizado como biofertilizante (Amaral et al., 2004).

O biodigestor representa uma excelente alternativa tecnológica para o tratamento de resíduos, favorecendo um destino adequado e, também, reduzindo a problemática ambiental causada pelos resíduos das atividades rurais, isto em busca da sustentabilidade e proteção ao meio ambiente, gerando energia limpa, renovável e ganhos ambientais.

A quantidade de resíduos produzida na suinocultura depende diretamente do peso e da idade dos animais. As características dos resíduos também são influenciadas por fatores como a fisiologia do animal e a composição das dietas (Watanabe, 2009).

Atualmente, os suinocultores têm várias alternativas de uso de aditivos alimentares, visando o melhor aproveitamento dos nutrientes pelos animais e consequentemente redução na quantidade de dejetos produzidos.

Na busca por melhores características zootécnicas como peso de carcaça, espessura de toucinho, profundidade de músculo, carne magra na carcaça, e variáveis de desempenho, um recurso nutricional muito utilizado pelos produtores é a adição de ractopamina nas rações.

A ractopamina é classificada como um aditivo beta-adrenérgico que age modificando o metabolismo animal, especialmente nas células adiposas, sendo responsável pela redução da síntese e deposição de gordura subcutânea (Cantarelli et al., 2009).

A utilização de ractopamina na dieta melhora a eficiência alimentar, podem ser estimados a quantidade de dejetos produzidos com base nos dados de desempenho dos animais (Carroll et al., 2001).

A utilização desse aditivo pode interferir na composição dos dejetos e, consequentemente, na biodigestão anaeróbia como via de tratamento e/ou reciclagem de tais dejetos (DeCamp et al., 2001; Sillence, 2004).

2. Objetivo Geral

Avaliar o efeito da suplementação de ractopamina em suínos de terminação, em diferentes idades pré-abate, na eficiência do processo de biodigestão anaeróbia dos dejetos.

2.1. Objetivos Específicos

Caracterizar dos dejetos gerados;

Avaliar a redução de sólidos totais e voláteis por meio da biodigestão anaeróbia;

Avaliar os potenciais de produção de biogás (m^3 de biogás/kg de dejetos);

Avaliar as características físico-químicas dos biofertilizantes.

3. Biodigestão Anaeróbia

A biodigestão anaeróbia consiste na degradação da matéria orgânica em meio anaeróbio, no qual vários microrganismos interagem, promovendo a transformação de compostos orgânicos complexos em produtos simples, principalmente nos gases metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) (Orrico Junior, 2007).

Os compostos orgânicos utilizados no metabolismo dos microrganismos ocorrem por dois mecanismos distintos: anabolismo e catabolismo. No anabolismo, o material orgânico é utilizado como matéria-prima para a síntese de material celular que resulta no aumento da massa microbiana pela reprodução. Já no catabolismo, o material orgânico é usado como fonte de energia por meio de sua conversão em produtos estáveis pelo processo de respiração celular e gera os produtos catabólicos ou produtos finais da respiração (Faustino, 2007).

O processo pode ser dividido em três fases, hidrólise, acidogênese e metanogênese, considerando que todas as fases ocorrem simultaneamente. A primeira fase de hidrólise envolve a transformação mediada por enzimas extracelulares dos compostos insolúveis e dos compostos com alto peso molecular como carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos

em compostos solúveis mais simples como os monossacarídeos, os aminoácidos e os ácidos graxos. As bactérias que hidrolisam a matéria orgânica nessa fase são facultativas e anaeróbias estritas.

Na fase de acidogênese, os microrganismos transformam os produtos resultantes da fase anterior em ácido acético, hidrogênio, dióxido de carbono e outros ácidos orgânicos como o propiônico e o butírico que devem ser convertidos em ácido acético. Na fase metanogênica, o ácido acético, o hidrogênio e o dióxido de carbono são convertidos em biogás pelas *archeas* metanogênicas (Liu et al., 2002).

3.1. Biodigestores

Os biodigestores são equipamentos utilizados na biodigestão anaeróbia, em que ocorre a reação entre o material orgânico (dejetos bovinos, suínos, aves, entre outros) e microrganismos anaeróbios, ou seja, que vivem na ausência de oxigênio, resultando na produção de biogás e biofertilizantes (Simon e Bueno, 2006).

Os biodigestores podem ser classificados de acordo com o modo de abastecimento, podendo ser batelada, que recebe afluyente (substrato) em uma única vez, e contínuos, que recebe afluyente diariamente.

O modelo de biodigestor deve ser escolhido de acordo com as necessidades locais, bem como a disponibilidade de materiais utilizados na construção e manutenção. Os biodigestores mais encontrados são: os modelos indiano, chinês, batelada, UASB e tubular revestido com manta de PVC (policloreto de vinila).

3.2. Biogás

O biogás pode ser obtido de resíduos agrícolas ou mesmo de excrementos de animais e de seres humanos. Formado, em particular, por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), gás

amônia (NH_3), sulfeto de hidrogênio (H_2S) e nitrogênio (N_2), tem sido usado com frequência, em especial na Europa, em substituição ao gás natural que tem se tornado de difícil obtenção (Souza et al., 2005).

O biogás é um combustível gasoso com um conteúdo energético elevado semelhante ao gás natural, composto, notadamente, por hidrocarbonetos de cadeia curta e linear. Pode ser utilizado para geração de energia elétrica, térmica ou mecânica em uma propriedade rural, contribuindo para a redução dos custos de produção (Castanho e Arruda, 2008).

A composição do biogás varia, especialmente, conforme a temperatura no interior do biodigestor, o resíduo com que é alimentado e o tempo de retenção hidráulica.

Existem variações quanto à porcentagem de cada gás na composição final do biogás, sendo basicamente composto por 54 a 80% de metano, 20 a 45 % de dióxido de carbono e os demais gases como leves traços.

O metano é incolor, inodoro, altamente combustível, queima com chama azul lilás sem deixar fuligem e com poluição mínima. O sulfeto de hidrogênio (H_2S) confere ao biogás o odor pútrido característico da mistura quando o gás é liberado (Miranda, 2009).

3.3. Biofertilizante

O biofertilizante é a designação dada ao efluente líquido obtido da fermentação metanogênica da matéria orgânica e água. Pode ser utilizado como fertilizante agrônomico promovendo a incorporação de nutrientes além de provocar melhorias nas propriedades físicas, biológicas e químicas do solo (Araújo et al. 2007).

Podendo ser usado para vários propósitos, em diferentes tipos de solos, para vários tipos de culturas vegetais e diferentes estágios de desenvolvimento das plantas, para controle biológico de patógenos de vegetais e para recuperação de solos danificados (Fukayama, 2008).

O biofertilizante apresenta todos os nutrientes presentes no dejetto fresco, mas apresentado na forma estável e prontamente disponível para as plantas.

A aplicação de biofertilizante no solo tem mostrado efeito benéfico na redução da acidez do solo, ou seja, no aumento de pH e ainda, aumento do teor de P disponível, melhoria das propriedades físicas do solo e menor disseminação de plantas daninhas (Miranda, 2009).

3.4. Fatores que interferem na biodigestão anaeróbia

Como se trata de um processo biológico é necessário manter condições favoráveis para que ocorra a eficiência do processo, que pode ser afetada por vários fatores que podem favorecer ou não o processo, como a degradação do substrato, o crescimento e declínio dos microrganismos e a produção de biogás. Entre estes fatores podemos citar a temperatura, pH, presença de inóculo e nutrientes, composição do substrato e a porcentagem de sólidos totais e a interação entre os microrganismos envolvidos (Orrico Junior, 2007).

Um fator é considerado inibitório quando provoca mudanças adversas na população microbiana ou inibe o crescimento microbiano, geralmente indicado pela diminuição da produção de biogás e acúmulo de ácidos orgânicos (Chen et al., 2008).

3.4.1. Temperatura

A temperatura é um fator extremamente importante na biodigestão, influi na velocidade do metabolismo bacteriano, no equilíbrio iônico e na solubilidade dos substratos (Orrico Junior, 2007).

O processo de biodigestão anaeróbia é termodinâmico e mudanças bruscas na temperatura podem prejudicar o desempenho da biodigestão, visto que os microrganismos produtores de metano são sensíveis à variação de temperatura. Variações na ordem de 2°C no intervalo de um dia podem paralisar a produção de biogás (Miranda, 2009).

Mudanças de temperatura, aumentos e diminuições, podem afetar negativamente o desempenho da biodigestão, provocando aumento na concentração de ácidos graxos voláteis, especialmente o ácido acético e propiônico (Visser et al., 1993; Ahn e Forster, 2002) .

O efeito das variações da temperatura sobre o desempenho de reatores mesófilos (35°C) e termófilos (55°C) com água residuária, demonstram que a queda de temperatura causa menor eficiência na remoção de demanda química de oxigênio (DQO) e de sólidos suspensos, menor produção de biogás e acúmulo de ácidos graxos voláteis (Ahn e Forster, 2002).

3.4.2. Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH, a alcalinidade e a concentração de ácidos voláteis estão intimamente correlacionados e devem ser monitorados a fim de garantir um controle adequado da biodigestão.

O aumento do pH durante a biodigestão anaeróbia está associado a oxidação de ácidos voláteis de cadeias curtas, como ácido acético, butírico e propiônico, de *archeas* metanogênicas e de amonificação do meio (Steil, 2001).

A maioria das bactérias se desenvolvem em pH próximo da neutralidade, entre 6,5 e 7,5, em que as acidogênicas têm um crescimento ótimo na faixa de pH entre 5,0 e 6,0, mas suportam valores de pH mais baixos, enquanto que as arqueas metanogênicas têm um crescimento ótimo em uma faixa de pH entre 6,6 e 7,4 (Chernicharo, 1997).

O pH ótimo para a atividade metanogênica está entre 6,5-7,5, mas bactérias acidogênicas são menos sensíveis aos valores de pH mais elevados ou mais baixos. Isto significa que a atividade pode ser inibida em pH mais baixo, enquanto os ácidos graxos voláteis são produzidos podendo acidificar o meio (Leitão et al., 2006).

O pH pode interferir no processo anaeróbio de forma direta, em que as suas variações afetam a atividade das enzimas, alterando suas estruturas proteicas, ou também,

indiretamente, em que as mudanças do pH podem provocar a alteração de substâncias, aumentando a toxicidade do meio (Chernicharo, 1997).

3.4.3. Tempo de retenção hidráulica (TRH)

O TRH é de fundamental importância por estar diretamente relacionado com a velocidade do processo de biodigestão anaeróbia o que, por sua vez, depende do tamanho do biodigestor.

O TRH está indiretamente relacionado com o teor de sólidos totais (ST) do substrato e se refere ao tempo em que uma carga de material a ser degradado permanece dentro do biodigestor (Augusto, 2007).

Afluentes com e sem separação de sólidos com diferentes TRH, não diferiram na redução de ST e SV. Porém, para os valores de DQO e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), foram observadas reduções significativas nos biodigestores em que o afluente sem separação da fração sólida com o TRH de 36 dias apresentou maiores reduções de DQO e DBO (Orrico Junior et al., 2009).

3.4.4. Utilização de inóculo

A utilização de inóculo consiste em reutilizar parte do material que já passou pelo processo, capaz de fornecer ao novo substrato uma população adicional de microrganismos típicos da biodigestão anaeróbia.

Devido à adição de inóculo em substratos de biodigestores bateladas e operados com dejetos de vacas leiteiras, observou antecipação dos picos de produção de biogás em todos os tratamentos com inóculo e que o tempo de retenção hidráulica pode ser inferior a 70 dias com o uso de inóculo (Xavier e Lucas Junior, 2010).

A reutilização contínua de inóculo de vários ciclos de fermentação implica a sua qualidade e quanto maior sua inclusão junto ao novo substrato, menor volume do biodigestor será utilizado para a reciclagem dos dejetos.

A utilização de inóculo é justificada pela redução do tempo de início da operação do biodigestor até a estabilidade de funcionamento, o que está relacionado com a degradação do substrato. Assim, o uso de inóculo poderá antecipar o pico de produção de biogás e aumentar o número de microrganismos presente no interior do biodigestor.

A quantidade utilizada de inóculo interfere nos resultados do biodigestor, segundo Steil (2001) avaliando três concentrações de inóculo (0, 10 e 15%) com resíduos de postura, de suíno e cama de frango, concluíram que as concentrações de 10% para resíduos de aves de postura e frangos de corte, e 15% para resíduos de suínos promoveram melhores resultados.

3.4.5. Composição do substrato

Para o crescimento e a atividade microbiana é importante que haja disponibilidade de certos nutrientes, como nitrogênio (N), fósforo (P) e carbono (C), essenciais para todos os processos biológicos.

A quantidade de N e P necessária para a degradação da matéria orgânica presente depende da eficiência dos microrganismos em obter energia para a síntese, a partir de reações bioquímicas de oxidação do substrato orgânico (Augusto, 2007).

As necessidades nutricionais das populações microbianas envolvidas nos processos biológicos são estabelecidas a partir da composição química das células microbianas (Chernicharo, 1997).

A quantidade necessária de cada nutriente é variável e, se este não atingir a concentração mínima exigida, pode limitar o crescimento dos microrganismos. Por outro lado,

se a concentração do nutriente exceder determinado valor, ela pode se tornar tóxica, inibindo a atividade e o crescimento bacteriano.

A relação carbono/nitrogênio (C:N) do substrato é fundamental para que haja a formação dos ácidos orgânicos que serão transformados pelas arqueas metanogênicas em biogás. A proporção ideal está em torno de 20:1 ou 30:1, tanto abaixo ou acima desses níveis pode ocorrer inibição do crescimento dos microrganismos e da produção de biogás (Arruda et al., 2002).

O tipo de substrato pode acelerar ou retardar a produção de biogás, isto devido ao tempo de adaptação que os microrganismos necessitam para iniciar o processo. Biodigestores abastecidos com dejetos de bovinos observaram produção de biogás acelerada quando comparadas com dejetos de suínos, pois a maioria dos microrganismos que atuam no processo de biodigestão anaeróbia são comuns no ambiente ruminal (Miranda et al., 2006).

A utilização de aditivos para melhorar a eficiência alimentar dos animais pode interferir na composição dos dejetos e, conseqüentemente, no substrato utilizado no processo de biodigestão anaeróbia.

4. Ractopamina

A ractopamina, um agonista beta-adrenérgico, tem função repartidora de nutrientes por causa da sua capacidade de redistribuir os nutrientes que seriam destinados da síntese e deposição de lipídeos para a deposição de tecido muscular (Sanches et al., 2010).

Este aditivo é utilizado como melhorador de carcaça, sendo uma alternativa nutricional para os suínos por modificar o metabolismo animal, agindo nas células adiposas e musculares. Observa-se que sua função na redução do tecido adiposo do animal, possivelmente seja mais dependente da sua atividade de bloquear a lipogênese do que estimular a lipólise (Schinkel et al., 2003).

Existem vários fatores que influenciam na resposta dos suínos suplementados com ractopamina. Estes fatores são, além da genética, o nível de lisina, a relação lisina/energia metabolizável, o programa alimentar, o nível de inclusão na dieta e o período de fornecimento.

O mecanismo de ação da ractopamina está relacionado com a estimulação dos receptores na membrana celular, funciona primeiramente como um mensageiro. O complexo β adrenérgico/receptor fixa-se sobre uma proteína de ligação, heterotrimérica, que na sua forma ativa, induz a fluidez da membrana, permite o seu deslocamento lateral e estimula a ação catalítica da enzima adenilatociclase, situada na face interna da membrana plasmática (Mills, 2002).

Os β -adrenérgicos agonistas, podem atuar como moléculas orgânicas. Essas moléculas ligam-se a receptores do complexo agonista-receptor ($\beta 1$ e $\beta 2$) e ativa as proteínas Gs (guanosina difosfato). A α -subunidade das proteínas Gs ativa a adenil-ciclase (enzima), converte-se em adenosina monofosfato cíclica (AMPc), uma das principais moléculas sinalizadoras. A AMPc liga-se à proteína quinase A e, conseqüentemente, ocorre a fosforilação de algumas proteínas intracelulares, na qual algumas dessas proteínas atuam com enzimas que se ativam devido a esse processo, resultando no aumento do catabolismo (lipólise) e uma redução do anabolismo (Moody et al., 2000; Watanabe, 2009).

A inclusão de ractopamina na alimentação de suínos em terminação tem melhorado o desempenho e as características de carcaça. A suplementação aumentou o ganho de peso diário e melhorou a conversão alimentar, além de reduzir a espessura de toucinho, aumentar a área de olho de lombo, a percentagem de carne e a relação carne/gordura na carcaça (Williams et al., 1994; Armstrong et al., 2004; Cantarelli et al., 2009).

Os níveis de inclusão que proporcionam maior ganho de peso e melhor eficiência alimentar normalmente são 10 ou 20 ppm de ractopamina. Mas em situações práticas, os

níveis de 5 a 10 ppm resultam em ganho de peso satisfatório, porém, níveis em torno de 20 ppm, proporcionam máxima eficiência alimentar e melhores características quantitativas das carcaças dos suínos (See et al., 2004).

A adição de 20 ppm de ractopamina na ração de suínos em terminação diminuiu em 3,9% o consumo diário de ração e melhorou em 12,7% a eficiência alimentar, possibilitando a redução na idade ao abate em 4 dias e a consequente diminuição no volume total de dejetos produzidos (Carroll et al., 2001).

Além do nível de inclusão, a resposta à suplementação de ractopamina pode ser alterada pela duração do fornecimento. Alguns autores afirmam que a máxima resposta tem sido obtida entre três (Williams et al., 1994) a cinco semanas de suplementação da ractopamina (Armstrong et al., 2004). Porém, na prática, tem-se recomendado a suplementação até quatro semanas (28 dias), devido à redução das respostas em função do fenômeno chamado *down-regulation* ou dessensibilização dos receptores β -adrenérgicos.

Esta dessensibilização ocorre devido à ação contínua da ractopamina e a redução do número de receptores disponíveis na membrana, causando diminuição da resposta da ractopamina (Mills, 2002).

O fornecimento de dietas com aumento gradativo na quantidade de ractopamina pode promover melhores respostas de desempenho e características de carcaça, além de reduzir o custo com a suplementação (Herr et al., 2000; Schinckel et al., 2001).

O aumento na retenção de nitrogênio e a consequente elevação na deposição de proteína, promovidos pela ractopamina, são os principais fatores que ocasionam melhora na eficiência de utilização de nutrientes pelos animais (See et al., 2004).

Segundo DeCamp et al. (2001), animais que receberam ractopamina em sua dieta por um período de 28 dias tiveram diminuição de 43% no N urinário e 33% na excreção total nos dejetos em comparação aos animais que não receberam ractopamina na dieta. A excreção

urinária de P diminuiu 41% com a adição da ractopamina, aumentou a retenção de N em razão da maior deposição de tecido magro e melhorou a retenção de P.

A utilização de ractopamina em dietas de suínos pode promover maior retenção de P, reduzindo a porcentagem deste mineral nos dejetos (Sillence, 2004).

O aumento da eficiência na produção de carne suína resultante da adição de ractopamina na dieta dos suínos pode gerar benefícios ambientais como o aumento na retenção de nutrientes, especialmente N e P, e diminuição na produção total de dejetos.

Desta forma, a utilização desse aditivo pode interferir na composição dos dejetos e, conseqüentemente, na biodigestão anaeróbia como via de tratamento e/ou reciclagem dos dejetos.

5. Referências

- AHN, J. H.; FORSTER, C.F. The effect of temperature variations on the performance of mesophilic and thermophilic anaerobic filters treating a simulated paper mill wastewater. **Process Biochemistry**, v.7, n.6, p. 589-594. 2002. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003295920100245X>> Acessado em: 15 out. 2012. doi: 10.1016/S0032-9592(01)00245-X.
- AMARAL, C. M.C.; AMARAL, L. A.; LUCAS JR, J.; et al. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1897-1902, 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-4782004000600035&lang=pt> Acessado em: 10 out. 2012. doi: 10.1590/S0103-84782004000600035.
- ARAÚJO, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F. et al. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11, n.5, p.466–470, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662007000500003&lang=pt> Acessado em: 02 out. 2012. doi: 10.1590/S1415-43662007000500003.
- ARMSTRONG, T. A.; IVERS, D. J.; WAGNER, J. R.; et al. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, n.11, p.3245-3253, 2004. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/82/11/3245>> Acessado em: 15 out. 2012.

ARRUDA, M. H.; AMARAL, L. P., PIRES, O. P. J. et al. Dimensionamento de Biodigestor para Geração de Energia Alternativa. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, ano 1, n. 2, 2002. (Nota Técnica 01).

AUGUSTO, K. V. Z. **Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos em sistemas de produção de ovos: compostagem e biodigestão anaeróbia**. 2007. 132f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita”, Jaboticabal.

CANTARELLI, V.S.; FIALHO, E. T.; ALMEIDA, E. C.; et al. Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.844-851, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000300032&lang=pt> Acessado em: 15 out. 2012. doi: 10.1590/S0103-84782009000300032.

CARROLL, A. L.; ANDERSON, D. B.; ELAM, T. E.; et al. Environmental benefits of Paylean in finisher swine, and example based on adoption in the U.S. **Purdue University Cooperative Extension Service**, 2001. Disponível em: <http://www.ces.purdue.edu/extmedia/AS/AS-551-W.pdf>>.

CASTANHO, D. S.; ARRUDA, H. J. Biodigestores. **In: VI Semana de Tecnologia em Alimentos**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR Campus Ponta Grossa – Paraná. 2008.

CHEN, Y.; CHENG, J. J.; CREAMER, K.S. Inhibition of anaerobic digestion process: A review. **Bioresource Technology**. v. 99, n.10, p. 4044–4064, 2008. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852407001563>> Acessado em: 15 out. 2012. doi: 10.1016/j.biortech.2007.01.057.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 2.ed. Belo Horizonte: UFMG, p.31-97, 1997.

DECAMP, S.A.; HANKINS, S.L.; CARROLL, A.L. et al. Effects of Ractopamine and level of dietary crude protein on nitrogen and phosphorus excretion from finishing pigs. **Purdue University Swine Research Report**, p.97-102, 2001.

FAUSTINO, A. S. **Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo**. 2007. 121f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

FUKAYAMA, E. H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante**. 2008. 99f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita”, Jaboticabal.

HERR, C. T.; YAKE, W.; ROBSON, C. et al. Effect of nutritional level while feeding PayleanTM to late-finishing swine. **Swine Day**, Purdue University, p.89-95, 2000.

LEITÃO, R. C.; CORNELIUS, A. V. H.; ZEEMAN, G.; et al. The effects of operational and environmental variations on anaerobic waste water treatment systems: A review. **Bioresource Technology**. n.97, p.1105–1118, 2006. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852405000052>> Acessado em: 15 out. 2021. doi: 10.1016/j.biortech.2004.12.007

LIU, W. T.; CHAN, O. C.; FANG, H. H. P. Microbial community dynamics during start-up of acidogenic anaerobic reactors. **Water Resource**, v. 36, n. 13, p. 3203-3210, 2002. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135402000222>> Acessado em: 20 out. 2012. doi: 10.1016/S0043-1354(02)00022-2.

MILLS, S. E. Biological basis of the ractopamine response. **Journal of Animal Science**, v. 80, suplemento 2, p. E28-E32, 2002. Disponível em: http://www.journalofanimalscience.org/content/80/E-Suppl_2/E28>. Acessado em: 20 out. 2012.

MIRANDA, A. P. **Suínos em diferentes fases de crescimento alimentados com milho ou sorgo: desempenho, digestibilidade e efeitos na biodigestão anaeróbia**. 2009. 123f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita”, Jaboticabal.

MIRANDA, A. P.; AMARAL, L. A.; LUCAS JUNIOR, J. Influência da temperatura na biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos e suínos. **In: X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba**. 2006.

MOODY, D.E.; HANCOK, D.L.; ANDERSON, D.B. Phenethanolamine repartitioning agents. **In: MELLO, J. P. F. D. Farm animal metabolism and nutrition**. CAB, Ed. New York, cap. 4, p.65-95, 2000.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P. **Biodigestão anaeróbia e compostagem de dejetos de suínos, com e sem separação de sólidos**. 2007. 77f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS Jr, J. 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. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162009000300014&lang=pt> Acessado em: 15 out. 2012. doi: 10.1590/S0100-69162009000300014.

SANCHES, J. F.; KIEFER, C.; CARRIJO, A. S.; et al. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação mantidos sob estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1523-1529, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982010000700019&lang=pt> Acessado em: 15 out. 2012. doi: 10.1590/S1516-35982010000700019.

SCHINCKEL, A. P.; HERR, C. T.; RICHERT, B. T. et al. Ractopamine treatment biases in the prediction of pork carcass composition. **Journal of Animal Science**, v.81, n.1, p.16-28, 2003. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/81/1/16>> Acessado em: 10 out. 2012.

SCHINCKEL, A. P.; RICHERT, B. T.; HERR, C. T. Efeitos da ractopamina sobre o crescimento, a composição da carcaça e a qualidade dos suínos. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE A QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, Concórdia. **Anais...** p.324-335, 2001.

SEE, M. T.; ARMSTRONG, T. A.; WELDON, W. C. Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, n.8, p. 2474-2480, 2004. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/82/8/2474>> Acessado em: 10 out. 2012.

SILLENCE, M. N. Technologies for the control of fat and lean deposition in livestock. **The Veterinary Journal**. v. 167, n.3, p.242-257, 2004. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1090023303002120>> Acessado em: 15 out. 2012. doi: 10.1016/j.tvjl.2003.10.020.

SIMON, E. J.; BUENO, O. C. **Boletim técnico sobre biodigestores**. Botucatu: UNESP, 16p, 2006.

SOUZA, C. F.; LUCAS JUNIOR, J.; FERREIRA, W. P. M. Biodigestão anaeróbica de dejetos de suínos sob efeitos de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato – considerações sobre a partida. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.2, p.530-539, 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162005000200027> Acessado em: 15 jul. 2011. doi: 10.1590/S0100-69162005000200027.

STEIL, L. **Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos**. 2001. 127f. Dissertação (Mestrado de Biotecnologia) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara.

VISSER, A.; GAO, Y.; LETTINGA, G. Effects of short-term temperature increases on the mesophilic anaerobic breakdown of sulfate containing synthetic waste water. **Water Research**, v.27, n.4, p.541–550, 1993. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004313549390163C>> Acessado em: 15 out. 2012. doi: 10.1016/0043-1354(93)90163-C.

WATANABE, P. H. **Ractopamina em dietas para fêmeas suínas**. 2009. 87f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

WILLIAMS, N. H.; CLINE, T. R.; SCHINCKEL, A. P. et al. The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. **Journal of Animal Science**, v.72, n.12, p.3152–3162. 1994. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/72/12/3152>> Acessado em: 20 out. 2012.

XAVIER, C. A. N.; LUCAS JUNIOR, J. Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inóculo. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.2, p.212-223, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162010000200003&lang=pt> Acessado em: 15 jul. 2012. Doi: 10.1590/S0100-69162010000200003.

Capítulo 2 - Produção de biogás por dejetos de suínos em terminação suplementados com ractopamina

Trevizan, P. S. F.; Santos, T. M. B.; Xavier, C. A. N.

Redigido conforme normas da Revista Ciência Rural

RESUMO: Objetivou-se avaliar a eficiência do processo de biodigestão anaeróbia e a produção de biogás por dejetos de suínos em terminação, suplementados com ractopamina em diferentes períodos. Foram utilizados seis biodigestores contínuos de bancada com volume útil de 7,5 L. Os biodigestores foram operados com tempo de retenção hidráulica de 30 dias, com cargas diárias por 65 dias com 4% de sólidos totais. Os dejetos foram provenientes de 48 suínos machos, castrados, em terminação, colhidos segundo as diferentes dietas a que os animais foram submetidos, ou seja, sem suplementação de ractopamina e com suplementação de ractopamina durante sete, 14, 21, 28 e 35 dias pré-abate. Semanalmente foram realizadas análises de sólidos totais e voláteis, pH, alcalinidade e nitrogênio amoniacal em amostras de afluentes e efluentes dos biodigestores. Dejetos de animais suplementados com ractopamina por sete dias tem maior potencial de produção de biogás ($P < 0,01$), de $0,029 \text{ m}^3/\text{kg}$, do que animais suplementados por maior período, de $0,024 \text{ m}^3/\text{kg}$. Conclui-se que a suplementação com ractopamina para suínos em terminação por sete a 35 dias não oferece riscos de falência do processo de biodigestão anaeróbia nem na redução de sólidos.

Palavras-chaves: biodigestores, fósforo, nitrogênio, potenciais, reduções

Abstract: This study aimed to evaluate the efficiency of anaerobic digestion and biogas production from manure of finishing swine supplemented with ractopamine through different periods. We used six continuous bench digesters with a volume of 7.5 L. The digesters were operated with hydraulic retention time of 30 days, with daily loads during 65 days with 4% total solids. Waste came from 48 finishing male swine, caught according to the different diets that the animals were submitted, that is, both with and without ractopamine supplementation during seven, 14, 21, 28 and 35 days before slaughter. We performed weekly analyzes of total and volatile solids, pH, alkalinity and ammonia nitrogen in samples of influent and effluent from the digesters. Animal manure supplemented with ractopamine during seven days has greater potential for biogas production ($P < 0.01$), $0.029 \text{ m}^3/\text{kg}$ than animals supplemented for a longer period, that is, $0.024 \text{ m}^3/\text{kg}$. We concluded that supplementation with ractopamine to finishing swine during seven to 35 showed no risk of failure to the process anaerobic digestion or solid reduction.

Keywords: digesters, phosphorus, nitrogen, potential, reduction

Introdução

A utilização de aditivos nas dietas tem sido adotada visando o melhor aproveitamento dos nutrientes pelos animais. Dentro desse contexto, a ractopamina, um agonista beta-adrenérgico, com função repartidora de nutrientes, tem sido utilizada devido à sua capacidade de redistribuir os nutrientes que seriam destinados para a síntese e deposição de lipídeos para a deposição de tecido muscular.

A ractopamina reduz o consumo de alimento, devido à maior eficácia na utilização dos nutrientes direcionados para o depósito muscular (Schinckel et al., 2003) e seu uso pode contribuir para a redução dos impactos ambientais negativos da suinocultura.

A máxima resposta da ractopamina tem sido obtida entre três a cinco semanas de suplementação. No entanto, na prática, tem-se recomendado a suplementação até quatro semanas pré-abate, ou seja, 28 dias (Williams et al., 1994; Armstrong et al., 2004).

Observou-se redução na idade ao abate em quatro dias em suínos suplementados com 20 ppm de ractopamina/kg de ração, e consequentemente diminuição no volume total de dejetos produzidos (Carroll et al., 2001).

Em função da importância econômica e ambiental da reciclagem dos dejetos produzidos pelos suínos, a biodigestão anaeróbia tem um destaque especial, pois além de promover o tratamento e reciclagem dos dejetos, incrementa a atividade com a produção do biogás e do biofertilizante.

A utilização da ractopamina pode interferir na composição dos dejetos e, consequentemente, na biodigestão anaeróbia como via de tratamento e/ou reciclagem de tais dejetos.

Assim, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a eficiência do processo de biodigestão anaeróbia e a produção de biogás por dejetos de suínos em terminação suplementados com ractopamina em diferentes períodos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Resíduos de Origem Animal da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul/Aquidauana, onde as coordenadas geográficas são Latitude 20° 28' S e Longitude 55° 48' W e Altitude de 184 metros.

Foram utilizados seis biodigestores contínuos de bancada, construídos em policloreto de polivinila (PVC), com volume útil de 7,5 L de substrato em fermentação. Os biodigestores foram constituídos de duas partes distintas, uma câmara de fermentação e o gasômetro.

Os dejetos foram provenientes de 48 suínos, machos castrados, com peso médio de 90 kg, alojados em baias com cama sobreposta, criados em instalações da Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Os animais foram submetidos a dietas experimentais (Tabela 1) à base de milho e farelo de soja suplementadas com minerais e vitaminas, sendo formuladas de acordo com Rostagno et al. (2011), com reajuste de 20% para aminoácidos, seguindo o conceito de proteína ideal nas dietas, uma vez que as exigências nutricionais de aminoácidos na dieta é superior aos animais suplementados, em diferentes períodos de suplementação de 20 ppm de ractopamina na dieta, sendo sem suplementação e com suplementação durante sete, 14, 21, 28 e 35 dias pré-abate.

Tabela 1 - Composição percentual e nutricional das dietas experimentais

Ingredientes	Ractopamina (ppm)	
	0	20
Milho	537,97	537,97
Soja farelo 45%	213,25	213,25
Milheto	200,00	200,00
Óleo de soja	17,92	17,92
Fosfato bicálcico	8,15	8,15
Calcário calcítico	6,29	6,29
Sal comum	1,00	1,00
Suplemento vitamínico ¹	4,00	4,00
Suplemento mineral ²	3,60	3,60
L-lisina HCL	4,13	4,13
L-Treonina	1,44	1,44
DL-Metionina	1,17	1,17
L-Triptofano	0,09	0,09
Inerte (caulim)	1	0
Ractopamina	0	1
Composição calculada*		
Proteína bruta (g/kg)	168,6	168,6
Energia metabolizável (kcal, kg)	3.230	3.230
Energia líquida (kcal, kg)	2.447	2.447
Lisina total (g/kg)	11,09	11,09
Lisina digestível (g/kg)	10,16	10,16
Metionina+cistina digestíveis (g/kg)	6,10	6,10
Treonina digestível (g/kg)	6,81	6,81
Triptofano digestível (g/kg)	1,83	1,83
Valina digestível (g/kg)	7,01	7,01
Cálcio (g/kg)	5,10	5,10
Fósforo disponível (g/kg)	2,50	2,50
Fósforo total (g/kg)	4,68	4,68
Sódio (g/kg)	1,60	1,60

¹Conteúdo/kg de ração: ferro, 0,1 kg; cobre, 0,01 kg; cobalto, 0,0002 kg; manganês, 0,03 kg; zinco, 0,1 kg; iodo, 0,001 kg; selênio, 0,0003 kg; excipiente q.s.p., 1 kg.

²Conteúdo/kg de ração: Vitamina A, 6.000.000UI; Vitamina D3, 1.000.000UI; Vitamina E, 12.000UI; Vitamina B1, 0,0005 kg; Vitamina B2, 0,0026 kg; Vitamina B6, 0,0007 kg; ácido pantotênico, 0,1 kg; Vitamina K3, 0,0015 kg; ácido nicotínico, 0,022 kg; Vitamina B12, 0,000015 kg; ácido fólico, 0,0002 kg; biotina, 0,00005 kg; colina, 0,1 kg; excipiente q.s.p., 1 kg.

*Composição calculada de acordo com recomendações propostas por Rostagno et al. (2011).

Os dejetos foram colhidos nos dois últimos dias da fase experimental, logo após a excreção, segundo as dietas experimentais a que os animais foram submetidos, evitou-se coletas próximas ao bebedouro e ao comedouro.

Os dejetos foram coletados e acondicionados em sacos plásticos identificados e armazenadas em congelador até o período experimental de biodigestão anaeróbia, sendo estes dejetos descongelados em temperatura ambiente por até 12 horas.

Os dejetos frescos apresentaram teores médios de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) de 39 e 23%, respectivamente. Foi retirada uma amostra de cada tratamento para determinação dos teores de sólidos totais e voláteis, e nitrogênio e fósforo total e, posteriormente, o ensaio de biodigestão anaeróbia.

Os afluentes de partida foram formulados para conter aproximadamente 4% de ST. Cada biodigestor recebeu 1,10 kg de dejetos e 6,40 kg de água e o tempo de partida foi de 28 dias. Com 15 dias verificou-se a queima do biogás em todos os biodigestores, indicando a estabilidade do sistema.

Após o tempo de partida, os biodigestores foram operados com cargas diárias por 65 dias. Dentro desse período, nos primeiros 30 dias, os biodigestores foram abastecidos diariamente com afluente controle com 0,03 kg de dejetos, 0,22 kg de água e 0,5% (massa/volume) de bicarbonato de sódio para correção do pH, conforme estudos preliminares.

Esse período representou um “período de adaptação” às cargas diárias e todo o afluente inicial foi removido do sistema por meio da retirada diária de biofertilizante.

Nos 35 dias seguintes iniciou-se o período de avaliação propriamente dito, com abastecimento diferenciado dos biodigestores de acordo com:

- 0 dias = afluente controle durante todo período experimental;
- sete dias = afluente controle por 28 dias e afluente da suplementação por sete dias;
- 14 dias = afluente controle por 21 dias e afluente da suplementação por 14 dias;
- 21 dias = afluente controle por 14 dias e afluente da suplementação por 21 dias;
- 28 dias = afluente controle por sete dias e afluente da suplementação por 28 dias;

- 35 dias = afluente da suplementação por 35 dias, durante todo período experimental.

Durante o experimento de biodigestão anaeróbia foram coletadas amostras do afluente e efluente, diariamente, para determinação dos teores de ST e SV, seguindo metodologias descritas por APHA, AWWA, WPCF (1998).

Foram realizadas análises semanais do afluente e efluente mensurando os valores de pH determinados por meio de potenciômetro digital, o nitrogênio amoniacal (N amoniacal) foi determinado segundo a metodologia descrita por APHA, AWWA, WPCF (1998), e os valores de alcalinidade parcial (AP), alcalinidade intermediária (AI) e alcalinidade total (AT) conforme Ripley et al. (1986) e Jenkins et al. (1991).

Quinzenalmente foram realizadas análises dos afluentes e efluentes para a quantificação do teor de nitrogênio total (N) pelo método semimicro Kjeldhal, conforme Silva & Queiroz (2002), e o teor de fósforo total (P) pelo método colorimétrico, conforme metodologia de Malavolta et al. (1991).

As produções de biogás foram calculadas com base no deslocamento do gasômetro medido com uma régua de 50 cm. Após cada leitura, os gasômetros foram zerados realizando-se a descarga do biogás.

A correção do volume de biogás para as condições de 1atm e 20°C foi efetuada considerando-se pressão atmosférica média local igual a 10.146,5 mm e pressão conferida pelos gasômetros de 20,30 mm coluna d'água.

Após a leitura do volume produzido foi verificada a temperatura com o uso de um termômetro digital colocado na saída do biogás, até a estabilização do mesmo. Quinzenalmente, foram realizados testes de queima do biogás por meio de um bico de Bunsen acoplado à saída de biogás com o intuito de monitorar a estabilidade do processo, visto que a

sobrecarga dos biodigestores pode levar ao acúmulo de ácidos voláteis e excessiva quantidade de dióxido de carbono no biogás, condição na qual o mesmo não queima.

Os potenciais de produção de biogás foram calculados utilizando-se os dados de produção total de biogás de cada tratamento e as quantidades de dejetos e de ST e SV adicionados durante o processo. Os valores foram expressos em m³ de biogás por kg de dejetos, ST e SV adicionados.

Para análise de variância dos dados de caracterização dos dejetos, pH, nitrogênio amoniacal, alcalinidade, nitrogênio, fósforo, redução de ST, redução de SV e potenciais de produção de biogás, foi utilizado o delineamento em blocos casualizado.

Para os dados de produção diária de biogás dos últimos 35 dias, foi utilizado delineamento de medidas repetidas no tempo em que os dias foram considerados na subparcela. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os diferentes períodos de suplementação com ractopamina interferiram na composição dos dejetos frescos dos animais (Tabela 2). Houve diferença ($P < 0,05$) na porcentagem de sólidos totais e voláteis (ST e SV) nos diferentes períodos de suplementação com ractopamina.

Os dejetos dos animais suplementados com ractopamina por 28 e 35 dias apresentaram menor teor de N total ($P < 0,05$) quando comparados com os demais períodos de suplementação, sendo o período de 28 dias mais recomendado de suplementação devido à máxima resposta e ao fenômeno de dessensibilização dos receptores β -adrenérgicos. Porém, o teor de N com 28 dias de suplementação não diferiu ($P > 0,05$) dos teores de N quando não houve suplementação.

Observou-se, que com o aumento do período de suplementação com ractopamina, maiores foram os teores de P total excretado nos dejetos dos animais. Discordando de DeCamp et al. (2001) que verificaram redução na excreção de P total em animais suplementados com ractopamina por 28 dias.

Tabela 2 – Valores médios de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), nitrogênio total (N total) e fósforo total (P total), nos dejetos de suínos suplementados com ractopamina

Períodos de suplementação	ST	SV*	N total*	P total*
	Porcentagem (%)			
0 dias	39,07 ^{ab}	52,80 ^c	2,02 ^b	5,10 ^b
7 dias	39,49 ^a	58,46 ^b	2,18 ^{ab}	5,78 ^{ab}
14 dias	35,46 ^d	59,21 ^b	2,40 ^a	5,59 ^{ab}
21 dias	37,08 ^c	65,79 ^a	2,40 ^a	5,16 ^b
28 dias	38,64 ^{ab}	59,94 ^b	2,03 ^b	6,04 ^a
35 dias	37,81 ^{bc}	56,95 ^{bc}	2,09 ^{ab}	5,85 ^a
Valor de P	<0,001	<0,001	0,0082	0,0073
CV (%) ¹	1,39	1,94	3,69	3,06

Teste de Tukey a 5%

* Em porcentagem de matéria seca

¹ Coeficiente de Variação

De acordo com Sillence (2004) e See et al. (2004) a utilização de ractopamina nas dietas de suínos melhora a eficiência de utilização do nitrogênio e fósforo, ocasionando um menor percentual desses minerais nos dejetos. No entanto, tal fato não foi verificado neste trabalho.

Os diferentes tratamentos não apresentaram efeito significativo ($P>0,05$) sobre a alcalinidade dos afluentes e efluentes dos biodigestores (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios de alcalinidade parcial (AP), alcalinidade intermediária (AI) e relação alcalinidade intermediária: alcalinidade parcial (AI:AP) nos afluentes e efluentes de biodigestores contínuos operados com dejetos de suínos suplementados com ractopamina

Períodos de suplementação	AP		AI		AI:AP	
	mg CaCO ₃ /L		mg CaCO ₃ /L			
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
0 dias	3081	5526	2281	1856	0,77	0,34
7 dias	3011	5527	2194	1924	0,75	0,35
14 dias	2944	5386	2180	1897	0,78	0,36
21 dias	2949	5298	2106	1960	0,77	0,38
28 dias	2885	5367	2044	1889	0,77	0,36
35 dias	2892	5234	2070	1888	0,76	0,37
Valor de P	0,066	0,062	0,071	0,831	0,927	0,464
CV (%) ¹	5,31	4,35	8,81	8,66	7,69	11,00

Teste de Tukey a 5%

¹Coeficiente de Variação

Os valores médios de AP no afluente e no efluente foram superiores a 1.200 mg CaCO₃/L indicando a estabilidade da biodigestão anaeróbia. Esse valor serve como um limite operacional do biodigestor (Jenkins et al., 1991).

Segundo Silva e Nour (2005), a alcalinidade parcial no efluente está relacionada à presença de íons bicarbonato responsáveis pelo tamponamento do sistema no valor de pH desejado para as atividades biológicas e a alcalinidade total está correlacionada com todos os compostos capazes de neutralizar ácidos incluindo-se, entre outros, os íons carbonatos, bicarbonatos e os ácidos orgânicos voláteis.

A relação AI:AP nos efluentes apresentaram valor médio de 0,36. De acordo com Ripley et al. (1986), valores de AI:AP superiores a 0,3 indicam a ocorrência de distúrbios no processo anaeróbio. Por outro lado, Chernicharo (1997) ressalta que devido a particularidades de cada afluente, é possível ocorrer estabilidade no processo com valores diferentes a 0,3.

Os tratamentos interferiram nos valores de pH de forma que os afluentes contendo dejetos de animais suplementados com ractopamina por 35 dias apresentou menor valor de pH ($P<0,05$) do que os demais tratamentos (Tabela 4).

Não houve efeito dos tratamento sobre o pH ($P>0,05$) dos efluentes mesmo que o pH inicial tenha sido diferente entre os tratamentos. O pH dos efluentes foram superiores a faixa ideal de pH, de 6,8 a 7,2 (Yadvika et al., 2004).

A concentração de N amoniacal nos efluentes variaram de 761 a 824 mg/L sendo estes abaixo dos níveis de inibição do processo. Quando os dejetos foram oriundos de animais que receberam ractopamina por mais tempo (35 dias) observaram-se menores concentrações de N amoniacal ($P<0,05$) nos afluentes e efluentes em relação aos não suplementados.

Tabela 4 – Valores médios de pH e nitrogênio amoniacal (N amoniacal) nos afluentes e efluentes de biodigestores contínuos operados com dejetos de suínos suplementados com ractopamina

Períodos de suplementação	pH		N Amoniacal mg/L	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
0 dias	7,67 ^a	7,68	245 ^a	822 ^a
7 dias	7,66 ^a	7,69	235 ^{ab}	824 ^a
14 dias	7,60 ^{ab}	7,68	227 ^{ab}	804 ^{ab}
21 dias	7,60 ^{ab}	7,62	222 ^{ab}	805 ^{ab}
28 dias	7,62 ^{ab}	7,66	226 ^{ab}	784 ^{ab}
35 dias	7,53 ^b	7,65	207 ^b	761 ^b
Valor de P	0,017	0,367	0,029	0,002
CV (%) ¹	1,26	0,89	10,84	4,18

Teste de Tukey a 5%

¹Coefficiente de Variação

As menores concentrações de N amoniacal podem ser explicadas pela composição dos dejetos que depende do aproveitamento dos nutrientes dos alimentos consumidos pelos

animais. O maior período de suplementação dos animais com ractopamina pode levar à produção de dejetos com menor concentração de nutrientes, como os compostos nitrogenados que, quando degradados, podem formar íons amônio ou amônia livre. Dessa forma, a suplementação prolongada dos animais pode contribuir para menores concentrações de N amoniacal nos efluentes dos biodigestores.

O N amoniacal resultante da degradação de compostos nitrogenados durante o processo de biodigestão anaeróbia é benéfico e serve como fonte de nitrogênio e como tamponante, evitando mudanças de pH (Ripley et al., 1986; Chernicharo, 1997). No entanto, altas concentrações inibem o processo por ser tóxico para as arqueas metanogênicas.

De acordo com Chernicharo (1997) e Chen et al. (2008), concentrações de N amoniacal de até 1.000 mg/L podem não ter efeito adverso nos processos anaeróbios.

No presente trabalho, os dados de pH, alcalinidade e N amoniacal como parâmetros indicadores do equilíbrio e da estabilidade do processo apresentaram-se satisfatórios, sem oferecer riscos de falência do processo de biodigestão anaeróbia.

Os diferentes períodos de suplementação dos animais com ractopamina não interferiram ($P>0,05$) nas quantidades de N e P total dos afluentes e efluentes dos biodigestores. Nos afluentes e efluentes, as concentrações médias de N foram de 2,46 e 3,55% e as de P foram de 2,80 e 4,70%, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5 – Valores médios dos teores de nitrogênio total (N total) e fósforo total (P total) nos afluentes e efluentes de biodigestores contínuos operados com dejetos de suínos suplementados com ractopamina

Períodos de suplementação	N total*		P total*	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
	Porcentagem (%)			
0 dias	2,82	3,91	3,33	5,12
7 dias	2,53	3,65	2,83	5,01
14 dias	2,47	3,67	2,87	5,09
21 dias	2,43	3,56	3,25	5,08
28 dias	2,25	3,21	2,34	4,26
35 dias	2,26	3,30	2,46	3,67
Valor de P	0,173	0,477	0,322	0,093
CV (%) ¹	15,96	16,67	30,75	19,24

Teste de Tukey a 5%

* Em porcentagem de matéria seca

¹ Coeficiente de Variação

Possivelmente devido ao melhor aproveitamento dos nutrientes das dietas pelos animais, observou-se uma redução percentual de 20 e 26% nos teores de N e P total nos afluentes que continham dejetos de animais suplementados por 35 dias quando comparados aos animais que não foram suplementados com ractopamina, não sendo significativo ($P>0,05$).

Biodigestores contínuos abastecidos com dejetos de suínos em terminação alimentados com dietas à base de milho, sem adição de ractopamina, observaram-se valores médios de 3,42% de nitrogênio e 2,08% de fósforo total dos efluentes (Miranda, 2009).

As concentrações de N nos efluentes estão relacionados com as concentrações iniciais de N nos dejetos que formaram os afluentes, bem como com a degradação dos compostos nitrogenados durante a biodigestão anaeróbia e a sua utilização pelos microrganismos.

Não foi observada diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos nas porcentagens de redução de sólidos totais e sólidos voláteis (Tabela 6).

Tabela 6 - Reduções de sólidos totais (ST) e de sólidos voláteis (SV), em porcentagem, obtidas na biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos suplementados com ractopamina

Períodos de suplementação	Redução de ST	Redução de SV
	(%)	(%)
0 dias	47,41	54,49
7 dias	49,24	54,02
14 dias	42,55	48,73
21 dias	52,44	59,23
28 dias	55,32	62,23
35 dias	53,26	60,37
Valor de P	0,339	0,386
CV (%) ¹	18,84	18,83

Teste de Tukey a 5%

¹Coeficiente de Variação

Reduções na ordem de 64,72% de ST e 68,89% de SV foram observadas por Miranda (2009) avaliando o processo de biodigestão anaeróbia em biodigestores contínuos com cargas diárias com dejetos de suínos em terminação alimentados com dietas à base de milho, valores superiores aos encontrados no presente trabalho.

Foram observadas reduções de 66,26% de ST e 70,34% de SV em biodigestores contínuos abastecidos com água residuária de suinocultura sem separação da fração sólida com TRH de 36 dias (Orrico Júnior et al., 2009).

Por outro lado, Angonose et al. (2006) avaliando a eficiência do sistema em biodigestor tubular com dejetos líquidos de suínos em terminação com TRH de 12 dias observaram reduções na ordem de 45 e 59%, respectivamente, para ST e SV.

De modo geral os biodigestores abastecidos com dejetos de suínos sem suplementação e com menor período de suplementação apresentaram maiores produções ($P<0,01$) e potenciais de produção de biogás quando comparados aos demais períodos de suplementação (Tabela 7).

Tabela 7 - Produção e potenciais de produção do biogás em biodigestores contínuos operados com dejetos de suínos suplementados com ractopamina

Períodos de suplementação	Produção de Biogás	Potenciais		
		Dejetos	ST adicionados	SV adicionados
	m³/kg			
0 dias	0,00145 ^a	0,029 ^a	0,150	0,202
7 dias	0,00138 ^b	0,029 ^a	0,151	0,208
14 dias	0,00110 ^c	0,024 ^b	0,135	0,190
21 dias	0,00113 ^c	0,025 ^b	0,152	0,219
28 dias	0,00104 ^d	0,023 ^b	0,141	0,218
35 dias	0,00113 ^c	0,025 ^b	0,161	0,247
Valor de P	<0,001	<0,001	0,252	0,166
CV (%) ¹	9,18	8,01	15,4	20,99

Teste de Tukey a 5%

¹Coefficiente de Variação

Biodigestores contínuos abastecidos com fezes de suínos em terminação, alimentados com dietas formuladas à base de milho, sem adição de aditivo, observou produção média de biogás de 0,0089 m³e potenciais médios de produção de biogás de 0,161, 0,525 e 0,590 m³ por kg de dejetos, ST adicionados e SV adicionados, respectivamente (Miranda, 2009). Esses valores são superiores aos observados no presente trabalho.

Os animais suplementados com ractopamina por um período longo podem apresentar dejetos com menores quantidades de nutrientes biodegradáveis que podem interferir na produção de biogás. Essa hipótese é confirmada pelo estudo de Armstrong et al. (2004) observaram que animais suplementados com ractopamina por período de 28 dias

apresentaram melhor aproveitamento dos alimentos o que resulta em dejetos contendo menos nutrientes e, conseqüentemente, com menor potencial de produção de biogás.

Conclusões

Conclui-se que a suplementação com ractopamina para suínos em terminação por sete a 35 dias não oferece riscos de falência do processo de biodigestão anaeróbia. Dejetos de animais suplementados com ractopamina por sete dias tem maior potencial de produção de biogás do que animais suplementados por maior período.

Referências

- ANGONESE, A. R.; CAMPOS, A. T.; ZACARKIM, C. E. et al. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.10, n.3, p. 745–750, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662006000300030 Acessado em: 15 de set. 2012. doi: 10.1590/S1415-43662006000300030.
- APHA.AWWA.WPCF. **Standart methods for the examination of water and wastewater**. 20th ed. Washington, 1998. 1.569p.
- ARMSTRONG, T. A.; IVERS, D. J.; WAGNER, J. R.; et al. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. *Journal of Animal Science*, v.82, n.11, p.3245-3253, 2004. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/82/11/3245>> Acessado em: 15 out. 2012.
- CARROLL, A. L.; ANDERSON, D. B.; ELAM, T. E.; et al. Environmental benefits of Paylean in finisher swine, and example based on adoption in the U.S. Purdue University

Cooperative Extension Service, 2001. Disponível em:
<http://www.ces.purdue.edu/extmedia/AS/AS-551-W.pdf>>.

CHEN, Y.; CHENG, J. J.; CREAMER, K.S. Inhibition of anaerobic digestion process: A review. *Bioresource Technology*. v. 99, n.10, p. 4044–4064, 2008. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852407001563>> Acessado em: 15 out. 2012. doi: 10.1016/j.biortech.2007.01.057.

CHERNICHARO, C.A.L. Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG. 1997. 379 p.

DECAMP, S.A.; HANKINS, S.L.; CARROLL, A.L. et al. Effects of Ractopamine and level of dietary crude protein on nitrogen and phosphorus excretion from finishing pigs. **Purdue University Swine Research Report**, p.97-102, 2001.

JENKINS, S. R.; MORGAN, J. M.; ZHANG, X. Measuring the usable carbonate alkalinity of operating anaerobic digesters. **Journal Water Pollution Control Federation**, v. 63, n. 1, p. 28-34, 1991.

MALAVOLTA, E. et al. **Micronutrientes, uma visão geral**. In: FERREIRA, M.E., CRUZ, M. C. Micronutrientes na Agricultura. Piracicaba: Potafós/CNPq. p. 1-33. 1991.

MIRANDA, A. P. **Suínos em diferentes fases de crescimento alimentados com milho ou sorgo: desempenho, digestibilidade e efeitos na biodigestão anaeróbia**. 2009. 123f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita”, Jaboticabal.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS Jr, J. 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. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162009000300014&lang=pt> Acessado em: 15 out. 2012. doi: 10.1590/S0100-69162009000300014.

RIPLEY, L. E.; BOYLE, W. C.; CONVERSE, J. C. Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. **Journal Water Pollution Control Federation**, v. 58, n. 5, p. 406-411, 1986.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3.ed. Viçosa, MG: **Universidade Federal de Viçosa**, 252p. 2011.

SCHINCKEL, A. P.; HERR, C. T.; RICHERT, B. T. et al. Ractopamine treatment biases in the prediction of pork carcass composition. *Journal of Animal Science*, v.81, n.1, p.16-28, 2003. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/81/1/16>> Acessado em: 10 out. 2012.

SEE, M. T.; ARMSTRONG, T. A.; WELDON, W. C. Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. *Journal of Animal Science*, v. 82, n.8, p. 2474-2480, 2004. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/82/8/2474>> Acessado em: 10 out. 2012.

SILLENCES, M. N. Technologies for the control of fat and lean deposition in livestock. *The Veterinary Journal*. v. 167, n.3, p.242-257, 2004. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1090023303002120>> Acessado em: 15 out. 2012. doi: 10.1016/j.tvjl.2003.10.020.

SILVA, G. H. R.; NOUR, E. A. A. Reator compartimentado anaeróbio/aeróbio: sistema de baixo custo para tratamento de esgotos de pequenas comunidades. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 268-275, 2005.

WILLIAMS, N. H.; CLINE, T. R.; SCHINCKEL, A. P. et al. The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. *Journal of Animal Science*, v.72, n.12, p.3152–3162. 1994. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/72/12/3152>> Acessado em: 20 out. 2012.

YADVIKA, S.; SREEKRISHNAN, T. R.; KOHLI, S.; RANA, V. Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques – a review. **Bioresource Technology**, v. 95, n. 1, p. 1-10, 2004.

Capítulo 3 – Considerações Finais

Devido à recente utilização da ractopamina em suínos de terminação, pesquisas que quantifiquem e caracterizem os dejetos se fazem necessárias para tomada de decisões quanto ao seu tratamento e/ou reciclagem.

Como as características dos dejetos estão associadas ao sistema de manejo adotado, aos aspectos nutricionais, a utilização de aditivos alimentares pode interferir na composição dos dejetos. São necessárias análises de quantificação e caracterização quanto ao volume excretado de urina e fezes, demanda química e bioquímica de oxigênio, porcentagem de minerais como cálcio, magnésio, enxofre, sódio, cloro, ferro, manganês, zinco, cobre, entre outros.

Como o efluente da biodigestão anaeróbia pode ser utilizado como fertilizante agrônômico se torna necessária uma avaliação de suas características físico-químicas.

A composição do biogás pode variar de acordo com o material utilizado nas cargas sendo necessária à avaliação dos gases constituintes no biogás produzido por dejetos de animais suplementados com ractopamina. Visto que a ractopamina melhora o aproveitamento dos nutrientes pelos animais e conseqüentemente interfere na composição dos dejetos.

A utilização de ractopamina nos períodos e nos níveis avaliados no presente estudo não interferiu na redução de sólidos totais e voláteis, e nos potenciais de produção de biogás, sendo estas algumas das principais variáveis do processo de biodigestão anaeróbia, o que demonstra a viabilidade do seu uso para tratamento dos dejetos de suíno suplementados com ractopamina.

Para futuros experimentos sugere-se aumentar número de coletas do material para biodigestão anaeróbia e que, preferencialmente, sejam diárias, além de se evitar congelamento do mesmo.