

Produção de biogás com dejetos de suínos – efeito de energia líquida e ractopamina da dieta

Coca, F.O.C.G.¹; Xavier, C.A.N.¹; Andrade, W.R.²; Arruda, L.D.O.²; Gonçalves, L.M.P.³; Kiefer, C.³ e Santos, T.M.B.⁴

¹Programa de Pós-graduação em Ciência Animal. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Brasil.

²Curso de Zootecnia. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Unidade Universitária de Aquidauana. Brasil.

³Departamento de Zootecnia. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Brasil.

⁴Departamento de Zootecnia. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Unidade Universitária de Aquidauana. Brasil.

RESUMO

PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Biodigestores.
Nutrição de suínos.
Repassador de energia.
Aproveitamento energético.

Objetivou-se avaliar os potenciais de produção de biogás de dejetos de suínos alimentados com dietas com diferentes níveis de energia líquida e ractopamina. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 2x5 (0 e 10 ppm de ractopamina e 2300; 2425; 2550; 2675 e 2800 kcal kg⁻¹ de energia líquida). Utilizaram-se biodigestores semicontínuos de bancada com tempo de retenção hidráulica (TRH) de 30 dias e cargas diárias por 90 dias. Foram mensuradas semanalmente as produções de biogás e efetuadas análises de pH, nitrogênio amoniacal, alcalinidade, nitrogênio total e fósforo total. Os resultados das análises de monitoramento mostraram que não houve riscos de falência do processo de biodigestão anaeróbia. Não houve interação entre os níveis de energia líquida e as concentrações de ractopamina, e não houve efeito de suplementação com ou sem ractopamina na produção e nos potenciais de produção de biogás (média de 0,07723 m³ kg⁻¹ de dejetos). Constatou-se aumento linear ($p < 0,05$) para a produção e potenciais de produção de biogás dos dejetos à medida que os níveis de energia líquida nas dietas aumentaram. O fornecimento da ractopamina para os suínos não interfere nos potenciais de produção de biogás por seus dejetos. Maiores potenciais de produção de biogás são obtidos quando são utilizados dejetos produzidos por animais que receberam maiores níveis de energia líquida.

Biogas production from swine manure – effect of net energy and ractopamine of the diet

SUMMARY

ADDITIONAL KEYWORDS

Biodigesters.
Swine nutrition.
Repartitioning agent.
Energetic use.

The aim of this study was to evaluate the potential of biogas production from manure of swine fed with diets containing different levels of net energy and ractopamine. The experiment was carried out in a 2x5 factorial arrangement (ractopamine = 0 and 10 ppm, and net energy = 2300, 2425, 2550, 2675 and 2800 kcal kg⁻¹). Semi-continuous bench digesters were used at an hydraulic retention time (HRT) of 30 days and daily loads for 90 days. Biogas production was measured weekly; analyzes for pH, ammoniacal nitrogen, alkalinity, total nitrogen and total phosphorus were carried out. The results from monitoring analyses showed that there were no risks of failure of the anaerobic digestion process. There was no interaction between levels of net energy and ractopamine concentration, and there was no effect of ractopamine addition on the biogas production (average of 0.07723 m³ kg⁻¹). There was a linear increase ($p < 0.05$) for biogas production and volumetric biogas production when net energy in the diets increased. Ractopamine as an additive in the diet for swine does not affect the volumetric biogas potential of the swine manure. Greatest potential for biogas production are obtained from manure from animals fed on higher levels of net energy.

INFORMAÇÃO

Cronología del artículo.
Recibido/Received: 30.07.2015
Aceptado/Accepted: 10.06.2016
On-line: 15.10.2016
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:
fabyortizgomes@gmail.com

INTRODUÇÃO

A demanda por carnes mais magras é uma realidade no Brasil e no mundo. Diante disso, aditivos têm

sido utilizados na nutrição de suínos com o intuito de melhorar o aproveitamento dos nutrientes pelos animais, reduzir o teor de gordura na fase de terminação e reduzir a quantidade de nutrientes excretados.

Dentre os aditivos comumente utilizados, destaca-se a ractopamina, um agonista beta-adrenérgico, cuja função é repartidora de nutrientes, pois possui capacidade de alterar o metabolismo animal, bloqueando a lipogênese, estimulando a lipólise, aumentando, assim, a deposição de proteína e reduzindo a de gordura (Agostini *et al.*, 2011; Almeida *et al.*, 2012).

Em geral, a ractopamina tem proporcionado redução na espessura de toucinho, aumento do ganho de peso, a deposição de tecido muscular, o rendimento de carcaça e consequentemente, melhorando a eficiência alimentar (Almeida *et al.*, 2010).

Ajustes nutricionais nas formulações de dietas precisam ser feitos para que a ractopamina expresse seu máximo benefício (Jacela *et al.*, 2009). Uma alternativa

para maximizar a ação da ractopamina é a adequação dos níveis energéticos e, então, formulações de dietas com base na energia líquida pode atender melhor as exigências energéticas dos animais.

Mesmo com a utilização de aditivos e o balanceamento das dietas pelo conceito de energia líquida, os nutricionistas e produtores vêm enfrentando problemas com o destino dos dejetos gerados pelos animais que apresentam alto poder poluente.

As quantidades de fezes e urina são afetadas por fatores zootécnicos, como tamanho, raça, sexo e atividade, fatores ambientais como temperatura e umidade e fatores dietéticos como digestibilidade, conteúdo de fibra e proteína (Bordim *et al.*, 2005). Desta forma a

Tabela I. Ingredientes e composição nutricional das dietas fornecidas aos animais (Ingredients and chemical composition of the diets that animals were provided with).

Ingredientes	Energia líquida (kcal kg ⁻¹ de dieta)				
	2300	2425	2550	2675	2800
Milho	70,150	70,150	70,150	70,150	70,150
Farelo de soja (45%)	20,444	20,444	20,444	20,444	20,444
Óleo de soja	0,000	1,697	3,394	5,091	6,790
Inerte (caulim)	6,850	5,153	3,456	1,759	0,050
Fosfato bicálcico	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832
Calcário	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445
Suplemento Vit.+Min. ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Sal comum	0,305	0,305	0,305	0,305	0,305
L-Lisina HCl	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451
DL-Metionina	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159
L-Treonina	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177
L-Triptofano	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037
Ractopamina ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Total (kg)	100	100	100	100	100
Valores nutricionais calculados ³					
Energia líquida (kcal/kg)	2300	2425	2550	2675	2800
Energia metabolizável (kcal/kg)	3045	3186	3327	3468	3608
Proteína bruta (%)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Lisina digestível (%)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Met+Cist digestível (%)	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617
Treonina digestível (%)	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667
Triptofano digestível (%)	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187
Valina digestível (%)	0,638	0,638	0,638	0,638	0,638
Arginina digestível (%)	0,259	0,259	0,259	0,259	0,259
Histidina digestível (%)	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164
Leucina digestível (%)	0,669	0,669	0,669	0,669	0,669
Fenil+Tir digestível (%)	0,432	0,432	0,432	0,432	0,432
Cálcio (%)	0,440	0,440	0,440	0,440	0,440
Fósforo disponível (%)	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232
Sódio (%)	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160

¹Conteúdo por quilograma do produto: Vit. A: 1 250 000UI; Vit. D₃: 250 000 UI; Vit. E: 6 250 UI; Vit. K₃: 750 mg; Vit. B₁: 375 mg; Vit. B₂: 1 000 mg; Vit. B₆: 375 mg; Vit. B₁₂: 4 500 mg; Niacina: 4 500 mg; Ácido pantotênico: 2 300 mg; Ácido fólico: 125 mg; Cobre: 3 750 mg; Manganês: 12,5 g; Zinco: 31,25 g; Iodo: 250 mg; Selênio: 75 mg; e excipiente q.s.p. 1 000 g. ²Cloridrato de ractopamina a 2,05% em substituição ao caulim. ³Valores calculados com base na composição nutricional das matérias-primas, conforme Rostagno *et al.* (2011, p.195).

quantidade total de esterco produzida por um suíno varia de acordo com o seu desenvolvimento ponderal, podendo apresentar valores decrescentes de 8,5 a 4,9% em relação a seu peso vivo/dia para a faixa de 15 a 100 kg (Bordim *et al.*, 2005).

Uma forma de reduzir o poder poluente dos dejetos é tratá-los em biodigestores anaeróbios. O biodigestor representa uma alternativa tecnológica para o tratamento de resíduos gerando energia limpa, renovável e ganhos ambientais.

Tabela II. Sólidos totais e sólidos voláteis de dejetos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia líquida e ractopamina (Total solids and volatile solids of manure from swine fed on diets containing different levels of net energy and ractopamine).

Níveis de ractopamina (ppm)		Níveis de energia líquida (kcal kg ⁻¹)				
		2.300	2.425	2.550	2.675	2.800
Sólidos totais (%)	0	37,02	36,23	36,25	34,06	32,29
	10	38,46	36,21	38,26	37,23	34,50
Sólidos voláteis ¹ (%)	0	19,07	20,03	21,19	21,90	21,21
	10	20,82	20,72	22,87	23,19	21,70

¹Como porcentagem na matéria natural.

O processo da digestão anaeróbia ocorrida nos biodigestores consiste na transformação de compostos orgânicos complexos em substâncias mais simples, como CH₄ e CO₂, por meio da ação combinada de diferentes microrganismos que atuam na ausência de oxigênio (Oliveira and Higarashi, 2006).

O biogás é composto de 60 a 70% de CH₄ e de 30 a 40% de CO₂ e vapor de água (Starr *et al.*, 2012). O CH₄ gerado nos biodigestores pode ser usado na propriedade para fins de iluminação, aquecimento, refrigeração, secagem de grãos, incubação, mistura de ração e geração de energia elétrica, por exemplo.

Embora estudos comprovem a eficiência de utilização da ractopamina e da formulação de dietas para atendimento da energia líquida, a associação destes sobre a qualidade e os efeitos no tratamento dos dejetos gerados pelos animais são escassos na literatura. Portanto, objetivou-se avaliar os potenciais de produção de biogás de dejetos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia líquida e de ractopamina.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Resíduos de Origem Animal da Unidade Universitária de Aquidauana da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). A temperatura média do ar da sala durante o período experimental foi de 29,4 °C.

Os dejetos foram provenientes de suínos, machos castrados, geneticamente similares, com peso médio

de ± 90 a 95 kg, criados em galpão de alvenaria da Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), no município de Terenos-MS.

As dietas experimentais fornecidas aos animais foram isoprotéicas (**tabela I**), à base de milho e farelo de soja, suplementadas com minerais e vitaminas, formuladas de forma a atender as exigências nutricionais propostas por Rostagno *et al.* (2011) para a categoria, exceto para os níveis de energia e aminoácidos. Os diferentes níveis de energia líquida (2300; 2425; 2550; 2675 e 2800 kcal de energia líquida kg⁻¹ de dietas), foram obtidos a partir da inclusão de óleo de soja em substituição ao caulim, mantendo o mesmo padrão de proteína ideal entre os tratamentos. Da mesma forma, a ractopamina foi incluída nas dietas em substituição ao caulim. O nível de energia líquida de 2500 kcal kg⁻¹ foi referência para atendimento satisfatório das exigências energéticas dos animais.

O período de fornecimento das dietas foi de 28 dias. Os dejetos foram colhidos segundo as diferentes dietas, nos três últimos dias da fase experimental, logo após excreção, evitando-se colheitas próximas ao bebedouro e ao comedouro. Os dejetos foram acondicionados em sacos plásticos identificados e armazenados em congelador a temperatura de -20°C. Para abastecimento dos biodigestores, os dejetos foram descongelados em temperatura ambiente por até 12 horas.

Foram utilizados dez biodigestores contínuos de bancada, com volume útil de 7,8 L de substrato em fermentação. Os biodigestores foram construídos em policloreto de polivinila (PVC), constituídos de duas partes distintas, uma câmara de fermentação e o gasômetro. Cada biodigestor foi considerado uma unidade experimental. Os biodigestores foram operados por 122 dias, sendo os primeiros 32 dias de partida, necessários para o crescimento da população microbiana e sua aclimação aos substratos.

Os substratos de partida e os substratos dos abastecimentos diários foram formulados para conter aproximadamente 5% de sólidos totais (ST). Cada biodigestor recebeu 1,03 kg de dejetos e 6,77 kg de água no período de partida. Após o tempo de partida, os biodigestores foram operados com cargas diárias por 90 dias, com 30 dias de tempo de retenção hidráulica (TRH). Os biodigestores foram abastecidos diariamente com 0,03 kg de dejetos, 0,23 kg de água e 0,5% (massa/volume) de bicarbonato de sódio (NaHCO₃), para favorecer o tamponamento do meio.

Diariamente, foram coletadas amostras dos dejetos, do substrato e efluente para determinação dos teores de ST e sólidos voláteis (SV), seguindo metodologias descritas por APHA, AWWA, WPCF (2012). Foram realizadas as análises semanais de pH, nitrogênio amoniacal e alcalinidade parcial, considerados como indicadores da estabilidade do processo de digestão anaeróbia, nas amostras dos substratos e efluentes. Para isso, seguiu-se a metodologia descrita por APHA, AWWA, WPCF (2012). Quinzenalmente, foram realizadas análises dos substratos e efluentes para a quantificação da concentração de nitrogênio total, pelo método semi-micro Kjeldhal, conforme Silva and Queiroz (2002), e o teor de fósforo, pelo método colorimétrico, conforme metodologia de Malavolta *et al.* (1991).

As produções de biogás foram calculadas com base no deslocamento do gasômetro e da área do biodigestor (0,00785 m²). Para correção do volume de biogás para as condições de 1 atm e 25 °C, utilizou-se a expressão que resulta da combinação das leis de Boyle e Gay-Lussac, conforme Caetano (1985), no qual: V_0 = volume de biogás corrigido, m³; P_0 = pressão corrigida do biogás, 10332,72 mm de H₂O; T_0 = temperatura corrigida do biogás, 298,15, em K; V_1 = volume do biogás no gasômetro, m³; P_1 = pressão do biogás no instante da leitura, 25,5 mm de água; T_1 = temperatura do biogás no instante da leitura, °K.

Considerando a pressão atmosférica média do período de 10293 mm de H₂O, tem-se como resultado a seguinte expressão para correção do volume de biogás:

$$V_0 = \frac{V_1}{T_1} \times 297,75252$$

Os potenciais de produção de biogás foram calculados utilizando-se a produção total de biogás de cada tratamento, as quantidades de dejetos, de ST e de sólidos voláteis (SV) que entraram no biodigestor e dos SV reduzidos durante o processo.

Para a análise de variância, os dados foram ajustados utilizando-se as semanas como cofator. Para os dados de produção acumulada de biogás utilizaram-se os dados obtidos no último mês de operação e, portanto, o número de semanas foi igual a quatro. Para os potenciais de produção de biogás foram utilizadas as médias semanais obtidas durante todo o período de cargas diárias e, portanto, o número de semanas foi igual a 13. A análise de variância foi realizada por meio do software estatístico Sisvar 5.3 (Ferreira, 2011) em um delineamento fatorial 2 x 5 (0 e 10 ppm de ractopamina x 2300; 2425; 2550; 2675 e 2800 kcal de energia líquida por kg de ração). Para a variável ractopamina (suplementação ou não), as médias foram submetidas à comparação de médias pelo teste t e para a variável níveis de energia líquida, as médias foram submetidas à análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de ST e de SV nos dejetos de suínos que receberam diferentes níveis de energia líquida com e sem ractopamina, variaram de 32,29 a 38,46% e de 19,07 a 23,19%, respectivamente (**tabela II**).

Os dejetos de suínos alimentados com dietas contendo 0 e 10 ppm de ractopamina, apresentaram valores médios de ST e de SV superiores aos encontrados por Miranda *et al.* (2012). No entanto, a diferença pode ser devida às variações no nível de energia líquida e nos ingredientes utilizados na formulação das dietas.

Os valores médios dos parâmetros de monitoramento para todos os substratos e efluentes foram: pH 7,11 ± 0,82 e 7,66 ± 0,23; 186 ± 43 e 460 ± 45 mg L⁻¹ de nitrogênio amoniacal; 1858 ± 369 e 4603 ± 453 mg CaCO₃ L⁻¹ de alcalinidade parcial. As concentrações iniciais de nitrogênio total e fósforo total nos substratos foram de 2,18 ± 0,11 mg L⁻¹ e 1,93 ± 0,14 mg L⁻¹ e dos efluentes foram 1,54 ± 0,16 mg L⁻¹ e 2,45 0,44 mg L⁻¹, com base na matéria seca, respectivamente.

Alterações no pH podem afetar a atividade das enzimas, além de causar alteração de substâncias que podem se tornar tóxicas ao meio (Chernicharo, 1997). A alcalinidade se origina da mineralização de nitrogênio orgânico e remoção de ácidos graxos voláteis, e é um indicativo da capacidade de tamponamento do meio (Pereira *et al.*, 2009). Os resultados de pH, nitrogênio amoniacal, alcalinidade, nitrogênio total e fósforo total se mostraram satisfatórios para o processo de biodigestão anaeróbia e estão de acordo com os valores reportados por González-Fernandez and García-Encina (2009) e Astals *et al.* (2011).

Desta forma, pode-se inferir que durante o experimento não houve risco de falência do processo de biodigestão anaeróbia.

Os teores de ST e SV nos efluentes indicaram que houve degradação de considerável parte da matéria orgânica dos dejetos (**tabela III**). As maiores relações SV/ST dos substratos foram observadas nos dejetos de suínos alimentados com maiores níveis de energia líquida com ou sem suplementação de ractopamina, evidenciando maior conteúdo de matéria orgânica nesses dejetos e, então, maiores produções de biogás poderiam ser esperadas.

Observa-se que, sendo os SV parte dos ST, estes variaram de 52 a 66%, valores consideravelmente inferiores aos obtidos em dejetos de animais criados sem acesso ao solo, tal como os valores reportados por Miranda *et al.* (2012) e Watanabe *et al.* (2013). É possível que os animais tenham ingerido solo, o que resulta em maiores quantidades de matéria mineral nos dejetos e, conseqüentemente, menor matéria orgânica.

Não houve interação entre os níveis de energia líquida e ractopamina ($p > 0,05$) e, também, não foi observado efeito de suplementação com ou sem ractopamina na produção de biogás e nos potenciais de produção de biogás (**tabela IV**). Todavia, houve efeito ($p < 0,05$) dos níveis de energia líquida em todos os parâmetros referentes à produção de biogás.

Valores superiores de potenciais de produção de biogás por unidade de dejetos, de ST adicionados, de SV adicionados e de SV reduzidos foram reportados por Miranda *et al.* (2012) de 0,161; 0,525; 0,599 e 0,872 m³ kg⁻¹, respectivamente, enquanto Orrico Júnior *et al.* (2010) encontraram potenciais médios produção de biogás de dejetos e de SV reduzidos de 0,056 m³ kg⁻¹ e 0,523 m³ kg⁻¹, respectivamente. As diferenças podem ser devidas aos ingredientes e níveis de energia utilizados na formulação das dietas, além de diferenças na operação dos biodigestores como o uso de bicarbonato de sódio e temperatura dos substratos.

Por meio da análise de regressão, constatou-se aumento linear ($p < 0,05$) na produção de biogás e nos potenciais de produção de biogás dos dejetos, dos ST adicionados, dos SV adicionados e dos SV reduzidos, à medida que aumentaram os níveis de energia líquida das dietas fornecidas aos animais (**tabela V**). Essa resposta é justificada considerando que os dejetos dos animais que receberam maiores níveis de energia líquida continham maiores quantidades de energia bruta nos dejetos e, portanto, promoveram maiores produções de biogás e potenciais de produção de biogás. O excesso de energia líquida nas dietas e, conseqüentemente nos

Tabela III. Sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV) dos substratos e de efluentes e relação SV/ST de dejetos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia líquida e ractopamina (Total solids (TS), volatile solids (VS) of the substrates and effluent and, VS/TS ratio of manure from swine fed on diets containing different levels of net energy and ractopamine).

	Níveis de ractopamina (ppm)	Níveis de energia líquida (kcal kg ⁻¹)				
		2300	2425	2550	2675	2800
ST dos substratos (g/dia)	0	11,11	10,87	10,88	10,22	9,69
	10	11,54	10,86	11,48	11,17	10,35
SV dos substratos (g/dia)	0	5,72	6,01	6,36	6,57	6,36
	10	6,25	6,22	6,86	6,96	6,51
Relação SV/ ST nos substratos	0	0,52	0,55	0,58	0,64	0,66
	10	0,54	0,57	0,60	0,62	0,63
ST dos efluentes (g/dia)	0	2,36	2,78	2,62	2,94	2,88
	10	2,80	2,75	2,63	3,21	2,73
SV dos efluentes (g/dia)	0	1,01	1,18	1,22	1,38	1,40
	10	1,20	1,21	1,21	1,53	1,30

Tabela IV. Produção acumulada semanal de biogás e potenciais de produção de biogás por dejetos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia líquida (EL) e ractopamina (RAC) (Cumulative biogas production and biogas potential by manure from swine fed on diets containing different levels of net energy (EL) and ractopamine (RAC)).

	Níveis de ractopamina (ppm)	Níveis de energia líquida (kcal kg ⁻¹)					CV (%)	Valor de p		
		2300	2425	2550	2675	2800		EL*	RAC	EL x RAC
Produção de biogás (m ³) ¹	0	0,0126	0,0134	0,0136	0,0155	0,0155	4,82	<0,0001	0,825	0,237
	10	0,0129	0,0122	0,0140	0,0170	0,0146				
Potencial dos dejetos (m ³ kg ⁻¹) ²	0	0,0686	0,0709	0,0750	0,0821	0,0850	10,98	<0,0001	0,219	0,061
	10	0,0711	0,0708	0,0785	0,0906	0,0797				
Potencial dos ST adicionados (m ³ kg ⁻¹) ³	0	0,1853	0,1956	0,2068	0,2410	0,2632	11,07	<0,0001	0,129	0,054
	10	0,1848	0,1955	0,2052	0,2434	0,2310				
Potencial dos SV adicionados (m ³ kg ⁻¹) ⁴	0	0,3598	0,3537	0,3538	0,3749	0,4006	10,98	<0,001	0,099	0,267
	10	0,3415	0,3417	0,3433	0,3910	0,3673				
Potencial dos SV reduzidos (m ³ kg ⁻¹) ⁵	0	0,4399	0,4444	0,4401	0,4763	0,5211	13,70	<0,0001	0,196	0,141
	10	0,4241	0,4280	0,4216	0,5118	0,4645				

CV= Coeficiente de variação. p = Probabilidade estatística. EL= Efeito linear para os níveis de energia líquida. ST= Sólidos totais. SV= Sólidos voláteis.

Tabela V. Equações de regressão da produção acumulada semanal de biogás e dos potenciais de produção de biogás de dejetos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia líquida (Regression equations of the weekly cumulative biogas production and biogas potential of the manure from swine fed on diets containing different levels of net energy).

Variável	Equação	R ²
Produção de biogás (m ³)	$\hat{Y} = - 0,002401 + 0,000006x$	0,711
Potencial de produção de biogás dos dejetos (m ³ kg ⁻¹)	$\hat{Y} = - 0,005410 + 0,000032x$	0,800
Potencial de produção de biogás dos ST adicionados (m ³ kg ⁻¹)	$\hat{Y} = - 0,132841 + 0,000136x$	0,923
Potencial de produção de biogás dos SV adicionados (m ³ kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 0,155125 + 0,000081x$	0,725
Potencial de produção de biogás dos SV reduzidos (m ³ kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 0,091171 + 0,000144x$	0,723

ST=Sólidos totais; SV=sólidos voláteis; R²=coeficiente de determinação.

dejetos, representa perda econômica e alto potencial de poluição do meio se a energia dos dejetos não for transformada numa fonte de energia aproveitável.

Considerando que a ractopamina não influenciou o volume de biogás produzido por unidade de massa de dejetos (m³ kg⁻¹), a dieta contendo o nível de

energia líquida de 2675 kcal kg⁻¹ contribuiu para um incremento de 12% na produção de biogás em relação à dieta contendo o nível de energia líquida de 2500 kcal kg⁻¹, considerada padrão. No entanto, a adoção de um determinado nível de energia líquida na dieta dos animais para incremento da produção de biogás deve ser precedida de estudo de viabilidade econômica.

CONCLUSÕES

Maiores produções de biogás são obtidas por dejetos de suínos em terminação que recebem dietas contendo maiores níveis de energia líquida. O fornecimento de ractopamina para os animais não interfere na produção de biogás e nos potenciais de produção de biogás.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado e Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) pelo apoio financeiro à pesquisa.

COMISSÃO DE ÉTICA

Processo nº 429/2012, Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - CEUA/UFMS

BIBLIOGRAFIA

- Agostini, P.S.; Silva, C.A.; Bridi, A.M.; Abram, R.A.M.; Pacheco, G.D., Lozano, A.P.; Ywazaki, M.S.; Dalto, D.B.; Gavioli, D.F.; Oliveira, E.R.; Bonafé, E.G.; Souza, N.E. e Visentainer, J.V. 2011. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. *Arch Zootec*, 60: 659-670.
- Almeida, V.V.; Berenchein, B.; Costa, L.B.; Tse, M.L.P.; Braz, D.B. e Miyada, S. 2010. Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação. *Rev Bras Zootec*, 39: 1969-1977.
- Almeida, V.V.; Nunez, A.J.C. and Miyada, V.S. 2012. Ractopamine as a metabolic modifier feed additive for finishing pigs: a review. *Braz Arch Biol Technol*, 55: 445-456.
- APHA.AWWA.WPCF. 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22nd ed. APHA.AWWA.WPCF. Washington.
- Astals, S.; Arisco, M.; Galí, A. and Mata-Alvarez, J. 2011. Co-digestion of pig manure and glycerine: Experimental and modelling study. *J Environ Manag*, 92: 1091-1096.
- Bordim, R.A.; Pereira, C.A.D.; Eboli, M.; Artilheiro, R. e Freitas, C.A. 2005. Produção de dejetos e o impacto ambiental da suinocultura. *Sistem Anhanguera Rev Eletrônica*, 3: 1-4.
- Coetano, L. 1985. Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás. 1985. 75f. Dissertação (Mestrado Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu.
- Cantarelli, V.S.; Fialho, E.T.; Almeida, E.C.; Zangeronimo, M.G.; Rodrigues, P.B. and Freitas, R.T.F. 2009. Ractopamine for finishing barrows fed restricted or ad libitum diets: performance and nitrogen balance. *Rev Bras Zootec*, 38: 2375-2382.
- Chernicharo, C.A.L. 1997. Fundamentos da digestão anaeróbia. In: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias - Reatores anaeróbios. 2 ed. DESA/UFMG. Belo Horizonte. pp. 31-97.
- Ferreira, D.F. 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Cienc Agrotec*, 35: 1039-1042.
- González-Fernández, C. and García-Encina, P.A. 2009. Impact of substrate to inoculum ratio in anaerobic digestion of swine slurry. *Biomass and Bioenergy*, 33: 1065-1069.
- Jacela, J.Y.; Derouchey, J.M.; Tokach, M.D.; Goodband, R.D.; Nelssen, J.L.; Renter, D.G. and Dritiz, S.S. 2009. Feed additives for swine: Fact sheets – carcass modifiers, carbohydrate-degrading enzymes and proteases, and anthelmintics. *J Swine Health Prod*, 17: 325-332.
- Malavolta, E.; Boaretto, A.E. e Paulino, V.T. 1991. Micronutrientes, uma visão geral. In: Ferreira, M.E., Cruz, M. C. Micronutrientes na Agricultura. Potafós/CNPq. Piracicaba. pp. 1-33.
- Miranda, A.P.; Lucas Júnior, J.; Thomaz, M.C.; Pereira, G.T. and Fukayama, E.H. 2012. Anaerobic biodigestion of pig feces in the initial, growing and finishing stages fed with diets formulated with corn or sorghum. *Eng Agric*, 32: 47-59.
- Oliveira, P.A.V.; Higarashi, M. M. 2006. Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos. Embrapa Suínos e Aves, Concórdia. Documento 115. 42 pp.
- Orrico Junior, M.A.P.; Orrico, A.C.A. e Lucas Júnior, J. 2010. Avaliação de parâmetros da digestão anaeróbia de dejetos de suínos alimentados com dietas à base de milho e sorgo. *Eng Agric*, 30: 600-607.
- Pereira, E.L.; Campos, C.M.M. e Moterani, F. 2009. Efeitos do pH, acidez e alcalinidade na microbiota de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) tratando efluentes de suinocultura. *Ambi- Agua*, 4: 157-168.
- Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T.; Donzele, J.L.; Gomes, P.C.; Oliveira, R.F.; Lopes, D.C.; Ferreira, A.S.; Barreto, S.L.T. e Euclides, R.F. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3.ed. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 252 pp.
- Silva, D.J. e Queiroz, A.C. 2002. Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos. 3 ed. Imprensa Universitária da UFV. Viçosa. 235 pp.
- Starr, K.; Gabarrel, X.; Villalba, G.; Talens, L.; Lombardi, L. 2012. Life cycle assessment of biogas upgrading technologies. *Waste Manag*, 32: 991-999.
- Watanabe, P.H.; Thomaz, M.C.; Pascoal, L.A.F.; Ruiz, U.S.; Daniel, E. and Amorim, A.B. 2013. Manure production and mineral excretion in feces of gilts fed ractopamina. *Acta Sci Anim Sci*, 35: 267-272.