



## XI-108 - DIAGNÓSTICO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM REATORES ANAERÓBIOS DE DIFERENTES SETORES NO ESTADO DE SANTA CATARINA

**Anigeli Dal Mago<sup>(1)</sup>**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

**Maria Margarida Falcão e Cunha de Campos Gusmão**

Engenheira Ambiental pelo Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

**Paulo Belli Filho**

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos. Doutor em Química Industrial e Ambiental - Université de Rennes I. Pós-doutorado na École Polytechnique de Montreal. Professor e pesquisador da Universidade Federal de Santa Catarina.

**Wiliam Sartor Sganzerla**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

**Vanessa Cristina Ferreira Dias**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Amaro Antônio Vieira, nº 2463, Bloco C Apto. 608 - Itacorubi - Florianópolis - SC - CEP: 88034-101 - Brasil - Tel: +55 (48) 3334-2593 - e-mail: anigelidalmago@yahoo.com.br

### RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar um diagnóstico para estimar o potencial de geração e a concentração de metano ( $\text{CH}_4$ ) do biogás a partir de dejetos de suínos e de esgoto sanitário em Santa Catarina, além de avaliar o percentual de remoção de matéria orgânica nestes efluentes. Essa avaliação do biogás é fundamental para que futuramente seja possível proporcionar a geração de energia e a sua utilização de forma eficiente, contribuindo com a matriz energética. Foram selecionados e avaliados 13 biodigestores anaeróbios para dejetos de suínos, instalados em propriedades rurais, e 03 reatores anaeróbios tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors) para esgotos sanitários. Foram realizadas amostragens pontuais para ambos os setores; os dados foram coletados no período do verão e inverno para o setor da suinocultura e somente no inverno para as estações de tratamento de esgotos (ETEs). Os valores médios do percentual de metano na composição do biogás variaram entre 51% a 72% no período do verão, e a vazão do biogás neste mesmo período foi de 1,64  $\text{m}^3/\text{h}$  a 7,64  $\text{m}^3/\text{h}$ . A diferença de vazões está associada aos diferentes volumes úteis dos biodigestores e, conseqüentemente, à quantidade dos dejetos a serem tratados e do número de animais de cada propriedade. No período do inverno, a variação na concentração de metano foi de 27% a 75 %, e a vazão do biogás ficou na faixa de 1,45  $\text{m}^3/\text{h}$  a 13,98  $\text{m}^3/\text{h}$ . As propriedades P1 e P2 destacam-se por constituírem os valores mínimos e máximos da vazão respectivamente, sendo que a primeira é menor em número de suínos e a segunda é a maior. Quanto às ETEs, a variação das concentrações médias de  $\text{CH}_4$  para as três estações de tratamento de esgotos ficaram entre 53% a 74%. A vazão de biogás ficou entre 5,3  $\text{m}^3/\text{h}$  e 11,78  $\text{m}^3/\text{h}$ , o que gera um volume diário que pode ser aproveitado para conversão em energia (térmica; elétrica).

**PALAVRAS-CHAVE:** Produção de Biogás, Digestores Anaeróbios, Metano, Dejetos de Suínos.

### INTRODUÇÃO

O tratamento anaeróbio de efluentes em digestores gera biogás, que quando emitido diretamente para atmosfera contribui para o efeito estufa global e deixa de ser aproveitado para fins energéticos. O biogás é uma fonte de energia renovável, obtida como um produto gerado pela anaerobiose, constituído basicamente por metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), e traços de outros gases. De acordo com Lagrange (1979) e Belli F<sup>o</sup> (1995), a média da concentração de  $\text{CH}_4$  no biogás varia entre 50 e 75% e de  $\text{CO}_2$  entre 25 e 40%. Quanto maior a concentração de  $\text{CH}_4$ , melhor será a potencialidade do biogás para fins energéticos.



As atividades agropecuárias e agrícolas, bem como as urbanas e industriais podem contribuir para a geração de metano e proporcionar modificações no meio ambiente, poluindo a água, o solo e a atmosfera, além de gerar desconforto ambiental.

Segundo Oliveira (2002), a poluição causada pelos dejetos de suínos, somada aos resíduos domésticos e industriais, tem causado sérios problemas ambientais, principalmente relacionados à poluição hídrica, devido à alta carga orgânica e presença de coliformes fecais. Além disso, há emissão de gases que contribuem para o efeito estufa. Uma das formas de minimizar seus problemas com a atmosfera é através da valorização do biogás sob a forma de energia ou pela simples queima que gera água e  $\text{CO}_2$ , sendo que este em termos de efeito estufa é 21 vezes menos impactante do que o  $\text{CH}_4$ .

Neste trabalho pretende-se apresentar um diagnóstico para estimar o potencial de produção do biogás, além da determinação da sua composição, o que é fundamental para que futuramente seja possível proporcionar a geração de energia e a sua utilização de forma eficiente, contribuindo com a matriz energética.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta pesquisa foram selecionados reatores anaeróbios para estimar a produção e composição do biogás formado, no setor da suinocultura e esgotamento sanitário no estado de Santa Catarina. Foram avaliados 13 biodigestores anaeróbios para dejetos de suínos, instalados em propriedades rurais, e 03 reatores anaeróbios tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors) para esgotos sanitários. Foram realizadas amostragens pontuais para ambos os setores, não sendo possível determinar o perfil de cada reator, apenas diagnosticar. Os dados foram coletados no período do verão e inverno para o setor da suinocultura e somente no inverno para as estações de tratamento de esgotos (ETEs).

Os biodigestores da suinocultura abrangeram propriedades rurais produtoras de suínos de diferentes sistemas de criação: ciclo completo (CC), unidade de produção de leitões (UPL) e crescimento e terminação (CT). Estes sistemas se diferenciam pela idade dos suínos que cada um abrange. As propriedades P1 e P2 fazem parte do sistema CC, do P3 ao P7 pertencem a sistema UPL e do P8 ao P13 correspondem ao CT.

A medição da composição do biogás foi realizada através de um medidor de gases portátil com detectores infravermelhos e eletroquímicos (Drager X-am 7000), para metano, dióxido de carbono e gás sulfídrico. O aparelho armazena os dados e permite transferi-los para um microcomputador a fim de realizar o tratamento dos dados. Em cada medição realizada nos diferentes locais é feita uma amostragem no período da manhã e outra à tarde, durante o tempo de 1 hora em cada turno. Após é efetuada uma média das leituras diárias para cada local amostrado no software Excel.

Para quantificar a produção de biogás, em cada reator foi realizada a medição da velocidade para depois calcular a vazão normalizada baseada nas variações de temperatura do biogás e pressão atmosférica local. O aparelho utilizado para esta quantificação foi um termo-anemômetro Airflow TA45, medindo a velocidade (m/s) com sensor de fio quente e a temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) do biogás.

Para possibilitar e adaptar o uso dos aparelhos (medidor de gases e termo-anemômetro), em cada local avaliado, foi utilizado um sistema para as amostragens desenvolvido por Gusmão (2008), o qual também possibilita que o fluxo seja laminar, de forma a evitar interferências nas leituras feitas pelos aparelhos. Este sistema é constituído a partir de uma mangueira conectada a uma tubulação com orifícios para a adaptação de cada aparelho, conforme apresentado na Figura 1. Na Figura 2 é mostrado o aparelho (Drager X-am 7000) que detecta e mede a concentração dos gases (a) e em (b) é o termo-anemômetro utilizado para obter a velocidade e a temperatura.

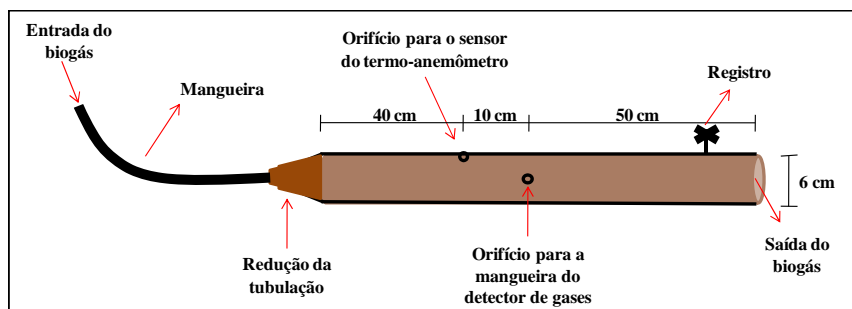


Figura 1: Sistema de adaptação para amostragens do biogás.



(a)



(b)

Figura 2: (a) Aparelho Dräger X-am 7000 e (b) termo-anemômetro.

Para determinar as eficiências de remoção de matéria orgânica dos biodigestores da suinocultura foram avaliadas as remoções de DQO (Demanda Química de Oxigênio) e de SV (sólidos voláteis), cujos parâmetros foram analisados em laboratório de acordo com *Standard Methods* (APHA, 2005). Já para ETEs foram avaliadas somente as remoções de DQO a partir dos dados fornecidos pelos laboratórios de cada local da amostragem.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os valores médios das concentrações do metano na composição do biogás e as vazões do biogás calculadas das 13 propriedades produtoras de suínos. No período do verão a concentração média de  $\text{CH}_4$  variou entre 51% a 72%, e a vazão do biogás foi de 1,64  $\text{m}^3/\text{h}$  a 7,64  $\text{m}^3/\text{h}$ . A diferença de vazões está associada aos diferentes volumes úteis dos biodigestores e, conseqüentemente, à quantidade dos dejetos a serem tratados e do número de animais de cada propriedade.

No período do inverno, a variação na concentração de metano foi na faixa de 27% a 75 %, sendo que esse valor mínimo, registrado na P12, pode ser atribuído a problemas operacionais não identificados que influenciaram diretamente a produção metano no processo de digestão anaeróbia. Com exceção da P12, nas demais propriedades a concentração de  $\text{CH}_4$  não foi inferior a 58,4%.

A vazão do biogás, no inverno, ficou entre a faixa de 1,45  $\text{m}^3/\text{h}$  a 13,98  $\text{m}^3/\text{h}$ . Neste período, não foram realizadas medições nas propriedades P4, P8 e P9 devido a problemas operacionais e de infra-estrutura. As propriedades P1 e P2 destacam-se por constituírem os valores mínimos e máximos da vazão respectivamente, sendo que a primeira é menor em número de suínos e a segunda é a maior.

**Tabela 1: Concentração de CH<sub>4</sub> e vazão de biogás no setor da suinocultura.**

Propriedade suinícola	Verão		Inverno	
	CH <sub>4</sub> (%)	Vazão biogás (m <sup>3</sup> /h)	CH <sub>4</sub> (%)	Vazão biogás (m <sup>3</sup> /h)
P1	71,8	1,64	73,7	1,45
P2	69,4	4,53	69,0	13,98
P3	68,8	2,46	70,9	3,85
P4	69,8	6,06	-	-
P5	51,1	4,50	64,9	5,09
P6	70,7	6,10	75,2	6,58
P7	69,7	5,13	75,4	4,39
P8	69,7	5,57	-	-
P9	66,7	7,64	63,8	6,40
P10	63,9	7,04	65,5	4,36
P11	70,7	3,48	58,4	4,40
P12	55,9	6,63	27,0	4,39
P13	64,8	6,45	-	-

De um modo geral, na grande parte dos biodigestores as concentrações de metano obtidas encontram-se dentro da faixa recomendada pela literatura, podendo esse biogás ser aproveitado para fins energéticos (eletricidade; calor), porém, nas propriedades analisadas ocorre somente a queima.

Em relação à matéria orgânica, as eficiências médias de remoção de DQO nos reatores com dejetos de suínos ficaram, aproximadamente, numa faixa entre 71 % e 95% para sistema CC, entre 76% e 86% no UPL e 53% a 63% no sistema CT. Dessa forma, obteve-se em torno de 75% de remoção no período do inverno e de 70% no verão. Já as médias de remoção em termos de SV ficaram em torno de 80% no verão e 75% no inverno; variando entre 63% e 95% no sistema CC, de 76% a 92% no UPL e no CT ficou entre 64% e 77%. Estes valores estão um pouco acima dos valores médios obtidos por Alves (2007), que obteve cerca de 60%, em eficiência média de remoção, tanto para DQO quanto para sólidos voláteis. Na Tabela 2 são mostradas as eficiências de remoção de matéria orgânica em termos de DQO e SV.

A remoção de matéria orgânica é fundamental para que a produção de biogás ocorra de forma eficiente. Para o caso dos dejetos de suínos, é comprovado na literatura que os sólidos voláteis constituem a principal fonte de alimento para as bactérias formadoras de metano, o que reflete na concentração do mesmo na composição do biogás.

**Tabela 2: Eficiências de remoção de DQO e SV.**

Sistema de criação	Eficiência média de remoção de DQO (%)		Eficiência média de remoção de SV (%)	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno
CC	95,2	71,2	95,5	63,7
UPL	76,5	86,5	76,9	92,8
CT	63,7	53,8	77,8	64,2

Quanto às ETEs, a Tabela 3 mostra a variação das concentrações médias de CH<sub>4</sub> para as três estações de tratamento de esgotos, em que as médias ficaram entre 53% a 74%. A vazão de biogás ficou entre 5,3 m<sup>3</sup>/h e 11,78 m<sup>3</sup>/h, o que gera um volume diário que pode ser aproveitado para energia (térmica; elétrica), lembrando que as medições foram pontuais e que não é suficiente para caracterizar o perfil da geração de gás na ETE.

**Tabela 3: Concentração de CH<sub>4</sub> e vazão de biogás para as ETEs.**

ETEs	CH <sub>4</sub> (%)	Vazão biogás (m <sup>3</sup> /h)
ETE 1	58,8	5,30
ETE 2	74,2	7,64
ETE 3	53,3	11,78

O maior valor de concentração de CH<sub>4</sub> foi observado na ETE 2 (74,2%), as demais estações apresentaram um percentual um pouco inferior, porém está de acordo com o que é recomendado na literatura.

A ETE 3 foi a que apresentou a maior vazão horária de biogás. Fazendo-se uma média das vazões de todas as ETEs, obtém-se uma vazão horária de 8,2 m<sup>3</sup>/h, que resulta em aproximadamente 200 m<sup>3</sup>/dia. Este biogás é apenas queimado, não sendo aproveitado para fins energéticos.

Quanto à eficiência de remoção de matéria orgânica, observa-se que a ETE 3 apresenta a maior eficiência em termos de remoção de DQO, e conseqüentemente, também apresenta maior produção de biogás, isto é, houve uma maior conversão da matéria orgânica removida para a formação de gás. Na Tabela 4 é mostrada a eficiência de remoção de DQO nas ETEs avaliadas.

**Tabela 4: Eficiência de remoção de DQO nas ETEs.**

ETEs	Eficiência de remoção de DQO (%)
ETE 1	65
ETE 2	54
ETE 3	82

A eficiência de remoção em termos de DQO atingiu o maior percentual na ETE 3, na qual foi obtida também a maior vazão de produção de biogás, porém a concentração de metano foi a menor.

## CONCLUSÕES

Com base no estudo realizado é possível concluir que:

- Os resultados obtidos referentes à concentração de CH<sub>4</sub> no biogás estão, em sua maioria, dentro da faixa de composição esperada. Isso indica uma boa eficiência dos reatores e boa qualidade biogás para o seu aproveitamento como fonte de energia, o que evidencia o potencial de produção de metano nos digestores anaeróbios avaliados nos setores da suinocultura e do esgoto sanitário em Santa Catarina.
- O volume de biogás produzido nos reatores estudados está sendo apenas queimado para evitar a emissão de CH<sub>4</sub> para a atmosfera. Porém, esse biogás gerado através de dejetos de suínos e esgotos sanitários, aliado à qualidade determinada pelo percentual de metano, poderia ser aproveitado para gerar alguma forma de energia.
- As eficiências de remoção de matéria orgânica, na maioria dos casos, podem ser consideradas satisfatórias e a qualidade do biogás em termos de concentração de metano comprova tais eficiências, isto é, a boa qualidade do biogás está relacionada com conversão da matéria orgânica.
- Para obter um perfil do comportamento de cada reator na produção de biogás, tanto na suinocultura quanto no esgoto sanitário, seria necessário um monitoramento com intervalos de tempo constantes (dias) observando ao longo de um dia as concentrações de matéria orgânica afluente e efluente, a vazão do biogás produzido e a concentração de metano.



## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ALVES, R. G. C. M. Tratamento e valorização de dejetos da suinocultura através de processo anaeróbico – operação e avaliação de diversos reatores em escala real. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.
2. APHA. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 21<sup>th</sup> ed. Washington: American Public Health Association, 2005.
3. BELLI Fº, P. Stockage et odeurs des dejections animales cas du lisier de porc. Thèse de Doctorat de L'Univesrsité de Rennes I. France, 181 p., 1995.
4. GUSMÃO, M. M. F. C. C. Produção de biogás em diferentes sistemas de criação de suínos em Santa Catarina. 2008. 170f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.
5. LAGRANGE, B. Biomethane: principes, techniques, utilisations. Édisud/Énergies alternatives. Aix-en-Provence, 246 p., 1979.
6. OLIVEIRA, P. A. V. Produção e manejo de dejetos suínos. Curso de capacitação em práticas ambientais sustentáveis – Treinamentos 2002. Embrapa suínos e Aves. Concórdia, p. 72-90, 2002.