

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UMA UNIDADE DE BIODIGESTÃO EM  
ESCALA REAL TRATANDO DEJETOS DA SUINOCULTURA**

LEANDRO STIVAL<sup>2</sup>, MARCELO ERRERA<sup>3</sup>, MIGUEL AISSE<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Aceito para Publicação no 4º Trimestre de 2017.

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, leandrostival@gmail.com.

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Paraná, errera\_help@ufpr.br.

<sup>4</sup>Departamento de Recursos Hídricos, Universidade Federal do Paraná, miguel.dhs@ufpr.br.

**Resumo** – O presente estudo avaliou o desempenho de uma unidade biodigestora em escala real, tratando dejetos da suinocultura, através da (i) caracterização de parâmetros físico-químicos influentes no biodigestor, assim como pela (ii) medição a produção de biogás gerado pelos dejetos da granja. Localizada no município de Carambeí-PR, a granja possui uma média de 1614 animais em um sistema de produção do tipo Unidade de Terminação (UT), cujos dejetos produzidos alimentam um biodigestor de 842 m<sup>3</sup>. Os resultados apresentaram uma perspectiva otimista quanto ao tratamento dos dejetos, pois a biodigestão anaeróbia do sistema foi avaliada como boa através da relação AV/AT em torno de 0,1, demonstrando ainda uma média de remoção da matéria orgânica da ordem de 90%. A produção de biogás medida de 240 m<sup>3</sup>/dia representa um nível similar as estimativas teóricas. Por fim, o ganho com a utilização do biodigestor

como tecnologia de tratamento em termos ambientais e econômicos é notável, além da contribuição na sustentabilidade e no desenvolvimento nacional.

**Palavras-chave** – Biodigestor, biogás, suinocultura.

## **EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF A REAL-SCALE BIODIGESTION UNIT TREATING SWINE MANURE**

**Abstract** – The present study aimed to evaluate the performance of a real-scale biodigestor unit treating swine farming through (i) characterization of physical-chemical parameters in the biodigestor, as well as (ii) evaluation of the biogas production generated by the manure at the farm's project. The farm is located in the municipality of Carambeí-PR Brazil, production type (UT). It has an average of 1614 animals, whose wastewater feed a biodigestor of 842 m<sup>3</sup>. The results presented an optimistic perspective regarding the treatment of the waste, since the anaerobic biodigestion of the system was evaluated as good through the VA/TA ratio around 0.1, in addition it presented an average organic matter removal on the order of 90%. The biogas production measured was approximately 240 m<sup>3</sup>/day, presenting levels similar to theoretical estimates. Finally, the gain of using the biodigestor as a treatment technology in environmental and economic terms is visible, as well as contributing to sustainability and development of the country.

**Keywords** – Biodigestor, biogas, swine farming.

### **Introdução**

A suinocultura brasileira, a exemplo de outras cadeias produtivas do agronegócio, cresceu significativamente, nas últimas duas décadas. A criação de porcos do passado evoluiu também na técnica e no modelo de coordenação das atividades entre fornecedores de insumos, produtores rurais, agroindústrias, atacado, varejo e consumidores. Passou a ser uma cadeia de produção de suínos, explorando a atividade de forma econômica e competitiva (Gonçalves e Palmeira, 2006).

A profissionalização da suinocultura trouxe também a produção de grandes quantidades de dejetos, que pela falta de tratamento adequado, se transformou numa grande fonte poluidora dos mananciais de água. De acordo com o Instituto Ambiental do Paraná (IAP), a suinocultura é uma das atividades consideradas potencialmente impactantes.

A busca por tecnologias que colaborem com a redução da degradação do meio ambiente tem sido objeto de estudo principalmente no setor produtivo, uma vez que o crescimento populacional implica em um aumento na demanda produtiva (Perdomo et al, 2001). Porém, a viabilidade de metodologias inovadoras e técnicas aliadas com a conservação ambiental consiste, em modo geral, em uma perspectiva desafiadora.

Merece destaque a utilização dos biodigestores no meio rural, os quais se relacionam aos aspectos de saneamento e energia, além de estimularem a reciclagem orgânica e de nutrientes. O aspecto saneamento surge na medida em que permitem o isolamento dos resíduos do homem e dos animais, proporcionando diminuição de moscas, parasitas, patógenos e odores. Permitindo também a redução das demandas química e bioquímica de oxigênio e de sólidos, de modo a contribuir para o aumento da disponibilidade de nutrientes para as plantas (biofertilizante). O biogás produzido pode ter o seu conteúdo energético aproveitado na própria atividade, em aquecimento, refrigeração, iluminação, incubadores, misturadores de ração, geradores de energia elétrica, etc.

A fundamentação do presente trabalho engloba a biodigestão anaeróbica, sua aplicação na suinocultura no tratamento de dejetos de suínos provindos da lavagem da granja e como alternativa sustentável para reuso da água utilizada na lavagem da granja. Neste contexto, o objetivo deste estudo é avaliar o desempenho de uma unidade biodigestor, em escala real, tratando dejetos da suinocultura.

## **Materiais e métodos**

### *Área de estudo*

O local de estudo está localizado no município de Carambeí-PR, na estrada do areião km 5. A granja opera com suínos em terminação (UT) com média de 1614

animais. Os dejetos dos animais de terminação da propriedade Bom Retiro são armazenados em uma lagoa anaeróbia, com mais de 1 metro de profundidade, e depois disto aplicado no solo. A posição geográfica do confinamento é: Longitude -50,1710°, Latitude -24,9595°. A estimativa de dejetos produzidos pelos suínos em terminação é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Estimativa de dejetos afluentes no biodigestor

Categoria	Número de animais	Dejetos Líquidos (L/dia)	Dejetos Líquidos (m <sup>3</sup> /dia)
Leitões 25 - 100 kg	1614	11298	11,298

A granja utiliza um sistema de tratamento composto por um biodigestor, seguido de uma lagoa aerada e uma lagoa de armazenamento para o completo tratamento dos dejetos, com posterior aplicação no solo. O esquema e descrição do projeto é apresentado na Figura 1.

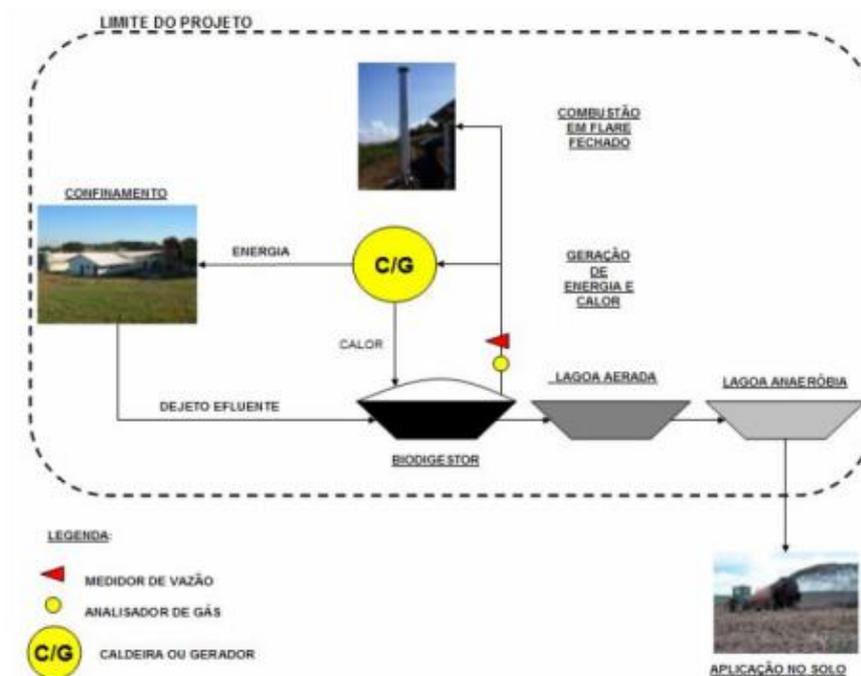


Figura 1 – Limite de atividades do projeto

Fonte: UNFCCC (2011)

Os dejetos são transportados por gravidade da pocilga até a caixa de entrada do biodigestor de 842 m<sup>3</sup> através de tubulações. O tempo de retenção do biodigestor é, em média, de 35 dias. Também foi instalado um sistema de agitação, com o intuito de minimizar a sedimentação e aumentar o contato das bactérias fermentativas com o substrato. A agitação é promovida por uma moto-bomba de 10 HP de potência que, por setor, capta a massa de dejetos da parte mais alta do biodigestor e lança na parte baixa, promovendo a homogeneização do conteúdo.

O solo foi impermeabilizado por uma geomembrana de PEAD com 1.0 mm de espessura e com cobertura linear de 1,25 mm. Após decorrido o tempo de retenção do biodigestor, o dejetos é destinado para a lagoa aerada com tempo de retenção médio de 35 dias e finalmente é acumulado numa lagoa de armazenamento por mais 60 dias, totalizando em torno de 130 dias de retenção. Ambas as lagoas também são revestidas com geomembrana de PEAD de 1.0 mm. O biogás é captado e queimado em um flare (queimador) fechado. A medição da composição do biogás foi realizada através de um Analisador de gás com infravermelho modelo Guardian Plus para CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, da Edinburgh Instruments, com faixa de detecção entre 0 e 3.000 ppm.

#### *Análises físico-químicas*

Foram elaboradas três coletas, sendo a primeira coleta foi efetuada no dia 23 de março de 2012, durante o período da manhã, entre as 08:40 a 08:50h. As condições climáticas predominantes no referido dia eram similares ao verão, porém o dia estava nublado com uma temperatura média de 17,6 °C. A segunda coleta ocorreu no dia 11 de abril de 2012 durante o período da tarde, entre 14:10 a 14:20h. O dia estava ensolarado, com temperatura média de 19,4 °C. A última coleta no dia 10 de maio de 2012, durante o período da manhã. Neste dia o clima estava nublado com temperatura média de 14,6 °C. Foram feitas análises de Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Totais (ST), Sólidos Voláteis Totais (SVT), Alcalinidade Total (AT) e Acidez Volátil (AV). As medidas de pH foram efetuadas na chegada das amostras ao laboratório por um pHmetro de bancada (TECNOPON mPA 210). A caracterização dos parâmetros físico-

químicos ocorreu segundo os métodos recomendados pela APHA (1998). As análises foram efetuadas no LABEAM da UFPR.

## Resultados e discussões

Visando caracterizar o reator de estudo, a determinação da remoção de matéria orgânica é importante para determinar a qualidade do efluente e a eficiência do sistema. A Tabela 2 apresenta os dados de DQO afluente e efluente no biodigestor da Chácara Bom Retiro nas 3 campanhas.

Tabela 2 – Eficiência de remoção da matéria orgânica

Coleta	DQO afluente (mg/L)	DQO efluente (mg/L)	Eficiência (%)
Coleta 1	48600	5433	89
Coleta 2	29767	3367	89
Coleta 3	46844	3767	92

Para todas as coletas a eficiência de remoção de matéria orgânica manteve-se similar, com uma pequena variação de 3% para última campanha. A DQO afluente também apresenta uma similaridade de valores entre a primeira e terceira campanha. A baixa carga aplicada na segunda campanha pode ser explicada pela diluição dos dejetos, decorrente do desperdício de água durante o manejo dos mesmos e nas instalações. Por outro lado a DQO efluente manteve-se consistente, onde somente o valor da primeira coleta teve uma leve diferença dos demais, podendo ser atribuído a uma pequena diferença de tempo de retenção da biomassa no reator.

No sistema de criação tipo UT, segundo Dal Mago *et al.* (2010), os valores médios de DQO variaram entre 10 e 61 g/L com uma média de 44,8 g/L. Oliveira e Hogarashi (2006) realizaram um estudo durante os meses de novembro e dezembro no município de Concórdia-SC, em que foram atingidos valores médios de DQO afluente de 42,5 g/L, aproximado-se da média do sistema UT encontrado no presente trabalho.

Os resultados de DQO afluente encontrados para o biodigestor desse estudo evidenciaram uma alta eficiência quando comparados às referências citadas. No entanto, apesar do do alto índice de remoção de matéria orgânica de 90 %, a DQO

efluente encontra-se em um nível extremamente elevado em relação a legislação ambiental, de 125 mg/l, para lançamento de efluentes em corpos d'água. Sendo assim, considerou-se que a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) também é elevada, estando muito acima dos valores sugeridos para aplicações do biofertilizante no solo. Se o material não está bioestabilizado, quando aplicado no solo pode ocorrer a decomposição da matéria orgânica residual, desencadeando problemas como exalação de maus odores e presença de insetos.

A formação de gás se processa com mais intensidade com o pH da mistura entre 7 e 8, isso deve-se as bactérias metanogênicas não resistirem a um ambiente ácido. Na operação contínua de biodigestores é importante manter um pH constante nessa faixa descrita. Segundo Magalhães (1986), a estabilidade da biodigestão ocorre em pH variando de 7,2 a 8,5, na qual ocorre a diminuição da produção de CO<sub>2</sub> e conseqüentemente aumento da produção de CH<sub>4</sub>, portanto todas as análises se enquadram num biodigestão estabilidade e com boa produção de CH<sub>4</sub>, exceto o efluente da Coleta 2, apresentando valor acima da literatura, alcançando 8,7.

Outras variáveis importantes para acompanhamento de reatores anaeróbios são a acidez volátil, a alcalinidade total e a relação AV/AT. A acidez volátil mede a concentração de radicais ácidos que a amostra possui e, assim, a sua resistência em permitir a elevação do pH. Já a alcalinidade total é a capacidade de uma amostra em neutralizar ácidos, devido à concentração de radicais alcalinos presentes, sendo utilizada como uma estimativa da capacidade tampão do reator. A relação acidez volátil / alcalinidade total foi o parâmetro adotado para o acompanhamento do desempenho do reator em relação a sua capacidade de tamponamento, pois este parâmetro indica mais rapidamente do que o pH, qualquer desbalanceamento do sistema. Tabela 3 apresenta os resultados da relação.

Tabela 3 – Relação AV/AT durante a operação do biodigestor

Relação AV / AT	Afluente	Efluente
Coleta 1	0,09	0,10
Coleta 2	0,14	0,05
Coleta 3	0,07	0,06

A relação AV/AT indica uma digestão eficiente, quando a taxa de ácidos voláteis permanecer baixa e a alcalinidade alta, ocorrerá boa digestão. Segundo Magalhães (1986) a maioria dos casos esta relação é menor que 0,1, considerada ótima para cada digestor, já a Acqua Engenharia apresenta uma relação abaixo de 0,15, demonstra uma operação estável no reator, onde a maior parte dos compostos orgânicos são convertidos em metano. Ocorrendo aumento dessa relação devem ser tomadas medidas corretivas, pois havendo aumento de CO<sub>2</sub> nos gases o pH cairá, conseqüentemente, o biodigestor operará em condições ácidas desfavoráveis.

A produção média acumulada diária de biogás alcançou o valor de 240 m<sup>3</sup>/dia de biogás, já no período de 91 dias da pesquisa apresentou volume de 22.265,35 m<sup>3</sup>, estimando um volume anual de 88.767,017 m<sup>3</sup>/ano de biogás.

O objetivo de estudar a redução dos sólidos voláteis foi a quantificação do biogás gerado, aliado com o teor de sólidos totais como verificação do baixo grau de diluição dos dejetos. O desenvolvimento estável e completo da fermentação é a concentração de lodos, segundo Magalhães (1986), parametrização importante para redução do tempo de retenção da biomassa no reator. Para verificação do grau de diluição dos dejetos calculou-se o teor de sólidos totais presentes nas amostras (Oliveira, 2000). Outro parâmetro monitorado foi a porcentagem de metano no biogás, importante para definir a qualidade do biogás utilizado, pois quanto maior a porcentagem de metano, maior é o poder energético do biogás. Desse modo, a Tabela 4 apresenta a eficiência de remoção de sólidos voláteis, teor de sólidos totais e porcentagem do metano.

Tabela 4 – Eficiência de remoção de sólidos voláteis, teor de sólidos totais e porcentagem do metano

Coleta	Sólidos Voláteis Totais			Sólidos Totais		Porcentagem Metano (%)
	Afluentes (g/L)	Efluentes (g/L)	Eficiência de remoção (%)	Afluentes (g/L)	Teor (%)	
Coleta 1	41,48	14,98	64	53,10	5,31	54,00
Coleta 2	39,98	14,88	63	52,33	5,23	56,50
Coleta 3	81,03	15,10	81	103,8	10,38	53,00

A média da concentração de sólidos voláteis no afluente foi cerca de 54 g/L e no efluente 15 g/L, obtendo-se uma eficiência de remoção de sólidos voláteis de 72%, acima da citada por Andreoli *et al.* (2001) de 40 a 55%. As variações das concentrações de SVT têm relação direta com as oscilações de ST e de acordo com estudo de Dal Mago *et al.* (2010) a concentração média de SVT afluente encontrada foi 40,8 g/L. A maior redução ocorreu na terceira coleta, devido às condições favoráveis ao desenvolvimento das bactérias metanogênicas, que utilizam os sólidos voláteis como substrato. Outra condição passível de ser colocada ao alto nível de sólidos voláteis na Coleta 3, é a condição de que a granja estava sendo limpa no momento da coleta, portanto o dejetado coletado no afluente do biodigestor estava em condições de ausência de degradação eminente no caminho da granja até o reator, devido ao alto fluxo na vazão de entrada.

A concentração de 8% de sólidos é considerada a ideal para Magalhães (1986). Portanto, para as duas primeiras coletas devem ter ocorrido influências do tipo de manejo dos dejetos e do eventual desperdício de água nos bebedouros da granja.

Os valores encontrados para a porcentagem do metano no biogás estão abaixo dos valores citados por Magalhães (1986) em que apresenta uma faixa de variação da ordem de 55 % – 65 %. Portanto apresentando um poder calorífico entre 4613 a 5374 kcal/m<sup>3</sup> segundo a tabela 3, estando abaixo do citado por Daniel (2005) de próximo a 5500 a 5600 kcal/m<sup>3</sup>. A composição de metano no biogás varia de acordo com o material a ser digerido, o tempo de retenção e as características do sistema utilizado

para tal. O parâmetro analisado que se assemelha com a variação da porcentagem de metano no biogás é o pH.

## **Conclusões**

Ao final do estudo, concluiu-se primeiramente que ocorre uma boa biodigestão anaeróbia no biodigestor, demonstrada pela eficiência dos resultados dos parâmetros físico-químicos avaliados. A biodigestão eficiente, segundo a bibliografia, favorece a decomposição dos dejetos gerados pela suinocultura, eliminando odores desagradáveis, causados pelos dejetos quando dispostos a céu aberto, que incomodam as comunidades que vivem próximas das granjas e na eliminação de vetores.

O biodigestor possui alta eficiência na remoção de matéria orgânica, na ordem de 90 %. Porém, como a carga orgânica dos dejetos provindos da granja é muito elevada, o efluente não alcança os padrões determinados na legislação ambiental para lançamento em corpos hídricos, vale salientar que no projeto de estudo o efluente não é lançado em algum corpo hídrico e sim armazenado para utilização como biofertilizante. Constatou-se que a biodigestão possui uma ótima capacidade tamponante, avaliada pela relação AV / AT, qual ficou abaixo de 0,15, demonstrando assim um bom balanceamento do sistema. Além disso a faixa de variação do pH encontrado, se processa a produção de biogás com maior teor de metano. Entretanto, essa conclusão não foi compatível com os dados de porcentagem de metano encontrados com o analisador de gás. Portanto a faixa de pH encontrada não foi influente na concentração do metano.

O biodigestor possui uma grande capacidade de produção de biogás em virtude da sua eficiência de remoção de SVT, isto foi reafirmado com as medições de volume de biogás produzido, que apresentou uma média de 240 m<sup>3</sup>/dia. Podendo ser utilizado em atividades como aquecimento, refrigeração, iluminação, incubadores, misturadores de ração, geradores de energia elétrica, devido o seu conteúdo energético.

## REFERÊNCIAS

- ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (2014). *Lodo de esgoto: tratamento e disposição final*. Belo Horizonte: DESA-UFMG.
- APHA; AWWA; WPC. (1998). American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 th Ed.
- DAL MAGO, A., ARAUJO, I. S., BELLI FILHO, P., OLIVEIRA, P. A. V. (2010). Caracterização do biogás e do afluente em biodigestores da atividade suinícola em Santa Catarina.
- DANIEL, G. (2004). Controle da poluição proveniente dos dejetos da suinocultura, reaproveitamento e valoração dos subprodutos. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – *Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba*.
- GONÇALVES, R. G., PALMEIRA, E. M. (2006). Suinocultura Brasileira. *Observatorio de La economia Lationoamericana*.
- INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ – IAP. (1998). Resolução nº 31 de 24 de agosto de 1998.
- MAGALHÃES, A. P. T. (1986). *Biogás: um projeto de saneamento urbano*.
- OLIVEIRA, R. D. (2000). Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos em abatedouro e as possibilidades no mercado de carbono. *Trabalho de conclusão de Curso apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo*.
- OLIVEIRA, P. A. V., HIGARASHI, M.M. (2006). Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos.
- PERDOMO, C.C., LIMA, G. J. M. M., NONES, K. (2001). Produção de suínos e meio ambiente. In: *9º Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura*. Anais. Gramado.
- UNFCCC, United Nations Framework Convention ON Climate Change. (2011). Batavo Cooperativa Agroindustrial: Greenhouse emission reductions on swine production by means the installation of better waste management systems, Disponível em: <http://cdm.unfccc.int/filestorage/O/Z/P/OZP4M0EALIQ5R98VUBKH1YJWFSTD>

C6/PDD.pdf?t=VXl8bTV1MzVxfDAadT4rL-sTXQI7wwJYDaqr. Acessado em:  
12/03/2012.