

## POTENCIAL DE RECUPERAÇÃO DE ENERGIA DE RESÍDUOS DE SUINOCULTURA

GABRYEL PONTES LIMA<sup>1</sup>; WILLIANE VIEIRA MACÊDO<sup>2</sup>; EMMANUELLE DE SOUZA BALBINO<sup>3</sup>;  
EDUARDO LUCENA CAVALCANTE DE AMORIM<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Mestrando em Engenharia Química, UFAL, Maceió – AL, limapgabryel@gmail.com;

<sup>2</sup>Mestranda em Engenharia Hidráulica e Saneamento, USP, São Carlos – SP, willianevmacedo@gmail.com;

<sup>3</sup>Mestranda em Engenharia Química, UFAL, Maceió – AL, balbino.eds@gmail.com;

<sup>4</sup>Dr. em Eng. Hidráulica e Saneamento, Prof. Adj. CTEC, UFAL, Maceió – AL, eduardo.lucena@ctec.ufal.br

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018  
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

**RESUMO:** Apesar da suinocultura ser a quem mais contribui, no setor agropecuário, com a produção de carne no mundo, a prática ocasiona a multiplicação do esgoto suíno que é prejudicial, do ponto de vista ambiental. As substâncias presentes neste efluente podem acarretar na contaminação de rios, lençóis freáticos, solo, e ar. Neste cenário, realizou-se o trabalho com o objetivo de converter o resíduo gerado pela prática da suinocultura em um efluente tratado e biogás, através da digestão anaeróbia realizada em um biodigestor. O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas – CECA/UFAL. O biodigestor foi operado por 80 dias, com sistema de operação semi-batelada (TDH = 5 dias), devido à dificuldade da geração contínua de dejetos suínos. O sistema obteve eficiência nas remoções médias de 83,85% da concentração de DQO, 46,59% da concentração de fósforo total e 53,16% da concentração nitrogênio (NTK) no tratamento dos resíduos. A produção média do biogás foi de  $0,104 \pm 0,052$  m<sup>3</sup>/h, sendo o máximo observado de 0,180 m<sup>3</sup>/h no 50º dia. Em sua composição o biogás apresentou em média 70,53% de CH<sub>4</sub>, 1,16% de H<sub>2</sub> e 28,32% de CO<sub>2</sub>, produzindo em média  $0,079 \pm 0,047$  m<sup>3</sup>/h de CH<sub>4</sub>. A produção média de biogás no ensaio foi de 1,907 m<sup>3</sup> por dia, ou 0,149 kW.h de energia elétrica, o que equivale a 21,24% do volume necessário para que ocorra o consumo doméstico de uma família com 5 integrantes.

**PALAVRAS-CHAVE:** biogás, digestão anaeróbia, semi-batelada.

## POTENTIAL FOR ENERGY RECOVERY OF SUINOCULTURE WASTE

**ABSTRACT:** Although swine farming is the one that contributes the most in the agricultural sector, with the production of meat in the world, the practice causes the multiplication of swine sewage that is harmful from the environmental point of view. Substances present in this effluent can lead to contamination of rivers, groundwater, soil, and air. In this scenario, the work was carried out with the objective of converting the residue generated by swine practices into a treated effluent and biogas, through the anaerobic digestion carried out in a biodigester. The experiment was conducted in the Swine Sector of the Agricultural Sciences Center of Federal University of Alagoas – CECA/UFAL. The biodigester was operated for 80 days, with semi-batch operation system (TDH = 5 days), due to the difficulty of the continuous generation of swine sewage. The system obtained efficiency in the average removals of 83.85% of the COD concentration, 46.59% of the total phosphorus concentration and 53.16% of the nitrogen (NTK) concentration in the waste treatment. The average biogas production was  $0.104 \pm 0.052$  m<sup>3</sup>/h, the maximum observed being 0.180 m<sup>3</sup>/h on the 50th day. In its composition, biogas had on average 70.53% of CH<sub>4</sub>, 1.16% of H<sub>2</sub> and 28.32% of CO<sub>2</sub>, producing in average  $0.079 \pm 0.047$  m<sup>3</sup>/h of CH<sub>4</sub>. The average biogas production in the study was 1.907 m<sup>3</sup> per day, or 0.149 kW.h of electric energy, which is equivalent to 21.24% of the volume needed for the domestic consumption of a family with 5 members to occur.

**KEYWORDS:** anaerobic digestion, biogas, semi-batch.

## INTRODUÇÃO

A criação de suínos teve início com o fim da cultura nômade pelos primeiros homens. Estima-se que a suinocultura contribui com 37% da produção de carne no mundo. Neste cenário, o Brasil ocupa a quarta colocação como maior produtor e exportador de carne suína, tendo sua carne exportada para mais de 70 países. O efetivo de rebanho brasileiro contém aproximadamente 38 milhões de cabeças, o qual se concentra na região sul do país (ABCS, 2014; FERNANDES & OLIVEIRA, 2006; IBGE, 2014; MACLEOD et al., 2013).

O rápido crescimento da suinocultura ocasionou consequências ambientais devido o aumento substancial do efluente gerado no processo. A baixa capacidade do suíno de absorver nutrientes em sua alimentação resulta em um efluente nocivo ao meio ambiente por conter: nitrogênio e fósforo, agentes da eutrofização de corpos hídricos; patógenos; cobre, zinco, manganês e ferro, que provocam toxicidade e desequilíbrio ambiental; além da emissão de gases como metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) (OLIVEIRA, 1993; SILVA et al., 2011).

Como solução para o descarte inapropriado do esgoto suíno, a biodegradação por tratamento anaeróbio é uma alternativa vantajosa por apresentar facilidade de operação, baixo custo e consumo de energia no processo, com a prerrogativa de converter o biogás gerado em energia, e remoção da carga orgânica na ordem de 65 a 85%. O tratamento anaeróbio do esgoto suíno oferece três benefícios para as zonas rurais: saneamento; suprimento da demanda de energia; e uso de materiais biodegradáveis como biofertilizantes (CHERNICHARO, 2007; DOYLER & NOÛE, 1987; LETTINGA, 1995; MIRANDA et al., 2012; YANG et al., 2016).

O biodigestor é uma forma de biodegradar, através do processo da fermentação anaeróbia, o resíduo gerado pela suinocultura, promovendo assim a geração de um biogás, que pode ser aproveitado energeticamente, e um efluente tratado, com potencial de fertilizante natural. Degannuti et al. (2002) estimam que 1  $\text{m}^3$  de biogás equivale a 1,428 kW.h de energia elétrica. Para Cabral et al. a presença de macro e micronutrientes, no efluente tratado, podem reduzir o uso de fertilizantes industriais nas lavouras.

Macêdo et al. (2017) utilizaram o efluente de suíno tratado como biofertilizante na cultura de tomate cereja por fertirrigação, comprovando sua eficácia. No ensaio em questão, utilizaram-se 3 tipos de tratamento: biofertilizante (B), fertilizante comercial (Q) e testemunhas (T). A cultura B apresentou semelhante taxa de crescimento e produtividade com a Q, além de não ter sido encontrada a presença de patógenos.

O estudo propõe avaliar a produção de metano via fermentação anaeróbia em um biodigestor com sistema de operação semi-batelada (TDH = 5 dias), devido à dificuldade da geração contínua de dejetos suínos, tendo como substrato o efluente gerado pela suinocultura.

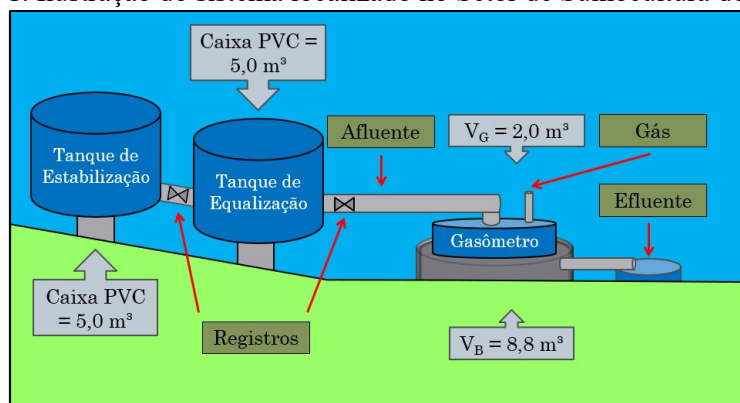
## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor de Suinocultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas – CECA/UFAL, BR 104 Norte, km 85, Rio Largo – Alagoas, cujas coordenadas geográficas são: latitude -9.465432 e longitude -35.8263896. A região possui clima tropical. Na maior parte do ano, existe uma pluviosidade significativa em Rio Largo, contendo apenas uma curta época de seca. A temperatura média é 24,1°C e a pluviosidade média anual é de 1630 mm.

O esgoto suíno foi disponibilizado pela Suinocultura Estrela®, localizada na região metropolitana do município de Maceió – AL. O mesmo foi transportado com o auxílio de caminhão limpa-fossa, com capacidade de 18  $\text{m}^3$ , até o Setor de Suinocultura do CECA. Posteriormente, o resíduo foi transferido para os tanques de estabilização e equalização, com o intuito de promover a decantação e estabilização do resíduo.

O sistema é composto por um tanque de estabilização e um tanque de equalização, ambos com 5,0  $\text{m}^3$  cada. A vazão foi controlada por intermédio de duas válvulas existentes antes e depois do tanque de equalização. O uso de bombas no sistema foi desprezado, pois o mesmo foi projetado para funcionar por intermédio da força gravitacional. O volume do biodigestor é de 8,8  $\text{m}^3$  e o volume do gasômetro, local em que foi armazenado o biogás gerado, é de 2,0  $\text{m}^3$  (Figura 1).

Figura 1. Ilustração do sistema localizado no Setor de Suinocultura do CECA.



O resíduo transportado e disposto nos tanques de estabilização e equalização foi inoculado via gravidade para o biodigestor, seguindo a metodologia proposta por Barbosa (2015). O biodigestor, após o processo de inoculação, ficou um mês sem o recebimento de carga para aumentar e estabilizar a formação de colônias de microrganismos com o intuito de otimizar o processo da fermentação anaeróbia.

O biodigestor, no início de cada semi-batelada, foi alimentado com aproximadamente 1,0 m<sup>3</sup> de afluente, mantendo o 7,8 m<sup>3</sup> da semi-batelada anterior, resultando assim em um volume útil constante de 8,8, m<sup>3</sup> durante o processo de operação.

Alíquotas do afluente e efluente foram analisadas no Laboratório de Saneamento Ambiental – LSA do Centro de Tecnologia (CTEC) da UFAL, Campus A.C. Simões, localizado na cidade de Maceió – AL, todas as vezes em que ocorreu o fim da semi-batelada alimentar. A alíquota de afluente foi coletada, antes do início da semi-batelada alimentar, pouco depois do tanque de equalização, já a alíquota de efluente foi coletada, após o término da semi-batelada alimentar, no final do sistema. O biogás gerado foi armazenado em uma bolsa coletora de gás e transportado para que fosse injetado no cromatógrafo gasoso GC-2010 Plus da SHIMADZU® (Tabela 1).

Tabela 1. Análises realizadas para o controle operacional do biodigestor.

Análise	Metodologia
Alcalinidade	APHA: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (1998).
Ácidos voláteis	
DQO	
Fósforo	
Nitrogênio (NTK)	
pH	
Sólidos totais, fixos e voláteis	Amorim et al. (2009)
Cromatografia (biogás)	

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento do sistema de tratamento implantado no Setor de Suinocultura do CECA ocorreu entre os dias 01/10/2017 e 20/12/2017, contabilizando o período de estabilização, 30 dias após a inoculação, e operação do sistema, perfazendo 80 dias de acompanhamento.

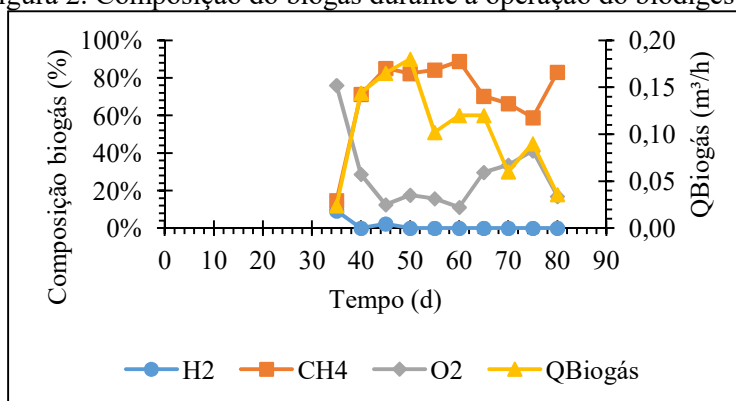
Durante o período de operação do biodigestor alguns parâmetros físico-químicos foram monitorados para determinar a eficiência do tratamento do esgoto suíno utilizado como substrato no processo (Tabela 2). Além do tratamento do resíduo, o processo em questão viabilizou a geração de gás metano que posteriormente pode ser convertido em energia, mitigando assim o impacto causado pela prática da suinocultura.

Tabela 2. Médias dos fatores físico-químicos analisados.

Parâmetros	Afluente	Efluente	Eficiência (%)
Ácidos voláteis (mg/L)	3.434,36	165,46	
Alcalinidade (mg/L)	1.664,96	218,86	
DQO (mg/L)	32.824,54	4.725,93	83,85
Fósforo (mg/L)	256,05	91,92	46,59
Nitrogênio NTK (mg/L)	94,28	46,01	53,16
pH	7,77	7,69	
SSV (mg/L)	3.829,89	502,94	

Durante o período do estudo, a composição média de metano no biogás foi de 70,53%, sendo 88,90% o valor máximo obtido. Apesar da vazão do biogás ter diminuído ao longo do experimento a porcentagem de metano no biogás não apresentou variação significativa (Figura 2).

Figura 2. Composição do biogás durante a operação do biodigestor.



Barbosa (2015) também relata a diminuição da vazão e a não variação significativa da porcentagem de metano presente no biogás em seu experimento, e atribui este fato à diluição do resíduo inicial ao decorrer do tempo de operação do sistema. Durante o processo o resíduo inicial sofre decantação nos tanques de estabilização e equalização afetando diretamente a concentração de sólidos, pois as primeiras cargas tendem a apresentar maiores concentrações.

Deganutti et al. (2002) estimam que o consumo necessário de biogás, para uma família de 5 pessoas, é de 8,93 m³ por dia, equivalente a 12,752 kW.h de energia elétrica. A produção média de biogás no ensaio foi de 1,907 m³ por dia, ou 0,149 kW.h de energia elétrica, o que equivale a 21,24% do volume necessário para que ocorra o consumo doméstico de uma família com 5 integrantes. A utilização deste sistema é importante para que ocorra a diversificação da matriz energética e o tratamento do dejetos oriundo da suinocultura, com o intuito de mitigar o impacto causado pelo lançamento do resíduo no ecossistema, além de promover a geração de energia através de um processo sustentável.

## CONCLUSÃO

O estudo realizado no Setor de Suinocultura do CECA, produziu gás metano e promoveu o tratamento biológico através de digestão anaeróbia dos dejetos oriundos da suinocultura em um biodigestor, caracterizando-o como um sistema que apresenta sustentabilidade energética e ecológica.

O valor médio das temperaturas interna do biodigestor e ambiente foram de 27,09°C e 28,33°C, respectivamente. Ambas estão dentro da faixa mesófila ótima que é de 25 a 35°C, que tem como consequência o crescimento ótimo dos microrganismos produtores de metano.

O valor médio do pH do efluente foi de 7,69, estando dentro da faixa ótima para que ocorra a estabilização e crescimento ótimo dos microrganismos produtores de metano, que é entre 6,00 e 8,00.

A utilização do tratamento biológico promoveu eficiência nas remoções médias de 83,85% da concentração de DQO, 46,59% da concentração de fósforo total e 53,16% da concentração nitrogênio NTK no tratamento dos resíduos, confirmando a mitigação dos impactos gerados pelo descarte do resíduo no meio ambiente.

A produção média do biogás foi de  $0,104 \pm 0,052$  m³/h, sendo o máximo observado de 0,180 m³/h no 50º dia. Em sua composição o biogás apresentou em média 70,53% de CH<sub>4</sub>, 1,16% de H<sub>2</sub> e 28,32% de CO<sub>2</sub>, produzindo em média  $0,079 \pm 0,047$  m³/h de CH<sub>4</sub>.

Em média, por dia foram gerados 1,907 m³ de biogás o que corresponde a 21,24% do valor estimado necessário para suprir o consumo doméstico de uma família de 5 pessoas. Este resultado expõe que o tratamento biológico aplicado no estudo, além de mitigar o impacto causado pelo lançamento do resíduo no ecossistema, possibilita a diversificação da matriz energética.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e FAPEAL pelo auxílio financeiro.

## REFERÊNCIAS

- ABCS. Associação Brasileira dos Criadores de Suínos. Produção de Suínos: Teoria e Prática, 2014. Disponível em: [http://www.abcs.org.br/attachments/-01\\_Livro\\_producao\\_bloq.pdf](http://www.abcs.org.br/attachments/-01_Livro_producao_bloq.pdf). Acesso: 16 de maio de 2018.
- Amorim, E. L. C.; Barros A. R.; Damianovic, M. H. R. Z.; Silva, E. L. Anaerobic fluidized bed reactor with expanded clay as support for hydrogen production through dark fermentation of glucose. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 4, n. 2, p. 783-790, 2009.
- APHA. American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th.edn. Washington: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environmental Federation, 1998.
- Barbosa, J. H. Modelo de um biossistema integrado a partir da energia da biomassa de resíduos de suínos. Rio Largo: UFAL, 2015. Dissertação (Mestrado em Energia da Biomassa)
- Cabral, J. R.; Freitas, P. S. L.; Rezende, R.; Muniz, A. S.; Bertonha, A. Impacto da água residuária de suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 8, p. 823–831, 2011.
- Chernicharo, C. A. L. Anaerobic reactors. London: IWA publishing, v. 4, 2007.
- Deganutti, R.; Pallhaci, M. C. J. P.; Rossi, M; Tavares, R.; Santos, C. Biodigestores rurais - Modelo indiano, chinês e batelada. In.: ENCONTRO DE ENERGIA DO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. Anais... Campinas, 2002.
- Doyle, Y.; Noüe, J. D. L. Aerobic treatment of swine manure: Physico-chemical aspects. *Biological Wastes*, v. 22, n. 3, p. 187-208, 1987.
- Fernandes, G. F. R.; Oliveira, R. A. Desempenho de processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Engenharia Agrícola*, v. 26, p. 243-256, 2006.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Efetivo dos rebanhos por tipo de rebanho, 2014. Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=PPM01&t=efetivo-rebanhos-tipo-rebanho>. Acesso em: 16 de maio de 2018.
- Lettinga, G. Anaerobic digestion and wastewater treatment systems. *Antonie van Leeuwenhoek*, v. 67, n. 1, p. 3–28, 1995.
- Macêdo, W. V.; Lima, G. P.; Valença, R. M.; Lyra, G. B.; Amorim, E. L. C. Uso do efluente de um biodigestor anaeróbio como biofertilizante no cultivo de tomate cereja. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA AGRONOMIA, 2017, Belém. Anais... Belém, 2017.
- MacLeod, M.; Gerber, P.; Mottet, A.; Tempio, G.; Falcucci, A.; Opio, C.; Vellinga, T.; Herderson, B.; Steinfeld, H. Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains – A global life cycle assessment. Rome: FAO, 2013.
- Miranda, A. P; Lucas, J.; Thomaz, M. C.; Pereira, G. T.; Fukayama, E. H. Anaerobic biodigestion of pigs feces in the initial, growing and finishing stages fed with diets formulated with corn or sorghum. *Engenharia Agrícola*, v. 32, n. 1, p. 47-56, 2012.
- Oliveira, P. A. V. Manual de Manejo e Utilização dos Dejetos de Suínos. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993.
- Silva, C. L.; Bassi, N. S. S.; Nascimento, D. E. A Implementação de Políticas Públicas pelas Instituições Públicas de Pesquisa: um Estudo sobre Pesquisas e Tecnologias da Embrapa Suínos e Aves para Mitigação do Impacto Ambiental da Suinocultura no Oeste Catarinense. *Revista Espacios*, v. 32, n. 4, 2011.
- Yang, H.; Deng, L.; Liu, G.; Yang, D.; Liu, Y.; Chen, Z. A model for methane production in anaerobic digestion of swine wastewater. *Water Research*, v. 102, p. 464-474, 2016.