

## **III-280 - ANÁLISE COMPARATIVA DE METODOLOGIAS PARA A DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL PRODUÇÃO DE METANO EM RESÍDUO AGROINDUSTRIAL**

### **Derovil Antonio dos Santos Filho<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Doutor em Engenharia Civil – Geotecnia pela Universidade Federal de Pernambuco. Integrante do Grupo de Processos Tecnológicos e Ambientais (GPTA/DEQ/UFPE) e colaborador do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS/DEC/UFPE).

### **Laís Roberta Galdino de Oliveira**

Engenheira Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Doutora em Engenharia Civil – Geotecnia pela Universidade Federal de Pernambuco. Integrante do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS/DEC/UFPE) e colaboradora do Grupo de Processos Tecnológicos e Ambientais (GPTA/DEQ/UFPE).

### **Daniela dos Santos Santana**

Engenheira Ambiental, Mestranda pela Universidade Federal de Pernambuco. Integrante do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS/DEC/UFPE).

### **José Fernando Thomé Jucá**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestre em Geotecnia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutor pela Universidad Politécnica de Madrid. Pós-Doutor pela Universidade de São Paulo. Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco. Coordenador do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS/DEC/UFPE). Pesquisador 1B do CNPq.

### **Mauricio Alves da Motta Sobrinho**

Engenheiro Químico pela Universidade Católica de Pernambuco. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande. Doutor em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine. Professor Associado 1 da Universidade Federal de Pernambuco. Colaborador do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS/DEC/UFPE). Coordenador do Grupo de Processos Tecnológicos e Ambientais (GPTA/DEQ/UFPE). Pesquisador 2 do CNPq.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Recife, PE, Brasil, CEP: 50670-901- e-mail: [derovilsantos@gmail.com](mailto:derovilsantos@gmail.com)

## **RESUMO**

O líquido ruminal é um resíduo oriundo dos conteúdos estomacais dos ruminantes, por isto é produzido, em grande escala, pela atividade agropecuária. O mesmo tempo apresenta um elevado potencial de degradação ambiental, associado à sua elevada concentração de matéria orgânica biodegradável. Por outro lado, pode ser coprocessado com a finalidade de produção de biogás e energia elétrica, através de sua biodigestão anaeróbia. Neste sentido, este trabalho avaliou o potencial de produção de metano, por diferentes metodologias/equipamentos, do líquido ruminal bovino, oriundo de um Abatedouro localizado na Regional da Mata Norte em Pernambuco. A quantificação da produção de metano foi realizada através dos sistemas AMPTS II e BMP, no primeiro, a biodigestão se deu a uma temperatura de 37° C, sob agitação e por um período de 40 dias, ao fim desse período, obteve-se a produção média de metano de 764 NmL, e uma taxa de 1,91 NmL CH<sub>4</sub>/g. No segundo sistema no BMP, a produção média de biogás foram de 68,16 NmL, com 70% de metano, com isso, a produção estimada de CH<sub>4</sub> de 47,72 NmL e uma taxa de 0,95 mL CH<sub>4</sub>/g, por um período de 40 dias. Nesse sentido, a avaliação de medição de metano em diferentes metodologias teve um incremento de 50%, utilizando o sistema AMPTS II, provavelmente devido ao sistema de agitação. Finalmente, o líquido ruminal bovino apresentou características adequadas para a digestão anaeróbia e potencial de produção de metano, podendo ser utilizado como substrato ou inóculo, na biodigestão de resíduos sólidos, sendo uma ótima alternativa para inseri-lo em processos produtivos, dando uma destinação mais adequada ao resíduo agroindustrial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ampts, Bmp, Metano, Resíduo da agropecuária.

## **INTRODUÇÃO**

Atualmente, a maior parte da energia produzida a nível mundial é oriunda da queima de petróleo e de usinas nucleares, sendo a contribuição da energia proveniente de recursos renováveis quase insignificante (Olvera e Lopez-Lopez, 2012). Além disso, vale ressaltar que o consumo de energia, em todo o mundo, é crescente, e a complementação e/ou substituição de fontes de energia convencionais por fontes alternativas de energia renovável, tal como a biomassa residual, pode complementar e diversificar a produção de energia considerada limpa.

Entre as possibilidades viáveis, tem-se os resíduos e efluentes orgânicos, que através da biodigestão anaeróbia representa uma alternativa, pois permite redução do potencial poluidor e a geração de energia (MACHADO, 2011).

Nessa continuidade, tem-se a VDI 4630 (2006) que foi criada pela Associação de Engenheiros Alemães e traz recomendações sobre a fermentação de materiais orgânicos (caracterização do substrato, amostragem, coleta de dados de material e testes de fermentação), abordando também a execução de experimentos cinéticos em batelada, semi-contínuo e contínuo para mensuração de biogás e/ou metano de substratos orgânicos diversos.

Diante disso, Steinmetz (2016) fala que esse procedimento pode ser usado como referência para simulação de processos em escala de bancada e assim auxiliar a operação de plantas de produção de biogás em grande escala. Visto que essa norma visa abranger substratos de origem renovável, ou seja, substratos agropecuários (resíduos e culturas energéticas) e outros resíduos provenientes dos processos industriais ou urbanos.

Com isso, para estimar o potencial de biogás é de extrema importância a realização da caracterização da biomassa utilizada para gerar biogás, visto que o poder calorífico do mesmo é em função da qualidade do biogás e seu poder energético, bem como a quantificação da média mensal de produção, concentrações de metano e de sulfeto de hidrogênio e fatores econômicos (MALAGGI & SOUZA, 2014).

Nesse cenário, para avaliar essas condições ideais e máximas, tem-se como referencial na literatura o ensaio do Potencial Bioquímico de Metano (Biochemical Methane Potential - BMP), que vem sendo bastante utilizado, nos últimos anos, como mostra a multiplicidade de trabalhos de pesquisa relacionados com essa metodologia, tais como: Harries et al. (2001), Holanda et al. (2013), Schirmer (2014) e Santos Filho et al. (2018).

Além deste, Steinmetz (2016) cita que existe uma gama de métodos de estimativa de metano, podendo ser de forma volumétrica, manométrica, ou até mesmo utilizando-se uma seringa graduada. Nesse contexto, o AMPTS II (Automatic Methane Potential Test System ou Sistema automático de teste de potencial de metano) é uma alternativa para aferição na produção de metano de forma rápida. Sendo também utilizado amplamente na literatura, tal como Oliveira et al. (2018) que utilizou o supracitado equipamento para aferir o potencial de metanização da biodigestão anaeróbia de resíduos sólidos alimentares.

A questão emergente e que será tratada neste trabalho diz respeito à disponibilidade dos resíduos orgânicos de origem agropecuária como fonte de matéria-prima para o processo produtivo do biogás, e tornar relevante o estudo comparativo de metodologia para maximização da produção do metano a partir da conversão dessa biomassa residual em biometano em Pernambuco e no Brasil.

## **OBJETIVO**

Neste contexto, o presente estudo visa verificar a produção de metano por meio da biodigestão anaeróbia do líquido ruminal bovino, utilizado como substrato, empregando dois equipamentos com diferentes formas de medição de biogás e metano.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O líquido ruminal bovino (LRB) utilizado nesse estudo foi coletado no Abatedouro Regional da Mata Norte, localizado no município Paudalho-PE. Após a coleta foi acondicionado em recipiente de polietileno fechado e

mantido em temperatura ambiente (30-35°C). Não foi necessário acondicionamento sob refrigeração tendo em vistas que temperatura ruminal situa-se entre 38° a 42° C (RUIZ, 1992).

Em seguida, o rúmen bovino foi encaminhado para o Laboratório de Geotecnia Ambiental do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, onde foi determinado o pH e de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA/AWWA/WEF, 2005).

Para a determinação da umidade e preparação de amostras para ensaios em base seca (inclusive o ensaio BMP), o LRB foi submetido à secagem em estufa a uma temperatura de 105°C até a obtenção de massa constante, conforme a metodologia descrita por (WHO, 1979). Posteriormente, foi destorroado com o auxílio de um almofariz e pistilo de porcelana, para a determinação de sólidos voláteis (SV), de acordo com a NBR 13999 (ABNT, 2003).

Para determinação primeiramente do potencial de produção de metano utilizando o sistema AMPTS II da Bioprocess Control, como (Figura 1), que consiste num equipamento dotado de um conjunto de garrafas (reatores) hermeticamente vedadas, com volume individual de 0,5 L, com agitação mecânica opcional de 10 a 200 rpm, controle de temperatura em banho-maria ( $37 \pm 1^\circ \text{C}$ ) e sensores de metano. Esses reatores são conectados à recipientes com 80 mL de uma solução de hidróxido de sódio (3M), utilizada para absorção do dióxido de carbono presente no biogás gerado. Os sensores dos reatores são interligados a um software de interface gráfica que registra a cada 24 h a produção de metano e constrói automaticamente a curva de produção acumulada de metano em função do tempo. Nesse primeiro ensaio foram inoculados 400 g de rúmen bovino em três reatores, mantidos a 37° C (condição mesofílica), durante um período de 40 dias e com agitação.



Fonte: Oliveira (2018).

**Figura 1: Aparato experimental utilizado no teste com o sistema AMPTS II**

Já a segunda avaliação do potencial de produção do biogás foi realizada através de ensaios do tipo BMP, com frascos (biodigestores de bancada) de vidros de borossilicato de 250 mL, com tampa rosqueada e com um manômetro acoplado de 1 Kgf cm<sup>-2</sup>, com escala de 0,02 e 0,01 Kgf cm<sup>-2</sup>. Os frascos foram preenchidos em triplicata com líquido ruminal bovino com volume de 50ml cada um dos reatores. Foram inseridos em estufa a uma temperatura de 37°C (condição mesofílica), por um tempo de detenção hidráulica (TDH) de 80 dias.



Fonte: Autor (2018).

**Figura 2: Aparato experimental utilizado no teste com o sistema BMP**

O volume de biogás produzido em cada tratamento para o ensaio BMP foram determinados a partir das leituras diárias da pressão do manômetro de cada frasco, bem como pressão atmosférica e temperatura de incubação. Os valores de pressão foram convertidos em volume de biogás nas condições normais de temperatura e pressão – CNTP (LABATUT et al., 2011).

Para a determinação das concentrações de metano e de dióxido de carbono produzidos foi utilizado um cromatógrafo gasoso APPA Gold, o qual utilizou o hidrogênio como gás de arraste, detector de condutividade térmica (DCT) e o N2000 Chromatostation como sistema de aquisição de dados. A temperatura utilizada no detector foi de 150°C, já do injetor de 140°C, e a do forno de 60°C. A periodicidade desta análise foi quinzenal, nos primeiros 45 dias, e depois desse período, a quantidade de biogás produzido foi insuficiente, para tal análise, sendo realizado apenas no final do experimento, ou seja, com 80 dias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a caracterização inicial do LRB nos dois experimentos, visando trazer a variabilidade dos parâmetros, bem como apresentar fatores que influenciam no processo de biodegradação do substrato.

**Tabela 1: Caracterização físico-química do substrato e dos inóculos analisados**

| Parâmetro               | LRB<br>(AMPTSII) | LRB<br>(BMP) |
|-------------------------|------------------|--------------|
| Umidade (%)             | 93,00            | 96,00        |
| pH                      | 7,33             | 7,13         |
| Sólidos voláteis SV (%) | 82,03            | 80,88        |

Com relação a umidade, nota-se que as duas coletas apresentaram valores iniciais acima de 90%, o que, portanto, é favorável ao processo de biodigestão, visto que, segundo Rizzoni et al. (2012) valores menores que 90%, pode ser prejudicial à biodigestão.

De acordo com Deublein e Steinhauser (2008), o intervalo de pH favorável para a geração de metano é entre 6,7 e 7,5. E os valores obtidos nesse estudo encontram-se nessa faixa, conforme a Tabela 1.

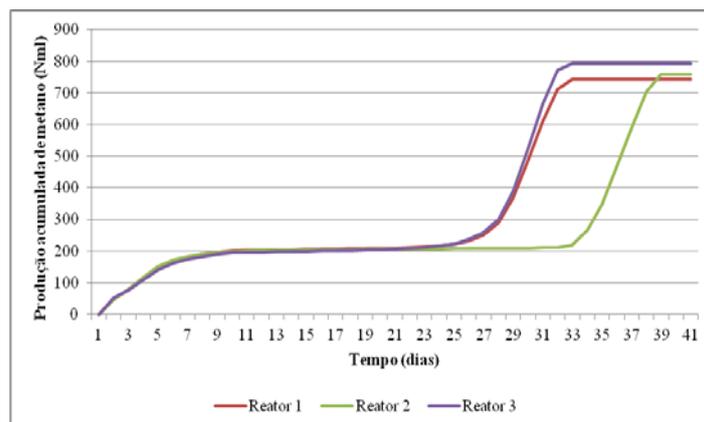
Vale salientar que Leite et al. (2002) apresentou valores de umidade e pH bastante semelhantes ao presente estudo.

Em relação ao teor de sólidos voláteis (SV), o substrato aqui utilizado já passou por um processo de degradação biológica realizada pelo sistema digestivo dos animais (RB).

Para avaliação de comparação da metodologia de potencial de biogás e metano foram utilizados os reatores do teste BMP e uso do equipamento AMPTS II. Os quais, tem modo de aferir a produção acumulada de biogás ou metano diferentes, sendo o primeiro manométrico e o segundo volumétrico.

A Figura 3 apresenta a produção acumulada de metano nos três reatores preenchidos com 400g rúmen bovino, onde pode-se observar um comportamento similar entre as 3 triplicatas, sendo o valor médio obtido de cerca de 764 Nml de CH<sub>4</sub>. A produção acumulada de metano foi de aproximadamente 1,91 NmL CH<sub>4</sub>/g rúmen.

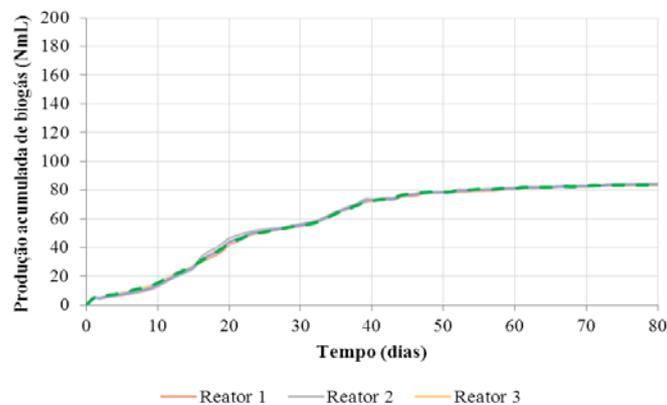
Apesar do reator 2 ter obtido um tempo de detenção hidráulica maior para a degradação inicial ao final do experimento ficou dentro dos valores médios dos demais reatores. Isso, provavelmente o reator 2 teve maior quantidade de material lignocelulósico que nos demais reatores.



**Figura 3: Produção acumulada de metano oriunda da biodigestão utilizando AMPTS II.**

A Figura 4 apresenta a produção acumulada de biogás nos três reatores preenchidos com 50g rúmen bovino, onde pode-se observar um comportamento similar entre as 3 triplicatas, sendo o valor médio obtido de cerca de 68,16 NmL de Biogás. No qual, teve uma concentração de metano próximo de 70% no TDH de 40 dias. Com isso, a produção de metano foi de aproximadamente 0,95 NmL CH<sub>4</sub>/g (considerando 70% de metano) rúmen no ensaio BMP.

Um outro estudo desenvolvido por Silva et al. (2009) verificou que a presença quantitativa do rúmen bovino contribui satisfatoriamente para eficiência do processo de biodigestão, demonstrando a viabilidade técnica para o emprego em processos anaeróbios para resíduos de matadouros.



**Figura 4: Produção acumulada de Biogás oriunda da biodigestão nos reatores de BMP.**

## CONCLUSÕES

Na comparação entre as duas metodologias/equipamentos utilizados teve uma variação importante no volume acumulado de metano, tendo o BMP (manométrico) obtido 0,95 CH<sub>4</sub>/g em 40 dias e o AMPTS II (volumétrico), 1,91 NmL CH<sub>4</sub>/g em 40 dias, esse incremento de 50% estar possivelmente associado ao sistema de agitação no AMPTS.

Em síntese, o ensaio BMP de fato apresentou-se bastante viável, devido ao seu baixo custo, apesar de ser mais trabalhoso na operação do ensaio na determinação do potencial de produção de biogás destes substratos. Já AMPTS II possui um custo mais alto em relação ao BMP, mas é mais prático e rápida obtenção dos resultados.

Por fim, o rúmen bovino apresentou características adequadas para a digestão anaeróbia e potencial de produção de metano, podendo, até ser utilizado como substrato na biodigestão de resíduos, sendo uma ótima alternativa para inseri-lo em processos produtivos, dando uma destinação mais adequada ao mesmo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13999: Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira – determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525°C. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
2. APHA/AWWA/WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington, DC, 2005.
3. DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. Biogas from waste and renewable resources: an introduction. Weinheim: Wiley-VCH, 2008. 469p.
4. HARRIES, C. R.; CROSS, C. J.; SMITH, R. Development of a biochemical methane potential (BMP) test and application to testing of municipal solid waste samples. In: Proceedings Sardinia, Eighth International Waste Management and Landfill Symposium. Cagliari, Italy. Cagliari: CISA. v. 1, p. 579-588, 2001.
5. HOLANDA, S. B.; FRITZ, N. A. S.; MAIA, A. L.; BRITO, A. R.; JUCÁ, J. F. T. Avaliação da influência do glicerol sobre a geração de biogás de resíduos sólidos urbanos através do ensaio BMP. In: 27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Goiânia, 2013.
6. LEITE, V. D.; SOUSA, J. T.; LOPES, W. S.; HENRIQUE, I. N.; BARROS, A. J. M. Processo de tratamento anaeróbio de resíduos Sólidos orgânicos urbanos e rurais. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 7, n. 2, 2002.
7. LABATUT, R. A. Biochemical methane potential and biodegradability of complex organic substrates. Bioresource Technology, v. 102, n. 3, p. 2255-2264, 2011.
8. MACHADO, C. R. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de exposição ao ar. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (Unesp) - Campus de Botucatu, 2011.
9. Olvera, J. del R. and Lopez-Lopez A. Biogas Production from Anaerobic Treatment of Agro-Industrial Wastewater, Biogas, Dr. Sunil Kumar (Ed.), ISBN: 978-953-51-0204-5, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/biogas/biogas-production-from-anaerobic-treatment-of-agro-industrial-wastewater>, (2012).
10. OLIVEIRA, L. R. G.; SANTOS FILHO, D. A.; VASCONCELOS, K. C.; LUCENA, T. V.; JUCÁ, J. F. SANTOS, A. F. de M. S. Methanization potential of anaerobic biodigestion of solid food waste. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 22, n.1, 2018.
11. RIZZONI, C. B.; TOBIAS, A. C. T.; DEL BIANCHI, M.; GARCIA, J. A. D. Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, Ano IX, n.18, 2012.
12. RUIZ, T. L. Microbiologia Zootécnica. 1º Ed. São Paulo: Roca, 1992.
13. SANTOS FILHO, D. A.; OLIVEIRA, L. R. G.; SCHIRMER, W. N.; SOBRINHO, M. A. M.; JUCÁ, J. F. T.; LUCENA, T. V. Avaliação da produção de biogás a partir da codigestão anaeróbia de resíduos orgânicos e glicerina residual. Biofix Scientific Journal, v.3, n.2, p.260-266, 2018.
14. SCHIRMER, W. N. et al. Methane production in anaerobic digestion of organic waste from Recife (Brazil) Landfill: evaluation in refuse of different ages. Brazilian Journal of Chemical Engineering, v. 31, n. 2, p. 373-384, 2014.
15. SILVA, W. R. Estudo Cinético do processo de Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos Vegetais. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Paraíba, 2009.
16. STEINMETZ, R. L. R. Avaliação do efeito de drogas veterinárias na produção específica de biogás de substratos agropecuários. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.
17. VDI – Verein Deutscher Ingenieure. VDI 4630: Fermentation of organic materials Characterisation of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests. Alemanha: VDI, 2006.
18. WHO – International reference center for wastes disposal. Methods of Analysis of Sewage Sludge Solid Waste and Compost. Switzerland, 1979.