

Estudo comparativo de modelos de estimativa de produção de biogás a partir de resíduos agroindustriais

Comparative study of models of estimation of biogas production from agro-industrial waste

Juliana Akemi Izumi

julianaizumi@outlook.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

Laercio Mantovani Frare

laercio@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo sistematizar os modelos matemáticos de Boyle, para estimar o potencial bioquímico de metano a partir de resíduos da avicultura e do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), para estimar a produção de Biogás a partir de resíduos da suinocultura. A metodologia consistiu na comparação da aplicação dos modelos com dados de estudos experimentais já realizados na área. Ao aplicar o modelo de Boyle o resultado teórico foi discrepante e maior do que o valor real, obtido no estudo. Já o modelo desenvolvido pelo IPCC se mostrou próximo ao valor real e menor. Entre os dois modelos, concluiu-se que o modelo de Boyle é mais indicado para estudos qualitativos pois permite o cálculo estimado dos gases que compõe o biogás e é mais simples de ser aplicado se possuir a análise elementar do substrato. Com relação ao modelo do IPCC são necessários dados mais detalhados de suinocultura, como o número de animais e o controle dos seus resíduos, porém apresentou resultados mais próximos do real, o que o torna indicado para o uso quantitativo.

PALAVRAS-CHAVE: Boyle. IPCC. Biogás.

ABSTRACT

This work aims to systematize the Boyle mathematical models to estimate the biochemical potential of methane from poultry residues and Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) model to estimate the production of Biogas from swine residues. The comparison of the models was from real data applied in studies already performed in the area. When applying the Boyle model the theoretical result was discrepant and greater than the actual value obtained in the study. On the other hand the model developed by IPCC was close to the real value and smaller. It was concluded that Boyle's model is more suitable for qualitative studies because it allows the estimation of gases that makes biogas and is easier to apply if it has at least substrate analysis. The IPCC model needs more detailed data on pig farms, such as the number of animals and the control of their residues. but IPCC presented results closer to the real data, which makes it suitable for quantitative use.

KEYWORDS: Boyle. IPCC. Biogas.

Recebido: 31. Ago. 2018

Aprovado: 04. Out. 2018

Direito autorial:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

Entende-se por biogás um dos produtos gerados pela digestão anaeróbia da matéria orgânica. Esta mistura é composta, principalmente, por metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), hidrogênio (H₂), sulfeto de hidrogênio (H₂S), oxigênio (O₂), amônia (NH₃) e nitrogênio (N₂) entre outros. Sua composição varia de acordo com o material orgânico utilizado e o tratamento anaeróbico adotado (CETESB, 2018).

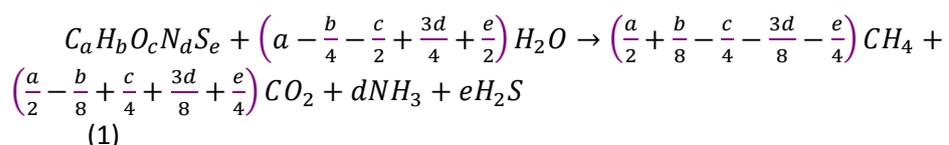
A eficiência de produção geral de biogás pode ser estimada por modelos matemáticos, bem como podem descrever os processos de obtenção do biogás. Existem modelos mais complexos e dinâmicos que descrevem o processo com maior precisão. Modelos mais simplificados, como o modelo de Boyle, é de grande utilidade para o cotidiano dos profissionais da área pois é necessário ter em mãos a análise elementar do substrato para estimar a produção de CH₄, CO₂, NH₃ e H₂S (ACHINAS et al., 2016).

Outro modelo matemático para a previsão da produção de metano e biogás é o modelo desenvolvido pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), que considera a utilização de resíduos pecuários, tendo como principal dado, o número de animais de mesma espécie cujos dejetos são destinados a produção de biogás. Este modelo é dividido em 3 níveis, o nível mais usual para o tipo de pecuária desenvolvido no Brasil, bem como a gestão dos resíduos provenientes dessa prática, é o de nível 2, em que é necessário conhecer o número de cabeças da mesma espécie, o peso médio da produção pecuária e suas características, bem como a temperatura média da região em que ocorrerá a produção, assim como a concentração de sólidos voláteis presentes nos dejetos, para permitir o cálculo (IPCC, 2006).

Este trabalho tem por objetivo, sistematizar os modelos matemáticos de Boyle e do IPCC, que simulam o potencial teórico bioquímico de metano e a produção de biogás, e compara-los com resultados reais obtidos em análises de produção de biogás a partir de dejetos de suinocultura, de estudos já desenvolvidos.

METODOLOGIA

MODELO DE BOYLE: Foi utilizado o modelo de Boyle que incluiu enxofre (S) e nitrogênio (N) ao modelo de Buswell e Mueller de modo a possibilitar o cálculo dos gases de NH₃ e H₂S resultantes na composição do biogás, conforme a Equação 1. A partir da equação de Boyle é possível determinar o Potencial Bioquímico de Metano Teórico (TBPM) e a Produção de Biogás pelas Equações 2 e 3, respectivamente (ACHINAS et al., 2016).



$$TPBM (mLNCH_4 gVS^{-1}) = \frac{22,4 \cdot \left(\frac{a}{2} + \frac{b}{8} - \frac{c}{4} - \frac{3d}{8} - \frac{e}{4} \right)}{12,017a + 1,0079b + 15,999c + 14,0067d + 32,065e} \quad (2)$$

$$Biogás (mLNCO_2 gVS^{-1}) = \frac{22,4 \cdot \left(\frac{a}{2} - \frac{b}{8} + \frac{c}{4} + \frac{3d}{8} + \frac{e}{4} \right)}{12,017a + 1,0079b + 15,999c + 14,0067d + 32,065e} \quad (3)$$

Para o uso deste modelo, considerou-se condições ideais de temperatura, pressão e mistura perfeita, bem como uma digestão completa, com entrada dos resíduos contendo apenas C, H, O, N e S em sua composição, e CH₄, CO₂, NH₃ e H₂S como os produtos gerados da reação. A fim de tornar o modelo mais realista, ao estimar que uma parte do substrato foi consumido para a manutenção dos microrganismos pertencentes ao processo bem como a manutenção do biofilme, utilizou-se um fator de correção de 0,8 que foi multiplicado ao valor resultante da Equação 2, conforme convenção proposta pela VDI 4630 (VDI 4630, 2006).

A sistematização deste modelo, se deu pelo uso da ferramenta Excel. O estudo de caso para comparação utilizou substrato de cama de frango. Os dados da análise elementar do estudo, conforme Tabela 1 foi utilizado para fazer a estimativa do modelo de Boyle (LI et al., 2013).

Tabela1. Análise elementar da caracterização do substrato de cama de frango

Composto	Análise Elementar (%)
C	44,2
H	6,0
O	44,6
N	0,70
S	0,0
P	-

Fonte: Adaptado (LI, et. Al, 2013)

MODELO DO IPCC: Para realizar a estimativa por meio do modelo desenvolvido pelo IPCC, é necessário ter conhecimento da caracterização da população pecuária, número de animais de cada espécie, peso médio dos animais de cada espécie, usar valores padrão baseado nas tabelas disponíveis do IPCC para cada subcategoria de suíno em termos de quilos de metano por animal e por ano. Com a Equação 4, se obtém o fator de emissão em kgCH₄ por cabeça por ano, que é utilizado na Equação 5 para calcular a produção de metano (IPCC, 2006).

$$FEM_{(T)} = (SV_{(T)} * 365) * [B_{0(T)} * 0,67 * \sum \frac{FCM_{S,k}}{100} * SM_{(T,S,k)}] \quad (4)$$

$$CH_4 = \sum_{(T)} \frac{FEM_{(T)} * N_{(T)}}{10^6} \quad (5)$$

Na Equação 4, FEM(T) é o fator anual de emissão de CH₄ para categoria pecuária T, kgCH₄·animal⁻¹·ano⁻¹; SV(T) é o sólido volátil excretado diariamente para categoria pecuária T, kg de matéria seca·animal⁻¹·d⁻¹; 365 é a base de cálculo a produção anual de VS; Bo(T) é a capacidade máxima de produção de CH₄ para o dejetos produzido por categoria de gado T, m³CH₄·kg⁻¹SV; 0,67 é o fator de conversão de m³CH₄ a kgCH₄; FCM(S,k) são os fatores de conversão de CH₄ para cada sistema de gestão do dejetos S pelo clima região k, %; SM(T,S,k) é a fração da categoria de gado T de dejetos manipulado usando o sistema de gestão do dejetos S em clima região k, adimensional (IPCC, 2006).

Na Equação 5, CH₄Manure equivale às emissões de CH₄ de acordo com a gestão do dejetos, para uma população definida, GgCH₄·ano⁻¹; N(T) é o número de cabeças de gado espécie/categoria T no país; T é a espécie/categoria de gado (IPCC, 2006).



Os valores de SV e Bo são utilizados dados de fontes publicadas específicas do país. Para a realização desse estudo estão explicitadas na Tabela 2. Também foi considerado que a porção de metano corresponde a 60% do volume total de biogás (IPCC, 2006). A aplicação deste modelo, se deu em comparação ao estudo de caso desenvolvido em uma suinocultura localizada no oeste do Paraná – Brasil (FERNANDES, 2012).

Tabela 2 – Parâmetros para a determinação da produção de biogás

Parâmetro	Valor
SV(kg·cab ⁻¹ ·d ⁻¹)	0,30
BO(m ³ CH ₄ ·kgSV ⁻¹)	0,29
FCM (%)	79,0
SM	1,00

Fonte: Adaptado (IPCC, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

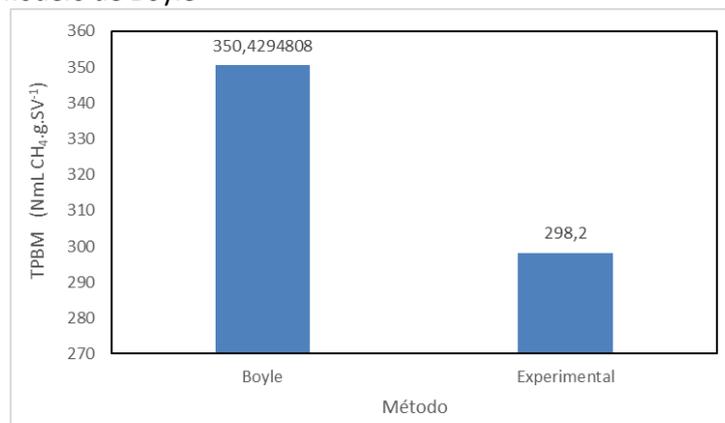
A sistematização dos modelos de Boyle e IPCC gerou três planilhas, sendo uma para cada modelo, com suas devidas entradas de dados, explicações e conceitos necessários e outra para os cálculos, de modo que esta última permanece oculta ao usuário. Foi desenvolvido também uma interface inicial para indicar o uso do modelo de acordo com a disponibilidade de dados.

A planilha de exemplos foi elaborada de modo explicativo com os passos para o uso do sistema, bem como sua confecção, uma vez que explicita o campo de entrada de dados, o local de saída dos resultados e o passo a passo dos cálculos. Neste modelo foi calculado a geração de cada gás produto da reação descrita por Boyle, o potencial bioquímico de metano teórico (TBPM) e o TBPM ajustado de acordo com a VDI 4630.

Em relação ao modelo de Boyle, em função da Figura 3, é possível notar a discrepância entre os valores de produção bioquímica de metano teórico, com 350,43 e experimental com 298,2 NmLCH₄·gSV⁻¹, que apresentou um erro de 36,93%.

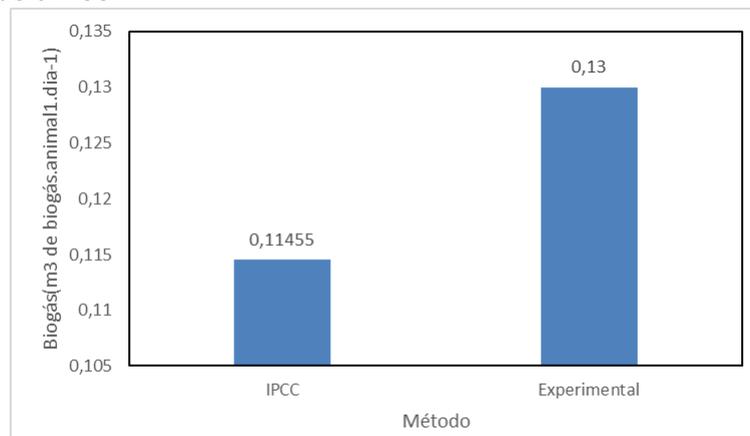
Segundo o modelo do IPCC, a suinocultura, que possuía em média 4533 animais e foi utilizado a média da produção de biogás gerado entre novembro de 2010 e maio de 2011 (FERNANDES, 2012). Ao observar a Figura 4 pode-se notar que a produção estimada pelo método IPCC apesar de não ter sido igual a produção real de 0,13 m³biogás·animal⁻¹·d⁻¹ ela foi aproximada, com 0,1145 m³biogás·animal⁻¹·d⁻¹.

Figura 3. Comparação de biogás produzido experimentalmente e por meio do modelo de Boyle



Fonte: Autoria própria.

Figura 4. Comparação entre o biogás produzido experimentalmente e pelo modelo IPCC



Fonte: Autoria própria

CONCLUSÃO

O uso do sistema do modelo de Boyle se mostrou de simples utilização desde que se possua os dados da análise elementar do substrato. Apesar de ser um modelo não executado para condições reais, o uso do fator de correção tenta torná-lo mais próximo da realidade vivenciada pelo usuário. Porém o resultado ainda é distante da realidade, uma vez que seu uso é mais indicado para parâmetros qualitativos e não quantitativos.

Já o modelo do IPCC, obteve um resultado mais próximo do real. A dificuldade seria apenas nos dados necessários de número de animais e a determinação dos parâmetros SM, FEM, que são tabelados, e os valores de SV e Bo que variam de acordo com o país e o tipo de manejo do resíduo. Porém é um modelo mais indicado para uma análise quantitativa de biogás.

Para projetos futuros é indicado que se realize o aprimoramento do sistema, e a busca de novos modelos que descrevam com maior precisão a produção de biogás.



REFERÊNCIAS

ACHINAS, S., EUVERINK, G. J. W. Theoretical analysis of biogas potential prediction from agricultural waste. *Resource-Efficient Technologies*, 2(3), 143–147, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.reffit.2016.08.001>.

CETESB, Biogás, 2018. São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/biogas/>

FERNANDES, Dângela Maria, M. Sc., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro de 2012. Biomassa e Biogás da Suinocultura. Orientador: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi. Co-Orientador: Prof. Dr. Armin Feiden.

IPCC. Emissions from Livestock and Manure Management. In: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 4 - Agriculture, Forestry and Other Land Use. Hayama, Kanagawa: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006.

LI, Y., ZHANG, R., CHEN, C., Liu, G., He, Y., & Liu, X. (2013). Biogas production from co-digestion of corn stover and chicken manure under anaerobic wet, hemi-solid, and solid state conditions. *Bioresource Technology*, 149, 406–412. [doi:10.1016/j.biortech.2013.09.091](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.09.091)

VDI 4630. Fermentation of organic materials - Characterisation of the substrate, sampling. Collection of material data and fermentation tests. Verein Deutscher Ingenieure (Germany Association of Engineers), 2006 96 p.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela disponibilidade da bolsa de estudos.