



## Monitoramento de variáveis físico-químicas de um biodigestor

### Monitoring the physicochemical variables of a biodigester

Yumi Koyanagi<sup>1</sup>, João Vitor Moreschi<sup>2</sup>, Marina Celant de Prá<sup>3</sup>, Marcelo Bortoli<sup>4</sup>

#### RESUMO

A carne animal tem sido responsável pela manutenção da vida humana ao longo da história, fornecendo nutrientes essenciais, como proteínas, vitaminas e minerais. O Brasil destaca-se como um dos maiores exportadores de carne bovina no mundo, devido aos seus altos índices de produção. No entanto, diante dessa crescente demanda, existe uma preocupação ambiental relacionada ao descarte incorreto dos resíduos gerados durante a produção das carnes bovinas. Nesse contexto, a digestão anaeróbia surge como uma alternativa para mitigar tal problema. Uma das ferramentas mais utilizadas na digestão anaeróbia desse tipo de resíduo é o biodigestor, que gera como produto final biogás e biofertilizantes. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo o monitoramento de um biodigestor, tendo como foco a análise de parâmetros físico-químicos: Carga Orgânica Volumétrica, Sólidos Totais, Sólidos Fixos, Sólidos Voláteis, Óleos e Graxas, teor de Nitrogênio Totais Kjeldahl, Nitrogênio amoniacal (NH<sub>3</sub>), pH e a relação da Alcalinidade Intermediária com a Alcalinidade Parcial, na entrada e saída do biodigestor. Através dos resultados obtidos, verificou-se a eficácia dos microrganismos anaeróbios na degradação da matéria orgânica, indicando assim, que o biodigestor está operando de maneira eficiente no processo de digestão anaeróbia, em comparação com dados encontrados na literatura. Além disso, foi observado que o biodigestor poderia suportar maiores cargas orgânicas volumétricas de alimentação, uma vez que os dados apresentados demonstram que o sistema está em subcarga.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biodigestor; Biogás; Digestão anaeróbia.

#### ABSTRACT

Animal meat has maintained human life throughout history, providing essential nutrients such as protein, vitamins, and minerals. Brazil stands out as one of the largest beef exporters in the world due to its high production rates. However, given this growing demand, there is an environmental concern related to the incorrect disposal of waste generated during beef production. In this context, anaerobic digestion is an alternative to mitigate this problem. One of the most used tools in the anaerobic digestion of this waste type is the biodigester, which generates biogas and biofertilizers as a final product. Therefore, the aim of this study was to monitor a biodigester, focusing on the analysis of physicochemical parameters: Volumetric Organic Load, Total Solids, Fixed Solids, Volatile Solids, Oil and Grease, Total Kjeldahl Nitrogen content, Ammoniacal Nitrogen (NH<sub>3</sub>), pH and the ratio of Intermediate Alkalinity to Partial Alkalinity, at the entrance and exit of the biodigester. The obtained results verified the efficiency of the microorganisms in the degradation of the organic matter and consumption of the nutrients present in the effluent, thus indicating that the biodigester is operating and functioning efficiently in the anaerobic digestion process, compared to data found in the literature. Another conclusion is that biodigester can support a bigger organic loading rate.

**KEYWORDS:** Biodigester; Biogas; Anaerobic digestion.

<sup>1</sup>Bolsista da Fundação Araucária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil. E-mail: [yumikoyanagi@outlook.com.br](mailto:yumikoyanagi@outlook.com.br). ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5075897741631032>.

<sup>2</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil. E-mail: [moreschij@alunos.utfpr.edu.br](mailto:moreschij@alunos.utfpr.edu.br). ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7066945123730555>.

<sup>3</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. E-mail: [marinapra@utfpr.edu.br](mailto:marinapra@utfpr.edu.br). ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2213588017689303>.

<sup>4</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil. E-mail: [marcelobortoli@utfpr.edu.br](mailto:marcelobortoli@utfpr.edu.br). ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6720828709289767>.



## INTRODUÇÃO

Desde tempos remotos, a carne animal tem sido essencial para manutenção da vida humana, fornecendo uma rica fonte de proteínas, com origens bovinas, suínas, aquáticas ou avícolas (SOARES et al., 2019). O Brasil destaca-se por possuir um dos maiores rebanhos bovinos no mundo, pesquisas apontam que em 2020 o Brasil possuía o maior rebanho de bovinos no mundo, com cerca de 217 milhões de cabeças, o que é equivalente a 14,3% do plantel mundial (DIAS et al., 2021).

No entanto, o alto volume de exportações aliado ao consumo interno elevado de proteínas pode acarretar em prejuízos ambientais significativos. Um dos principais problemas relaciona-se ao tratamento inadequado dos resíduos gerados durante a produção das carnes bovinas, contendo quantidades consideráveis de sangue, gordura, resíduos intestinais e fragmentos de tecidos, que ao serem descartados de maneira inadequada são capazes de contaminar rios e solos (ROCCA et al., 1993).

Nesse cenário, a adoção do processo de digestão anaeróbia surge como uma alternativa promissora para mitigar tal questão. A decomposição anaeróbica de resíduos orgânicos oriundos de abatedouros é uma maneira eficaz de impulsionar a reciclagem e produção de energia (FERRARESE, 2021). O uso de biodigestores auxilia no processo de digestão anaeróbia e tem se mostrado uma opção eficaz para o tratamento dos resíduos (BEZERRA et al., 2014).

Os biodigestores consistem em câmaras fechadas nas quais materiais orgânicos são depositados, proporcionando a decomposição eficiente desses elementos em seu interior (PASQUALINI, 2020). Sua adoção traz benefícios econômicos para as empresas, além de ser uma fonte de energia renovável e limpa.

Entretanto, muitos dos biodigestores utilizados no processo de digestão anaeróbia são operados de maneira inadequada, resultando em problemas de eficiência na geração de biogás. Portanto, o monitoramento do biodigestor é essencial para verificar seu funcionamento e identificar problemas. Assim, o presente trabalho teve como objetivo o monitoramento de um biodigestor, tendo como foco a análise de parâmetros físico-químicos: Carga Orgânica Volumétrica, Sólidos Totais, Sólidos Fixos, Sólidos Voláteis, Oleos e Graxas, teor de Nitrogênio Totais Kjeldahl, Nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_3$ ), pH e a relação da Alcalinidade Intermediária com a Alcalinidade Parcial, na entrada e saída do biodigestor.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras do efluente foram coletadas de um biodigestor situado no Frigorífico Santa Barbara LTDA, que se encontra na cidade de Francisco Beltrão, localizada no estado do Paraná. As amostras simples foram coletadas uma vez ao mês, de março até junho de 2023 e feito uma média aritmética.

O biodigestor foi instalado e projetado pela empresa BIODIGESTORES LTDA-ME. A empresa foi responsável pelo dimensionamento do biodigestor e o cálculo do tempo de retenção hidráulica (TRH). Foi observado no memorando descritivo que a empresa BIODIGESTORES enviou para o frigorífico que o tempo de retenção hidráulica é de 30 dias.

O dimensionamento do biodigestor levou em consideração a quantidade de bovinos abatidos por dia, volume de água utilizada por cabeça abatida e o tempo de retenção

hidráulica, onde a BOKÖHLER estimou o volume do biodigestor em 2.200 m<sup>3</sup>.

Figura 1 – Visão geral do biodigestor



Fonte: Autoria Própria (2023).

A vazão foi estimada utilizando o medidor de vazão de água instalada no poço de água potável da empresa. Visto que todo o volume de água que sai desse poço vai para o frigorífico e depois segue para o biodigestor levando juntamente os desejos dos abastes, só assim foi possível estimar a vazão que adentrava no biodigestor. A vazão encontrada foi de 28,6 m<sup>3</sup>.

#### PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS:

Inicialmente, os valores de Carga Orgânica Volumétrica foram calculados através da equação 1:

$$COV = \frac{(Q \times S_v)}{V} \quad (1)$$

Em que:

COV = Carga Orgânica Volumétrica (Kg<sub>sv</sub>.m<sup>-3</sup> d<sup>-1</sup>)

Q = Vazão (m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup>)

S<sub>v</sub> = Concentração de Sólidos Voláteis presentes no substrato (Kg.m<sup>-3</sup>)

V = Volume do Reator (m<sup>3</sup>)

Em seguida os valores de Sólidos Totais, Sólidos Fixos e Sólidos Voláteis foram medidos na entrada e saída do biodigestor, utilizando-se a metodologia de análises referente ao livro Manual de Análise de Resíduos Sólidos e Águas Residuárias de Antônio Teixeira de Matos (2015).

Para a análise de Óleos e Graxas adotou-se o método de extração em Soxhlet (1879), medindo os valores de óleos e graxas na entrada e saída do biodigestor.

O conteúdo de Nitrogênio Totais Kjeldahl (NTK) e NH<sub>3</sub> referem-se aos compostos de nitrogênio encontrados nas amostras do efluente. Para estimar o teor de NTK e de NH<sub>3</sub> das amostras, utilizou-se o método semimicro Kjeldahl, descrito em Manual de Análise de Resíduos Sólidos e Águas Residuárias de Antônio Teixeira de Matos (2015), medindo os teores na entrada e saída do biodigestor.

Com relação ao pH, o mesmo, refere-se ao grau de acidez, alcalinidade e neutralidade de uma determinada solução (VON SPERLING et al., 2001). Foi medido com



o uso de um potenciômetro portátil da marca Hanna, modelo HI 8424. A medida foi realizada na entrada e saída do biorreator.

Por fim, foi medido a relação entre a Alcalinidade Intermediária e a Alcalinidade Parcial apenas na saída do biodigestor. A obtenção da Alcalinidade Parcial foi realizada com a titulação da amostra com ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 0,1N até o pH de 5,0. A Alcalinidade Intermediária foi obtida pela titulação da amostra do efluente, com ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 0,1N até o pH de 4,4.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores encontrados para os parâmetros físico-químico na entrada e saída do biodigestor encontram-se na tabela a seguir:

**Tabela 1 – Valores encontrados na entrada e saída do biodigestor**

Parâmetros analisados	Entrada do biodigestor	Saída do biodigestor
Carga Orgânica		
Volumétrica (Kg <sub>sv</sub> /m <sup>3</sup> d)	0,22	0,08
Sólidos Totais (mg/L)	783	210
Sólidos Fixos (mg/L)	112	90
Sólidos Voláteis (mg/L)	671	116
Óleos e graxas (mg/L)	112	106
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg/L)	11	8,85
NH <sub>3</sub> (mg/L)	4	6,34
pH	7,80	7
Alcalinidade Intermediária/ Alcalinidade Parcial		0,08

Fonte: Autoria Própria (2023).

Com base nos resultados obtidos na Tabela 1, observa-se uma redução nos valores da maioria dos parâmetros, sendo que somente os níveis de NH<sub>3</sub> demonstraram um aumento, o que já era esperado, uma vez que o processo de digestão anaeróbia converte nitrogênio orgânico em nitrogênio amoniacal, o que pode ser observado também na diminuição do NTK.

Os valores encontrados para a Carga Orgânica Volumétrica na entrada do biodigestor são inferiores aos valores considerados ideais. Para o biodigestor a faixa ótima de entrada de Carga Orgânica Volumétrica é de 1 a 4 Kg<sub>sv</sub> /m<sup>3</sup>.d (KUNZ et al., 2019). Logo é visto que o biodigestor está recebendo uma Carga Orgânica Volumétrica abaixo da ideal. Nota-se que as concentrações de saída estão abaixo das de entrada, essa diminuição pode ser um indicador que os microrganismos estão tendo boa eficiência na remoção das cargas orgânicas, mesmo recebendo Carga Orgânica Volumétrica baixas.

Com relação aos Sólidos Voláteis, pode se afirmar que os teores de Sólidos Voláteis estão ligados a presença de matéria orgânica no efluente. A diminuição dos Sólidos Voláteis na saída do biodigestor indica que houve degradação da matéria orgânica presente no substrato (SAMPAIO et al., 2007).



Quanto aos Óleos e graxas, a sua diminuição indica que podem estar sendo degradados no interior do biodigestor (TÁPARRO et al., 2018).

Sobre o pH, para uma elevada produção de biogás o pH deve permanecer na faixa de neutralidade 7,0 a 8,5 (KARLSSON et al., 2014). Tanto na entrada, quanto na saída entrou-se os valores próximos dessa faixa.

Foi observado que os Sólidos Fixos tiveram uma leve diminuição nos valores, sendo considerado o esperado já que por meio de um tratamento biológico como o adotado, as chances de alterações nos valores são poucas (HASAN et al., 2019). Essa diminuição pequena, é indicativo de que a agitação está funcionando de forma satisfatória, e que o acúmulo no interior do biodigestor é muito baixo.

Com relação a relação entre Alcalinidade Intermediária e Alcalinidade Parcial, os valores devem encontrar próximos a 0,3 (KUNZ et al., 2019). Os valores encontrados foram de 0,08. Os valores obtidos podem ser considerados bem abaixo do esperado, indicando que o sistema está em subcarga.

## CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos por meio das análises realizadas, o biodigestor está operando de maneira satisfatória no processo de digestão anaeróbia, em comparação com dados encontrados na literatura. Em relação aos dados da relação AI/AP do biodigestor, foi observado que o biodigestor estudado está em subcarga. Uma alternativa possível para aumentar a relação do AI/AP do biodigestor é aumentando a COV de entrada, adicionando outras fontes de substrato, além do efluente do frigorífico utilizado atualmente.

## Agradecimentos

A autora agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação Araucária (FA) e a UTFPR pela bolsa de Iniciação Científica concedida.

## Conflito de interesse

Não há conflito de interesse

## REFERÊNCIAS

BEZERRA, Keyla Luiza Pereira et al. Uso de biodigestores na suinocultura. **Nutritime, Viçosa, Mg**, v. 11, n. 275, p. 3714-3722, 2014.

DIAS, Fernando Rodrigues Teixeira et al. Consumo mundial de carne bovina com crescimento menor nos próximos anos. **Boletim CiCarne, Embrapa**, ano, v. 2, 2021.

FERRARESE, Julia C. **Potencial de geração de energia a partir da digestão anaeróbia dos resíduos orgânicos oriundos do abate de bovinos**. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.



HASAN, Camila et al. Produção de biogás a partir de resíduos agroindustriais: Análise dos teores de sólidos totais, voláteis e fixos em amostras pré e pós digestão anaerobia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 1, p. 257-273, 2019.

KARLSSON, Tobias et al. **Manual básico de biogás**. 1ª edição. 2014.

KUNZ, Airton et al. Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato. Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 209 p.

MATOS, ANTÔNIO T. **Manual de Análise de Resíduos Sólidos e Águas Residuárias**. 1º ed. Viçosa, MG, 2015.

PASQUALINI, Alexandre A. Aplicação dos biodigestores na pecuária sustentável. **Revista Faculdades do Saber**, v. 5, n. 09, 2020.

ROCCA, Alfredo Carlos Cardoso et al. **Resíduos sólidos industriais**. ed: 2, São Paulo: CETESB, 1993.

SAMPAIO, Silvio César et al. Relação entre série de sólidos e condutividade elétrica em diferentes águas residuárias. **Irriga**, v. 12, n. 4, p. 569-574, 2007.

SOARES, Josenilson Diniz et al. Análise do processo produtivo: a realidade de um abatedouro municipal. **Revista de Casos e Consultoria**, v. 10, n. 1, p. e10118-e10118, 2019.

TÁPPARO, Deisi Cristina et al. Sanitary effectiveness and biogas yield by anaerobic co-digestion of swine carcasses and manure. **Environ Technol.**, p. 682-690, v. 3330, 2018.

VON SPERLING, Marcos et al. Lodo de esgotos: características e produção. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**, v. 2, p. 15-66, 2001.