



DE 14 À 19 DE OUTUBRO DE 2024
DEL 14 AL 19 DE OCTUBRE DE 2024

V SLACTIA

SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM AGROPECUÁRIA
SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN LA AGROPECUARIA

Recursos Naturais e Proteção Ambiental

BIODIGESTOR - TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS E GERAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL

Wesley da Silva Brito ¹

Emily Tiba Ferreira ²

Rozileni Piont Kovsky Caletti ³

Marcos Filgueiras Jorge ⁴

Leonardo Duarte Batista da Silva ⁵

Resumo: O objetivo deste trabalho foi desenvolver e avaliar um biodigestor de baixo custo alimentado com esterco bovino para a produção de biogás e biofertilizante, atuando como solução alternativa ao saneamento rural. O protótipo foi desenvolvido a partir de duas bombonas, uma de 120 litros com dimensões de 48cm x 83 cm (comprimento x altura) e outra de 200 litros, 60cm x 86cm (comprimento x altura) e tubulações de policloreto de vinila (PVC), sendo alimentado com uma solução de esterco bovino. O sistema gerou 0,75 m³ de biogás em 85 dias, com uma produção média diária de 0,00882 m³, oferecendo uma fonte de energia renovável para pequenas propriedades rurais, o que pode reduzir a dependência de fontes externas e os custos operacionais. O biodigestor também produziu 30,07 kg de biofertilizante, enriquecido com nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, que podem ser utilizados em culturas agrícolas, substituindo fertilizantes sintéticos e contribuindo para a melhoria da fertilidade do solo. Além dos benefícios econômicos, o sistema contribui para a mitigação de impactos ambientais, como a redução da emissão de gases de efeito estufa e a prevenção da poluição hídrica e do solo. O biodigestor mostrou-se eficaz na conversão de resíduos orgânicos em produtos comercializáveis, sendo uma tecnologia social relevante para comunidades rurais, periurbanas e de agricultores familiares, com potencial para ser aprimorada conforme a demanda por biogás e biofertilizante.

Palavras-chave: Biogás, Biofertilizante, Esterco bovino, Saneamento rural.

¹ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; wes.agriamb@gmail.com

² Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; emilytibaferreira@gmail.com

³ Doutora em Geociências; Universidade Federal Fluminense; rozileni.pkc@hotmail.com

⁴ Doutor em Ciência Tecnologia e Inovação em agropecuária; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; filgueiras_jorge_marcos@hotmail.com

⁵ Doutor em Irrigação e Drenagem; Universidade de São Paulo; monitoreambiental@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Quando diz respeito a saneamento e energias renováveis, o biodigestor é uma importante alternativa para prevenção e mitigação de danos ao meio ambiente. É capaz de unir o tratamento de resíduos sólidos, a produção de biogás e de biofertilizante, por meio da digestão anaeróbia.

Na digestão anaeróbica, a matéria orgânica constituinte dos resíduos é degradada por microrganismos em quatro principais etapas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (Oliveira, 2021). Nesta é gerado o metano (CH_4) (Oliveira, 2021), majoritário no biogás produzido, que desperta o interesse comercial por ser inflamável (Vieira; Polli, 2020). Após a estabilização da matéria orgânica é cessada a produção de biogás, que pode ser utilizado como fonte de energia, e obtido um biofertilizante, atuando no aumento da fertilidade do solo (Gotardo *et al.*, 2021; Machado, 2022).

O biodigestor é um aliado de agricultores familiares, comunidades periurbanas e urbanas, especialmente as vulneráveis. Evita o descarte de resíduos e dejetos em locais inadequados, e proporciona economia para as comunidades ao transformar a matéria orgânica em produtos com valor comercial. Assim, é fundamental que a instalação seja de baixo custo e a manutenção estrutural facilitada, como no protótipo utilizado nesse estudo.

Existem diversos modelos e classificações de biodigestores, com operação de uso contínuo ou em batelada.

Em uso contínuo, o biodigestor recebe alimentação de biomassa frequentemente e funciona melhor em locais onde a biomassa é abundante (Freitas *et al.*, 2020). Pode ter formas horizontal ou vertical, e admite a implementação dentro ou fora do solo, variando somente o ponto de entrada e saída da biomassa. No formato horizontal, a entrada de matéria orgânica e saída desta já decomposta são feitas pelas laterais. Já no vertical, a entrada e saída ocorrem na parte de baixo.

O uso do sistema de batelada é característico em locais onde há sazonalidade da biomassa ocorrendo um espaçamento entre uma alimentação e outra, podendo ser de 40 a 60 dias, e ao final é retirado parte da biomassa já decomposta para a próxima alimentação (Freitas *et al.*, 2020). Pode ser formado somente pela estrutura da câmara de biodigestão e reservatório de gás (gasômetro), podendo ser considerado um sistema simples, de baixo custo e fácil manutenção.

Exemplos de modelos de digestores serão listados a seguir: o modelo indiano, o chinês e o canadense. O modelo de biodigestor indiano consiste em uma parede central que divide o tanque em duas câmaras e tem a função de promover a circulação de matéria orgânica. O biodigestor possui uma cúpula que, ao ser unida à câmara de fermentação, possibilita o controle da variação da pressão interna (Frigo, 2000). O modelo chinês se inspira no indiano, e dentre as diferenças está a não utilização da cúpula, sendo formado por uma câmara cilíndrica em alvenaria com teto curvado destinado ao armazenamento do biogás. Funciona como uma prensa hidráulica, em que o aumento no seu interior resulta no acúmulo de biogás (Frigo, 2000). Já o modelo canadense, pode ser constituído por apenas um tanque anaeróbico ou vários tanques de corpo cilíndrico, contendo gasômetro flutuante e um guia para o gasômetro (Embrapa, 2024).

Como uma alternativa economicamente viável, foi criado um biodigestor de baixo custo de característica contínua (Miranda, 2024), que proporciona uma versatilidade de utilização para comunidades de baixa renda e agricultores familiares, com base no baixo custo de implementação e na variedade de ma-

téria orgânica que pode ser disposta no biodigestor para produção de biogás. Este modelo faz-se importante para a propagação de soluções sustentáveis, para mitigação de impactos ambientais e geração de energias renováveis.

O biodigestor é uma tecnologia social que pode ser implementado em comunidades para atuar diretamente no saneamento de resíduos sólidos orgânicos, sejam de origem animal ou vegetal, como dejetos de animais ou restos de alimentos, que seriam descartados e transportados para aterros sanitários, ou em locais inadequados poluindo o meio ambiente. Assim, problemas decorrentes desse descarte, como a proliferação de patógenos, são mitigados. Baseado na atividade de microrganismos que atuam na decomposição da matéria orgânica, antes sem valor comercial, o biodigestor é capaz de produzir, reter e transformar um gás de efeito estufa (CH_4) e gerar energia, inclusive sendo utilizada para o preparo de alimentos, como “gás de cozinha” gerando renda (Silva, 2021; Praciano *et al.*, 2020).

Com o processo de degradação da matéria orgânica, os microrganismos fazem com que resíduos de elevada carga nutricional, sejam devidamente tratados. Fornari (2002) afirma que o biofertilizante possui teores de nutrientes iguais ou até maiores que os do material original. Portanto, esse biofertilizante pode aumentar a fertilidade do solo por conter nutrientes essenciais para as plantas. Segundo Haack (2009), o biofertilizante pode apresentar teores médios de macronutrientes como 1,5 a 2,0% de nitrogênio (N), 1,0 a 1,5% de fósforo (P) e 0,5 a 1,0% de potássio (K), podendo substituir totalmente o fertilizante sintético, resultando em menor custo de insumos agrícolas e menor impacto ambiental.

Já o manejo inadequado dos dejetos bovinos pode causar impactos significativos no meio ambiente, desde a poluição do solo pelo uso inadequado, o que pode resultar na degradação do solo e, por consequência, do meio ambiente. Além disso, a contaminação dos corpos hídricos, devido à alta concentração de nutrientes como fósforo e nitrogênio, pode levar a eutrofização rios, e a decomposição inadequada dos dejetos contribui para a emissão de gases de efeito estufa.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e avaliar um biodigestor de baixo custo para a produção de biogás e biofertilizante, além de atuar como solução alternativa ao saneamento rural.

2. METODOLOGIA

O ensaio visou desenvolver um protótipo de biodigestor de baixo custo, conhecido como biodigestor caseiro, com foco na instalação econômica, fácil manuseio e transporte. O objetivo foi criar um sistema contínuo, com disponibilidade constante de matéria orgânica para alimentação.

Para a construção do biodigestor, foram utilizadas duas bombonas de dimensões 48 cm x 83 cm (comprimento x altura; 120 L), uma de 60 cm x 86 cm (comprimento x altura; 200 L) e tubulações de policloreto de vinila (PVC). As tubulações são dispostas por meio de aberturas na bombona, a fim de garantir sua alimentação, transporte de biogás e retirada do biofertilizante, em que a tubulação responsável pela alimentação chegue ao fundo da bombona. Uma das bombona de 120 litros é destinada ao recebimento da matéria orgânica diluída e equipada com as tubulações, na qual o biogás gerado é transportado através de uma mangueira de PVC reforçada com fibra têxtil utilizada para garantir a flexibilidade do sistema, tendo em vista que a segunda bombona fica imersa em água, para que não haja vazamento. A partir disso a segunda bombona de 120 L, esta é inserida com a abertura para dentro da bombona de 200 L preenchida com água, funcionando como uma câmara de armazenamento de biogás.

O biodigestor foi alimentado com solução de esterco bovino, preparada em recipiente de PVC de 12 L, adicionando água ao esterco. A quantidade de solução alimentada ao biodigestor foi determinada por

pesagem antes e após a diluição. Na sequência, esta solução foi disposta via tubulação acoplada na bombona responsável pela alimentação do biodigestor. A alimentação foi feita no período de junho a setembro e a retirada do biofertilizante ocorreu quando observado que a bombona não comportava mais solução de esterco bovino.

O monitoramento da produção de biogás foi realizado juntamente com a alimentação, medindo a elevação da câmara de gás, após mensurado foi feita a queima do biogás, por fim ocorreu uma nova alimentação. O volume de biogás armazenado na câmara foi convertido para metros cúbicos (m³) utilizando a seguinte Equação (1):

$$V = \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} \right) \cdot h \quad (1)$$

Em que V é o volume (m³), d é o diâmetro da bombona (m) e h é a altura da bombona (m) que atua como reservatório de gás.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da alimentação do biodigestor com a solução de esterco bovino foi possível observar a pro-



dução de biogás (Figura 1).

Figura 1 - Comparativo do biodigestor. a) sem biogás b) com biogás.

No decorrer do experimento, foram realizadas medições do reservatório de biogás com o objetivo de calcular o volume de biogás produzido. Após isso, ocorreu a queima do biogás a partir de uma tubulação com saída de aço para que ficasse vazia. Essas medições permitiram observar a produção de biogás (Tabela 1).

Tabela 1 – Monitoramento da produção de biogás em biodigestor, entre os meses de junho e setembro de 2024.

Data	Biomassa (kg)	Água (l)	Biomassa + Água (kg)	Retirada de bio- fertilizante (kg)	Elevação (cm)	Biogás (m ³)
10/jun	5,7	2,7	8,4	12		
17/jun	4,3	1,8	6,1	Não ocorreu	56	0,10
24/jun	2,9	2,1	5,0	6,7	50	0,09
14/jul	2,5	1,7	4,2	Não ocorreu	57	0,10
29/jul	3,1	1,9	5,0	Não ocorreu	78	0,14
06/ago	2,0	1,0	3,0	Não ocorreu	47	0,08
19/ago	2,4	1,5	3,9	Não ocorreu	70	0,13
02/set	2,5	1,5	4,0	12	64	0,11
Total	25,4	14,2	34,6	30,7	422	0,75

A matéria orgânica presente na solução de esterco bovino foi capaz de gerar um total de 0,75m³ de biogás. Ao longo de 85 dias, essa produção foi equivalente a uma média diária de 0,00882m³ de biogás que pode ser utilizado como fonte de energia para a produção de alimentos caso seja conectado em um fogão, ajudando agricultores familiares economicamente.

Barrera (1993) argumenta que, para produzir 1m³ de biogás, são necessários cerca de 25kg de esterco bovino. No protótipo, houve uma produção inferior à relatada, porém próxima (0,75m³), entretanto, essa diferença pode ocorrer devido fatores como o pH e a temperatura da solução no biodigestor, além da composição do esterco bovino, que varia de acordo com a alimentação do animal.

Ao longo do experimento, foram retirados 30,07 kg de biofertilizante, aplicados em plantas locais a fim de promover sua fertilidade, em que diversos estudos relatam o potencial agrônomo dos biofertilizantes (Araujo, 2007; Silva, 2012). Em comunidades rurais esse biofertilizante pode substituir por completo o uso de fertilizantes químicos, trazendo não só economia aos agricultores, mas contribuindo com o meio ambiente, ciclando nutrientes e dispondo microrganismos no solo.

Durante o experimento, foram tratados e transformados em biogás e biofertilizante um total de 25,4 kg de esterco bovino, que antes seriam dispostos no meio ambiente que poderiam ocasionar danos ambientais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o biodigestor desenvolvido apresentou um desempenho satisfatório para a produção de gás e biofertilizantes, sendo uma alternativa viável de baixo custo e fácil operacionalidade para produção de energia alternativa, biofertilizante, podendo ser utilizado no saneamento rural, sendo um aliado para comunidades rurais, urbanas, periurbanas e para a agricultura familiar, como fonte de energia renovável, fonte de biofertilizante e controle de resíduos.

Caso seja necessária uma maior demanda de biogás, é aconselhável o uso de uma quantidade maior de solução de esterco bovino, além da compreensão dos parâmetros operacionais, como o monitoramento de pH, temperatura e o revolvimento da solução de esterco bovino no biodigestor, a fim de aumentar a produção de biogás e, conseqüentemente, a produção de biofertilizante.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Evanduir N. de, OLIVEIRA, Ademar P. de ; CAVALCANTE, Lourival F.. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 5, p. 466–470, 2007. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/q7pPMWBf-KLHnthNfjSCSdhM/#>>. Acesso em: 10 set. 2024.
- BARRERA, P. Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. São Paulo: Ícone, p. 11, 1993.
- DE AZEVEDO FRIGO, K. D.; FEIDEN, A.; BARCHINSK GALANT, N.; FERREIRA SANTOS, R.; MARI, A. G.; PIRES FRIGO, E. BIODIGESTORES: SEUS MODELOS E APLICAÇÕES. *Acta Iguaçu*, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 57–65, 2000. DOI: 10.48075/actaiguazu.v4i1.12528. Disponível em: <<https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/12528>>. Acesso em: 23 set. 2024.
- EMBRAPA. Agência de Informação Tecnológica. Biodigestores. 2024. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/residuos/biogas/biodigestores>>. Acesso em: 08 set. 2024.
- FORNARI, E. Manual prático de agroecologia. São Paulo: Aquariana, 2002. 240p.
- FREITAS, L. R.; SANTANA, V. L. de; SILVA, C. R. S. P. da; CARVALHO, J. C. M. de; ROCHA, H. G.; JUNIOR, F. B. da P.; PAZ, E. S. L. D.; HOLANDA, M. A. A. G. D. Construção de experimento de baixo custo e de alto interesse social: montagem de biodigestor caseiro. *Brazilian Journal of Development*, [S. l.], v. 6, n. 5, p. 30099–30106, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n5-460. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/10469>>. Acesso em: 08 set. 2024.
- GOTARDO, R.; MANTOVANI, A. Utilização de biofertilizante obtido em um biodigestor anaeróbico alimentado pela mistura de resíduos agroindustriais em área agrícola. *Scientific Electronic Archives*, [S. l.], v. 14, n. 11, 2021. DOI: 10.36560/141120211493. Disponível em: <<https://sea.ufr.edu.br/index.php/SEA/article/view/1493>>. Acesso em: 08 set. 2024.
- HAACK, Sheyla Caetano. Dissertação: Análise técnica e econômica para aproveitamento da biomassa caprina em biodigestores no Semi-Árido Baiano. Orientador: Gilca Garcia de Oliveira. 2009. 209 f. Dissertação (Mestrado em Economia Regional e do Meio Ambiente) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.
- Machado, L.T. S, Aproveitamento de efluente gerado na biodigestão anaeróbica de resíduos orgânicos de origem doméstica na agricultura irrigada. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências agrônômicas, Botucatu, São Paulo.
- MIRANDA, F. Periferia Sustentável. Instituto Favela da Paz, São Paulo. Disponível em: < <https://faveladapazcom.wordpress.com/periferia-sustentavel-2/>>. Acessado em: 09 set. 2024.
- OLIVEIRA, C. S. A. de; PROENÇA, M. B. Biodigestor com controle inteligente. *Caderno Progressus*, [S. l.], v. 1, n. 1, 2021. Disponível em: <<https://www.cadernosuninter.com/index.php/progressus/article/view/1687>>. Acesso em: 09 set. 2024.
- PRACIANO, A. C.; ALBIERO, D.; POSSUELO, O. de M.; DOS SANTOS, L. F. A.; MONTEIRO, L. de A. Contribuição de biodigestores para a agricultura familiar. *Energia na agricultura*, [S. l.], v. 35, n. 1, p. 95–106, 2020. DOI: 10.17224/EnergAgric.2020v35n1p95-106. Disponível em: <<https://energia.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2660>>. Acesso em: 08 set. 2024.
- SILVA, Natan Felipe. ANÁLISE ENERGETICA E ECONOMICA DA IMPLANTAÇÃO DO BIODIGESTOR INDIANO NA BOVICULTURA LEITERA. **III Simpósio Nacional de Engenharia de**

Produção, [S. l.], v. 3, n. 3, 2021. Disponível em: < <https://ocs.ufgd.edu.br/index.php?conference=sinsep&schedConf=IIISINEP&page=paper&op=view&path%5B%5D=1316> >. Acesso em: 10 set. 2024.

SILVA, Jandiê A. da, OLIVEIRA, Ademar P. de ; ALVES, Gibran da S.. Rendimento do inhame adubado com esterco bovino e biofertilizante no solo e na folha. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 3, p. 253–257, 2012. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/HYKGtWr34fLt-FYx6gGqMY8s/?lang=pt&format=html#>>. Acesso em: 10 set. 2024.

VIEIRA, Henrique Gois; POLLI, Henrique Quero. O biogás como fonte alternativa de energia., *Revista Interface Tecnológica*, v. 17, n. 1, p. 388-400, 2020. Disponível em: < <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/766/478> >. Acesso em: 10 set. 2024.