

Submitted: Feb 16<sup>th</sup>, 2024

Approved: Mar 22<sup>th</sup>, 2024

## **Aplicação de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais**

### **Application of biodigesters in small and medium rural properties**

### **Aplicación de biodigestores en explotaciones pequeñas y medianas**

#### **Cristian Joel Polli Camargo**

Bacharelado em Engenharia Química pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: Curitiba, Paraná, Brasil

E-mail: cristian60954@unifatecpr.com.br

#### **Jhosmynio Apollo Chime**

Bacharelado em Engenharia Química pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: Curitiba, Paraná, Brasil

E-mail: jhosmynio97285@unifatecpr.com.br

#### **Alessandra Novais Bassetto Berton**

Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Química pela Universidade Federal do Paraná

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: Curitiba, Paraná, Brasil

E-mail: alessandra.berton@unifatecpr.com.br

### **RESUMO**

A pesquisa se concentra na gestão de resíduos orgânicos como fezes de bovinos e suínos em pequenas propriedades rurais, propondo o desenvolvimento de biodigestores acessíveis. Estes dispositivos, embora ofereçam benefícios ambientais e econômicos, enfrentam desafios de viabilidade financeira para pequenos produtores. O estudo visa avaliar a viabilidade econômica dos biodigestores para reduzir os impactos ambientais dos dejetos animais, utilizando uma metodologia de revisão bibliográfica para analisar estudos científicos e técnicos. Em suma, busca-se promover a adoção de tecnologias sustentáveis, visando a autossuficiência energética, a melhoria do solo e a redução dos impactos ambientais.

**Palavras-chave:** biodigestor, biogás, biofertilizante, sustentabilidade.

### **ABSTRACT**

The research focuses on the management of organic waste such as cattle and pig feces on small rural properties, proposing the development of accessible biodigesters. Although these devices offer environmental and economic benefits, they face challenges of financial viability for small producers. The study aims to assess the economic feasibility of biodigesters to reduce the environmental impacts of animal waste, using a methodology of literature review to analyze scientific and technical studies. In summary, the aim is to

promote the adoption of sustainable technologies, aiming for energy self-sufficiency, soil improvement, and environmental impact reduction.

**Keywords:** biodigester, biogas, biofertilizer, sustainability.

## RESUMEN

La investigación se centra en la gestión de residuos orgánicos como las heces de ganado vacuno y porcino en pequeñas explotaciones, proponiendo el desarrollo de biodigestores asequibles. Estos dispositivos, aunque ofrecen beneficios ambientales y económicos, se enfrentan a problemas de viabilidad financiera para los pequeños productores. El estudio pretende evaluar la viabilidad económica de los biodigestores para reducir el impacto ambiental de los residuos animales, utilizando una metodología de revisión bibliográfica para analizar estudios científicos y técnicos. En definitiva, pretende promover la adopción de tecnologías sostenibles orientadas a la autosuficiencia energética, la mejora del suelo y la reducción de los impactos ambientales.

**Palabras clave:** biodigestor, biogás, biofertilizante, sostenibilidad.

## 1 INTRODUÇÃO

A revisão da literatura sobre biodigestores visa compilar e avaliar informações sobre suas aplicações, projetos e impactos em propriedades rurais de pequeno e médio porte, com foco nos pilares da sustentabilidade — ambiental, social e econômico. O levantamento utilizou uma abordagem qualitativa, com consulta a bases de dados acadêmicas como ResearchGate e Repositórios UFU e IFES, priorizando estudos recentes e relevantes.

Os biodigestores destacam-se pela eficiência no tratamento de resíduos orgânicos, redução de emissões de gases de efeito estufa e produção de biofertilizantes (Angelidaki & Ahring, 2015; Ministério da Agricultura, 2017). Além disso, promovem benefícios sociais, como melhorias no saneamento e na qualidade de vida em áreas rurais (Langergraber & Muellegger, 2005; Pedroso, 2014).

Sob a perspectiva econômica, estudos como os de Bernandes (2020) e Silva (2019) demonstram a viabilidade financeira desses sistemas, que reduzem custos operacionais e geram renda adicional. A análise de casos, incluindo sistemas simplificados e modelos computacionais (Portes, 2005; Felipe, 2020), reforça sua aplicabilidade em diferentes escalas.

A metodologia, baseada na análise de artigos e relatórios técnicos, confirmou que os biodigestores integram os pilares da sustentabilidade, promovendo eficiência,

economia e resiliência no campo.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a viabilidade dos biodigestores na propriedade rural.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar modelo ideal de biodigestores para propriedades rurais de pequeno e médio porte.
- Demonstrar a redução dos impactos ambientais negativos gerados pelos dejetos animais.
- Dimensionar o biodigestor da maneira mais eficaz.
- Apresentar vantagens e desvantagens.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Devido ter diversos modelos de biodigestores, foi abordado um que seria ideal para a propriedade rural de pequeno (quatro hectares) e médio porte (quatro a quinze hectares).

A crescente demanda por soluções que conciliem a produtividade rural com a preservação ambiental destaca a relevância de tecnologias como os biodigestores, que permitem o reaproveitamento de resíduos orgânicos.

Além disso, os produtores enfrentam desafios como altos custos de insumos e a dependência de fontes externas de energia (Moraes, B. S., Zaiat, M., & Bonomi, A. (2015)). Nesse contexto, a adoção de biodigestores pode representar uma alternativa viável, reduzindo custos operacionais e mitigando impactos ambientais, ao mesmo tempo em que contribui para a autonomia e a sustentabilidade da propriedade (COSTA et al., 2019).

De acordo com dados da Embrapa (2021), o uso de biodigestores tem potencial para reduzir significativamente a emissão de gases de efeito estufa e aumentar a eficiência no uso de recursos naturais. Portanto, este trabalho visa explorar as possibilidades de aplicação dessa tecnologia, buscando benefícios econômicos e ambientais para todas as

propriedades que enfrentam desafios semelhantes.

## **2 METODOLOGIA**

A revisão da literatura se justifica pela necessidade de um levantamento detalhado do conhecimento existente sobre o tema, com o objetivo de compilar, comparar e avaliar informações relevantes e previamente publicadas sobre biodigestores, suas aplicações, projetos e impactos em propriedades rurais de pequeno e médio porte. Além disso, a pesquisa se fundamenta nos três pilares da sustentabilidade — ambiental, social e econômico — para compreender como os biodigestores contribuem para práticas mais sustentáveis no campo.

O tema dos biodigestores já foi extensivamente estudado em diferentes contextos e regiões, destacando sua relevância para a sustentabilidade ambiental por meio da redução de emissões de gases de efeito estufa, do tratamento adequado de resíduos orgânicos e da produção de biofertilizantes. Esses sistemas também desempenham um papel importante na dimensão social, promovendo a qualidade de vida em comunidades rurais, com melhorias na saúde pública e na gestão de recursos. Sob a perspectiva econômica, os biodigestores podem gerar economia para os produtores, reduzir custos com insumo, obtendo novas oportunidades de renda.

Ao utilizar as fontes dessa literatura, é possível acessar uma vasta quantidade de dados e estudos de caso que enriquecem a compreensão do tema com enfoque na integração desses pilares da sustentabilidade em propriedades de pequeno e médio porte. A coleta de dados qualitativa, realizada por meio da consulta a bases de dados acadêmicas e bibliotecas digitais, permite identificar como essas dimensões interagem em diferentes contextos, contribuindo para um panorama abrangente e fundamentado

## **3 BIODIGESTORES E BIOFERTILIZANTES: SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA A AGRICULTURA E O MEIO AMBIENTE**

O biodigestor anaeróbio é um equipamento simples e eficiente, operando sem exposição ao ar, onde microrganismos realizam a biodigestão de resíduos orgânicos. Esse processo gera dois subprodutos principais: o biogás, utilizado como fonte de energia renovável, e o biofertilizante, que é rico em nutrientes e microrganismos benéficos para

o solo, promovendo a saúde das plantas e a sustentabilidade agrícola (Silva et al., 2015; Ministério da Agricultura, 2017).

A história da biodigestão remonta ao século XVII, quando Jan Baptista V. Helmont introduziu o conceito, que evoluiu significativamente com a descoberta do metano no século XVIII. O primeiro biodigestor funcional foi construído em 1859, na Índia, marcando um marco histórico no aproveitamento de resíduos orgânicos para fins energéticos e agrícolas (Carvalho, 2015).

Os biodigestores são classificados de acordo com sua complexidade, tamanho e o tipo de substrato utilizado. Além disso, podem operar de forma contínua, com alimentação constante, ou em batelada, com carga intermitente, dependendo das necessidades do processo e do modelo adotado (Santos, 2023). Essa flexibilidade permite sua aplicação em diferentes contextos, desde pequenas propriedades rurais até operações de maior escala.

O biogás produzido é composto principalmente por metano e dióxido de carbono, oferecendo uma alternativa limpa e renovável às fontes de energia convencionais. Simultaneamente, o biofertilizante resultante da biodigestão apresenta uma liberação gradual de nutrientes e estimula a atividade biológica do solo. Essa característica o diferencia dos fertilizantes químicos, que, embora eficientes no curto prazo, podem causar danos ao solo e ao meio ambiente devido ao uso excessivo e à rápida disponibilidade de nutrientes (Carvalho, 2021; Ministério do Meio Ambiente, 2011).

O uso de biofertilizantes apresenta inúmeras vantagens. Eles melhoram a estrutura do solo, aumentam sua capacidade de retenção de água e nutrientes e reduzem a necessidade de fertilizantes químicos, diminuindo assim os impactos ambientais, como a poluição hídrica e a emissão de gases de efeito estufa (Carvalho, 2021; Ministério do Meio Ambiente, 2011). Além disso, os biofertilizantes promovem práticas agrícolas mais sustentáveis, alinhando produtividade com conservação ambiental.

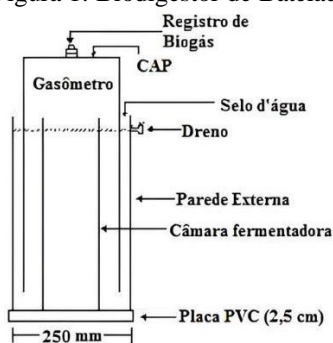
Nesse contexto, os biodigestores e os biofertilizantes destacam-se como soluções integradas e estratégicas para a agricultura sustentável. A adoção dessas tecnologias reduz a dependência de insumos químicos, minimiza impactos negativos e promove a conservação dos recursos naturais, conforme apontam estudos como os de Carvalho (2021) e do Ministério do Meio Ambiente (2011). Essas ferramentas são fundamentais para enfrentar desafios ambientais e atender à crescente demanda por práticas agrícolas responsáveis e eficientes.

## 4 MODELOS DE BIODIGESTORES

### 4.1 BIODIGESTOR DE BATELADA

O Biodigestor de batelada (figura 1) apresenta facilidade operacional e demanda baixa exigência em termos de manutenção. Sua instalação pode ser composta por um único tanque anaeróbico ou por vários tanques dispostos em série. Este tipo de biodigestor é abastecido de forma única, caracterizando-se como um sistema não contínuo. Após o abastecimento, o material é submetido ao processo de fermentação por um período determinado, sendo posteriormente descarregado ao término da fase ativa de produção de biogás. (EMBRAPA, 2021)

Figura 1: Biodigestor de Batelada



Fonte: Marco Orrico 2015.

### 4.2 BIODIGESTOR DE FLUXO CONTÍNUO

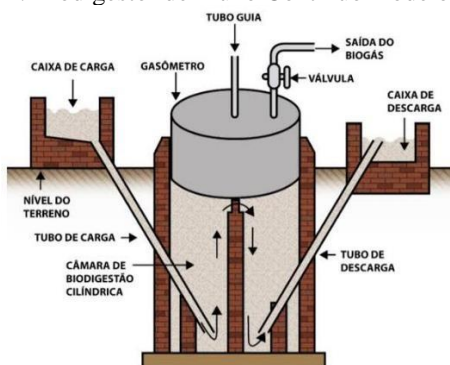
Com base no trabalho de Felipe F. L. (2020), o biodigestor modelo indiano é um sistema de abastecimento contínuo, ideal para pequenas propriedades que geram dejetos regularmente, como em criações de bovinos, suínos e caprinos. Sua construção subterrânea em alvenaria é compacta, ocupando pouco espaço, e é dividida em duas câmaras que promovem a circulação eficiente da matéria orgânica. A cúpula móvel, que atua como gasômetro, permite a coleta do biogás, mas pode elevar os custos operacionais devido à necessidade de manutenção constante, especialmente quando confeccionada em metal, o que exige cuidados específicos para evitar corrosão e prolongar a vida útil do sistema (FELIPE, 2020)

O sistema não é adequado para resíduos vegetais e deve ser ajustado de acordo com as características do solo, como proximidade de lençóis freáticos ou presença de solo

pedregoso. A concentração de sólidos nos dejetos deve ser controlada para evitar entupimentos, e o acúmulo de crostas na superfície da biomassa pode ser mitigado com a instalação de palhetas no gasômetro. (EMBRAPA, 2021)

A eficiência da produção de biogás é significativamente influenciada pela temperatura ambiente, apresentando maior rendimento em climas tropicais. Nessas regiões, as temperaturas mais elevadas favorecem a atividade das bactérias responsáveis pela digestão anaeróbia, resultando em uma produção mais eficiente de biogás. Em contrapartida, em climas frios ou temperados, a menor temperatura reduz a eficiência desse processo, exigindo maior quantidade de matéria orgânica para produzir o mesmo volume de biogás (COSTA et al., 2019)

Figura 2: Biodigestor de Fluxo Contínuo modelo Indiano.



Fonte: Pedro Coelho 2012.

### 4.3 BIODIGESTOR DE CÚPULA FIXA

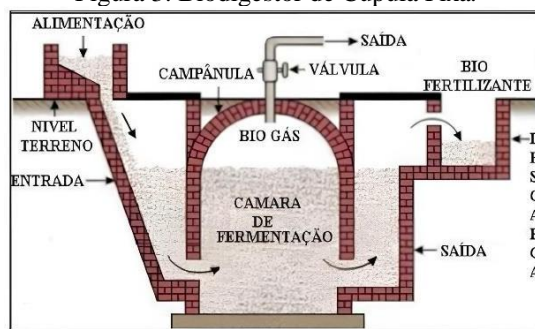
O biodigestor de cúpula fixa (figura 3), também conhecido como biodigestor chinês foi desenvolvido com o objetivo de atender às necessidades de pequenas propriedades rurais, destacando-se por sua estrutura monolítica, construída predominantemente em alvenaria e enterrada no solo. Esse modelo apresenta um custo de construção inferior em comparação ao modelo indiano, uma vez que o gasômetro também é construído em alvenaria, eliminando a necessidade de chapas de aço. Contudo, essa economia pode resultar em desafios, como a possibilidade de vazamentos de biogás, caso a estrutura não seja adequadamente vedada e impermeabilizada. (EMBRAPA, 2021)

Baseando-se no estudo de Silva (2019), a estrutura do biodigestor modelo chinês consiste em uma câmara cilíndrica de alvenaria com um teto abobadado e impermeável, projetado para o armazenamento de biogás. Esse modelo também inclui uma caixa de

entrada para a biomassa e uma caixa de saída parcialmente subterrânea, permitindo a movimentação do efluente. Seu funcionamento opera segundo o princípio da prensa hidráulica: o aumento da pressão interna, causado pelo acúmulo de biogás, desloca o efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, enquanto a decompressão provoca o retorno do efluente para a câmara de fermentação. Essa dinâmica estrutural é adequada para pequenos sistemas, mas apresenta limitações em instalações de maior porte, conforme discutido na análise de viabilidade econômica e operacional conduzida por Silva (2019).

Durante o processo, parte do biogás formado pode escapar pela caixa de saída, reduzindo a pressão interna e, conseqüentemente, a eficiência geral da produção de biogás. Estudos indicam que esse fenômeno está diretamente relacionado às limitações estruturais do biodigestor modelo chinês, tornando-o menos eficiente para instalações de grande porte (NI; NUNEZ, 2020). Além disso, para otimizar o processo de fermentação e evitar o entupimento dos canos, pesquisas recomendam que a biomassa utilizada contenha no máximo 8% de sólidos totais, garantindo maior estabilidade operacional e eficiência no processo anaeróbico (ZHANG; JIANG; CHEN, 2013).

Figura 3: Biodigestor de Cúpula Fixa.

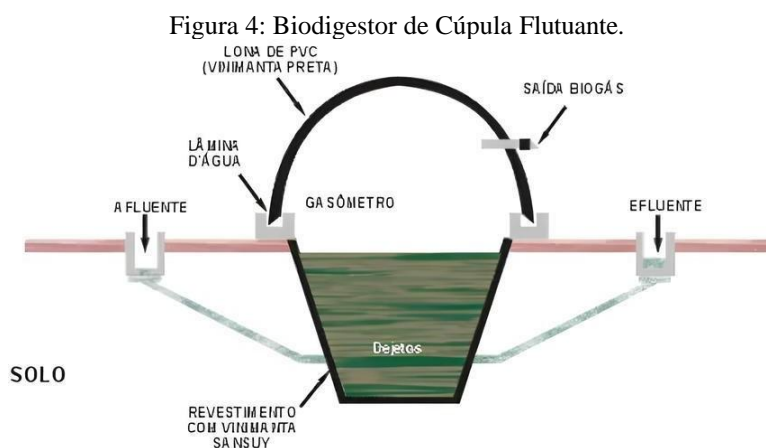


Fonte: Pedro Coelho 2012.

#### 4.4 BIODIGESTOR DE CÚPULA FLUTUANTE

O biodigestor de campânula flutuante (figura 4), conhecido como Modelo Canadense, é composto por uma câmara de digestão e um depósito de gás móvel, que flutua diretamente sobre o lodo em digestão ou em um selo hídrico. Essa configuração permite manter a pressão do gás constante ao longo do processo. Este modelo pode ser operado de forma contínua, o que elimina a necessidade de um tanque de compensação, simplificando o sistema. (EMBRAPA, 2021)

Apesar de sua eficácia, o biodigestor de campânula flutuante tradicionalmente possui um custo elevado de construção, principalmente devido ao uso de uma campânula metálica. Esse componente é suscetível à corrosão, resultando em uma vida útil relativamente curta, em torno de cinco anos, e demandando frequentes manutenções, como repintura periódica, o que aumenta os custos operacionais.



Fonte: DEGANUTTI et al., 2002.

## 5 IMPACTOS AMBIENTAIS

Os biodigestores contribuem significativamente para a mitigação de impactos ambientais associados à agropecuária, ao capturar e tratar os resíduos orgânicos produzidos em propriedades rurais. Esse processo reduz a emissão de gases de efeito estufa (GEE), como metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que são liberados pela decomposição de dejetos animais em ambientes abertos. A tecnologia também promove a destinação sustentável de resíduos agropecuários, transformando-os em recursos úteis, como biogás e biofertilizantes, evitando a contaminação do solo e da água. O tratamento adequado reduz a carga poluente no meio ambiente, mitigando os impactos negativos no ecossistema e promovendo ganhos à saúde pública local. Com essas práticas, os biodigestores integram a economia circular e contribuem para o desenvolvimento sustentável das propriedades rurais (SIATKOWSKI et al., 2022; BARBOSA & LANGER, 2011).

Além da mitigação de gases de efeito estufa e da promoção de práticas ambientalmente sustentáveis, os biodigestores desempenham um papel essencial na redução de custos e na geração de benefícios socioeconômicos para as propriedades

rurais. A produção de biogás como fonte de energia renovável substitui combustíveis fósseis e lenha, promovendo maior autonomia energética para as famílias. Essa transição não só reduz os custos com energia, mas também contribui para a diminuição da pressão sobre os recursos florestais, um ponto crucial em regiões como a Amazônia (PEREIRA et al., 2022).

Ademais, o uso de biofertilizantes derivados dos resíduos tratados melhora a qualidade do solo, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos, frequentemente associados à degradação ambiental. Essa prática promove a agricultura regenerativa, ao mesmo tempo em que diminui os gastos dos agricultores com insumos. Conseqüentemente, observa-se o fortalecimento da economia circular, com impacto positivo tanto na produtividade agrícola quanto na preservação dos recursos naturais locais (SILVA & ANDRADE, 2022).

Do ponto de vista social, os biodigestores favorecem a inclusão e o desenvolvimento das comunidades rurais. Projetos de implementação dessa tecnologia frequentemente envolvem capacitação técnica e educação ambiental, fortalecendo o protagonismo dos agricultores familiares na adoção de práticas sustentáveis. Além disso, a possibilidade de comercializar excedentes de biogás e biofertilizantes cria novas oportunidades econômicas, promovendo maior estabilidade financeira para as famílias (PEREIRA et al., 2022; SIATKOWSKI et al., 2022).

Por fim, a combinação desses benefícios ambientais e socioeconômicos faz dos biodigestores uma tecnologia estratégica para a promoção do desenvolvimento sustentável. A sua adoção em larga escala pode transformar a relação das comunidades rurais com o meio ambiente, ao mesmo tempo em que contribui para o combate às desigualdades sociais e econômicas, especialmente em regiões de vulnerabilidade ambiental e socioeconômica (BARBOSA & LANGER, 2011).

## **6 VANTAGENS E DESVANTAGENS**

A implementação de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais oferece uma série de vantagens ambientais e econômicas. Uma das principais vantagens na produção de biogás, uma fonte renovável de energia. Segundo Silva (2018), o biogás gerado pode ser utilizado para atender a diversas necessidades da propriedade, como aquecimento, geração de eletricidade e até como combustível para veículos. Isso reduz os

custos com energia e contribui para a sustentabilidade energética da propriedade. Além disso, o biogás ajuda a diminuir as emissões de gases de efeito estufa, substituindo fontes de energia poluentes, como os combustíveis fósseis. Outra vantagem importante é a produção de biofertilizantes. O digestato, resíduo sólido gerado pelo biodigestor, é rico em nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, essenciais para a fertilidade do solo. O uso de biofertilizantes melhora a qualidade do solo e reduz a dependência de fertilizantes químicos, promovendo uma agricultura mais sustentável (CHERNICHARO, 1997). Além disso, a digestão anaeróbica contribui para a redução de impactos ambientais, como a contaminação de corpos d'água e a emissão de odores provenientes da decomposição de resíduos orgânicos (SILVA, 2018). A gestão eficiente dos resíduos orgânicos transforma um problema ambiental em uma oportunidade econômica, favorecendo a sustentabilidade da propriedade rural.

Apesar dos benefícios, a implementação de biodigestores em propriedades rurais enfrenta desafios que podem se tornar desvantagem se não forem devidamente gerenciados. O principal obstáculo é o alto investimento inicial, necessário para a instalação do sistema, que pode ser um fardo financeiro significativo para pequenos e médios produtores. Segundo CANALRURAL (2017) aponta que o sistema tem custo de implantação alto dificultando o acesso de muitos produtores a essa tecnologia. Além disso, a complexidade operacional do biodigestor exige conhecimentos técnicos para garantir o seu funcionamento adequado. A monitorização das condições anaeróbicas, como temperatura e pH, é crucial para o desempenho eficiente do sistema. A falta de capacitação pode resultar em falhas operacionais, o que comprometeria a produção de biogás e o uso adequado do biofertilizante (SILVA, 2018). Outro problema relacionado é a manutenção constante do sistema. Os biodigestores demandam inspeções regulares e reparos, o que implica em custos adicionais que podem sobrecarregar o produtor. Por fim, a geração de resíduos sólidos, como o digestato, pode ser problemática. Embora o digestato seja útil como fertilizante, ele pode se acumular em grandes quantidades, representando um desafio no gerenciamento e no armazenamento, especialmente se não houver capacidade para aplicá-lo ou comercializá-lo eficientemente (CHERNICHARO, 1997).

**Impactos Positivos:** A principal vantagem ambiental dos biodigestores é a redução das emissões de metano (CH<sub>4</sub>), um potente gás de efeito estufa. Ao capturar o metano durante o processo de biodigestão, o biodigestor evita que o gás seja liberado diretamente

na atmosfera. Além disso, a utilização de biofertilizantes derivados do digestato melhora a qualidade do solo, aumenta a fertilidade e reduz a dependência de fertilizantes químicos, como observa Silva (2018). O uso de biodigestores também previne a contaminação de corpos d'água por dejetos não tratados, contribuindo para a proteção dos recursos hídricos.

**Impactos Negativos:** No entanto, se não forem operados corretamente, os biodigestores podem resultar em vazamentos de metano, o que anularia os benefícios ambientais da implementação do sistema. Além disso, a instalação e operação do biodigestor pode gerar impactos ambientais iniciais, como o consumo de energia e materiais para a construção do sistema. O manejo inadequado do digestato, principalmente o digestato sólido, também pode gerar poluição do solo e acúmulo de resíduos, caso não seja tratado e utilizado de forma eficiente (CHERNICHARO, 1997).

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A produção de biogás em biodigestores está diretamente relacionada à quantidade de resíduos orgânicos disponíveis. Segundo Silva e Santos (2018), cada bovino gera, em média, 25 kg de esterco por dia, que pode ser convertido em cerca de 1,5 m<sup>3</sup> de biogás diariamente por meio do processo de biodigestão anaeróbica. Essa produção depende de fatores como a eficiência do sistema, a composição do substrato e as condições operacionais, especialmente temperatura e tempo de retenção do material no biodigestor.

Para dimensionar um biodigestor basta calcular o volume de esterco por dia com o volume de água e o tempo de retenção. A tabela 1 mostra relação de água e esterco diário.


Tabela 1: Quantidade de dejetos relação esterco/água.

Animal	Esterco por dia (Kg)	Relação esterco/água
Suíno	4.9	1:2
Vaca leiteira	25.0	1:1

Fonte: (FIGUEIREDO, 2017)

Para cada hectares tem em média uma cabeça de gado por hectare, segundo Thays (2022). Calculando para pequenas e medias propriedades rurais temos:

$$((N^{\circ} \text{ animais} \times \text{Esterco diário}) + (\text{Relação esterco/água})) \times \text{Tempo de retenção}$$


$$((4 \times 25) + (100)) \times 30$$

Logo, para 4 hectare é de  $6\text{m}^3$  e para 15 hectares é de  $22,5\text{m}^3$ .

O biogás gerado é rico em metano ( $\text{CH}_4$ ), constituindo uma fonte energética renovável que pode ser utilizada para geração de calor, produção de energia elétrica ou como combustível veicular. Além disso, Silva e Santos (2018) destacam que o uso de biodigestores promove o aproveitamento sustentável dos resíduos animais, reduzindo impactos ambientais e contribuindo para a autossuficiência energética de propriedades rurais.

Outro subproduto importante do processo é o biofertilizante, uma substância rica em nutrientes essenciais como nitrogênio, fósforo e potássio. Esse material pode ser utilizado diretamente no solo como adubo natural, favorecendo o desenvolvimento de culturas agrícolas e reduzindo a dependência de fertilizantes químicos. Segundo os autores, a aplicação do biofertilizante em lavouras permite melhorar a produtividade agrícola e fortalecer práticas de manejo sustentável nas propriedades

Os modelos chinês e indiano se destacam como mais adequados para propriedades com alta frequência de coleta de resíduo animal, como em fazendas leiteiras onde o gado é ordenhado duas vezes ao dia. Essa coleta constante permite que os resíduos sejam regularmente direcionados ao biodigestor, maximizando a eficiência na produção de biogás. De acordo com Silva (2018), esses modelos são ideais para propriedades que geram resíduos orgânicos de maneira contínua e em intervalos curtos, viabilizando o processo de biodigestão e a geração de energia renovável

O custo de construção e implementação de biodigestores modelo chinês pode variar entre R\$ 5.000,00 e R\$ 15.000,00 para propriedades com 20 a 50 bovinos, dependendo da capacidade e dos materiais usados, como PVC e plástico, tornando o modelo mais acessível em comparação com outros tipos. Além disso, a quantidade de dejetos gerados influencia diretamente a produção de biogás, que pode ser utilizada para gerar energia térmica ou elétrica, contribuindo para a autonomia energética da propriedade. Segundo Silva e Santos (2018), o modelo chinês é viável para pequenas e médias propriedades rurais, oferecendo uma solução sustentável e econômica para gestão de resíduos e produção de energia renovável

Os biodigestores oferecem diversos benefícios para propriedades rurais, incluindo a produção de biogás, uma fonte renovável de energia, e biofertilizantes, que melhoram

a qualidade do solo e reduzem a necessidade de fertilizantes químicos. Além disso, contribuem para a redução das emissões de gases de efeito estufa e previnem a contaminação de recursos hídricos. No entanto, desafios como o alto custo inicial, a complexidade operacional e a manutenção constante podem representar malefícios, caso não sejam devidamente gerenciados. A gestão do resíduo orgânico tratado também pode ser uma preocupação, principalmente em propriedades menores.

## **8 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pesquisa teve como objetivo analisar biodigestores adequados para pequenas e médias propriedades rurais. Os principais modelos estudados foram os biodigestores indiano e chinês, ambos eficientes e com poucos requisitos de manutenção.

Os resultados mostraram que esses modelos são soluções viáveis, com o modelo chinês sendo recomendado para propriedades menores e com menor capacidade de investimento.

A hipótese inicial sobre a viabilidade técnica e econômica foi validada, pois esses biodigestores atendem às necessidades dessas propriedades. Sugestões incluem a realização de estudos comparativos e investigações sobre novos materiais sustentáveis.

As possíveis dificuldades a ser enfrentadas incluíram a escassez de dados técnicos, altos custos de instalação, variações regionais e a falta de mão de obra especializada.

## REFERÊNCIAS

ANGELIDAKI, I; AHRING, B.K. **Performance Improvement for Sisal Waste Anaerobic Biodegradation by Digester Redesign and Feed Size Reduction Scientific Research**, 2015. Disponível em: <<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1570054>>. Acesso em 10 de maio 2024.

BERNANDES, E. **Viabilidade econômica da geração distribuída com biogás: Aplicada ao meio rural**. 2020, 150. Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica - Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia MG, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/30311/1/ViabilidadeEconomicaGeracao.pdf>> Acesso em 18 de maio de 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, **Pecuária Abastecimento. Instrução Normativa nº 21**. Regoola, 2017. Disponível em: <<https://alimentusconsultoria.com.br/instrucao-normativa-21-maio->>. Acesso em: 20 de maio de 2024.

CARVALHO, J. **Biodigestores veja como funcionam, suas aplicações e todos os benefícios que essas maravilhas nos proporcionam**. Oak energia, 2021. Disponível em: <<https://oakenergia.com.br/biodigestores/>>. Acesso em 18 de maio de 2024

LANGERGRABER G.; MUELLEGGER, E. **Ecological Sanitation - A way to solve global sanitation problems? ResearchGate**, 2005. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/8000039\\_Ecological\\_Sanitation\\_-\\_A\\_way\\_to\\_solve\\_global\\_sanitation\\_problems](https://www.researchgate.net/publication/8000039_Ecological_Sanitation_-_A_way_to_solve_global_sanitation_problems)>. Acesso em 18 de maio de 2024.

PEDROSO, Enio. **Destinação e armazenagem de resíduo sólidos em propriedades rurais**. 2010, 46. Universidade de Federal do Rio Grande do Sul 2010.

PEDROSO, Maria. **A agricultura familiar no Brasil: Da promessa inicial aos impasses do presente**. Rev. Econ. NE, Fortaleza, v. 45, p. 6-17, 2014.

PORTES, Zara. **Aplicativo computacional para projetos de biodigestores rurais**. 2005, Dissertação. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Faculdade de Ciência Agrônomicas Campus de Botucatu. 2005.

Santos, Felipe. **PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM BIODIGESTOR DE BAIXO CUSTO PARA PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS**. 2023. 53 Monografia (Graduação) - Instituto Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus, Coordenadoria de Curso Superior de Engenharia Mecânica, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/2932>

SILVA, J. **Gestão de resíduos sólidos em empreendimentos comerciais urbanos e potencialidade de uso energético**. Revista gestão & sustentabilidade Ambiental, 2020. Disponível em: [https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/8266/5523](https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/8266/5523). Acesso em 18 maio 2024

THAYS. **Quantas cabeças de gado por hectare?** TecBov, [s.d.]. Disponível em: <https://tecbov.com.br/quantas-cabecas-de-gado-por-hectare/#:~:text=Em%20um%20sistema%20de%20confinamento,cabe%C3%A7as%20de%20gado%20por%20hectare>. Acesso em 7 janeiro 2025

GONÇALVES, Aryelton Dias; SANTOS, Douglas Melo; OLIVEIRA, Gabriel Sander Pereira de; FERREIRA, Jhonata Igor Carvalho; GABRIEL, Leandra de Campos.

**Dimensionamento e análise da viabilidade técnica e econômica de um biodigestor tubular.** Arcos-MG, 2018. Disponível em:

<https://tecbov.com.br/quantas-cabecas-de-gado-por-hectare/>. Acesso em: 7 janeiro. 2025.

CANAL RURAL. **Gasto com biodigestor compensa com economia de energia, dizem produtores.** Canal Rural, [s.d.]. Disponível

em: <https://www.canalrural.com.br/programas/rural-noticias/gasto-com-biodigestor-compensa-com-economia-energia-dizem-produtores-68350/>. Acesso em: 9 janeiro. 2025.

SILVA, Wandenússia de Oliveira. **Análise da viabilidade econômico-financeira da implantação e operação de um biodigestor caseiro a partir do aproveitamento de dejetos bovinos em uma comunidade rural no município de Aurora/CE.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia) – Instituto Federal da Paraíba, Cajazeiras. Disponível em:

[https://repositorio.ifpb.edu.br/bitstream/177683/1446/1/TCC%20-](https://repositorio.ifpb.edu.br/bitstream/177683/1446/1/TCC%20-%20Wanden%20de%20Oliveira%20Silva.pdf)

[%20Wanden%20de%20Oliveira%20Silva.pdf](https://repositorio.ifpb.edu.br/bitstream/177683/1446/1/TCC%20-%20Wanden%20de%20Oliveira%20Silva.pdf). Acesso em: 7 janeiro. 2025.

FELIPE, Fábio Felipe de Lima. **Análise e aplicação de biodigestores como alternativa sustentável para o tratamento de resíduos orgânicos em propriedades rurais.** 2020.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Minas Gerais, Arcos. Disponível em: <https://www.ifmg.edu.br/arcos/cursos-1/graduacao-1/engenharia-mecanica/repositorio-de-tcc/TCCFelipeF.L.versobiblioteca.pdf>.

Acesso em: 5 janeiro. 2025. COSTA, Ana Paula et al.

**Produção de biogás: influência da temperatura no desempenho de biodigestores.** Revista Nativa, v. 7, n. 5, p. 463-467, 2019. Disponível em:

<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/3219>.