

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

ETEC PROFESSOR CARMELINO CORREA JUNIOR

Técnico Meio Ambiente

Evelyn de Oliveira

Pedro Henrique Pereira Soares

Rosemeire Luchesi

USO DO BIODIGESTOR EM PROPRIEDADES RURAIS

Franca-SP

2024

Evelyn de Oliveira
Pedro Henrique Pereira Soares
Rosemeire Luchesi

USO DO BIODIGESTOR EM PROPRIEDADES RURAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Meio Ambiente da Etec Professor Carmelino Correia Júnior, orientado pelo professor Marcio Fernando Silveira Rodrigues, como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em Meio Ambiente

Franca-SP

2024

Resumo

O biodigestor é um sistema fechado que degrada matéria orgânica por meio da ação de bactérias anaeróbias. Esses sistemas geralmente incluem uma entrada para a matéria orgânica, um tanque onde ocorre a digestão e mecanismo para a saída do biogás e a retirada do biofertilizante. A classificação dos biodigestores varia de acordo com o modo de operação: Sistema Contínuo: Nesse sistema, o abastecimento com material orgânico é periódico e contínuo, assim como a saída do substrato já tratado. Sistema em Batelada: Nesse caso, o biodigestor recebe um volume total de material orgânico, que é retido até o final do processo de degradação e, posteriormente, retirado. Qualquer material orgânico (biomassa) pode ser convertido em energia mecânica, elétrica ou térmica no biodigestor. A biomassa pode ter diversas origens, incluindo florestal (madeira), agrícola (arroz, soja, cana-de-açúcar), excrementos de animais e dejetos industriais e urbanos (líquidos ou sólidos). As principais biomassas identificadas são de origem de esterco animal (suíno e bovino) e vegetal (milho, feijão-fava, arroz e mandioca). O acúmulo de nutrientes nos estercos de suínos é abundante, contendo uma mistura de nitrogênio, é aplicado como fertilizante na agricultura.

Palavras-chave: biodigestor, bactérias anaeróbias, biogás, biofertilizante, matéria orgânica, esterco animal, vegetal.

Summary

The biodigester is a closed system that degrades organic matter through the action of anaerobic bacteria. This system usually includes an inlet for the organic matter, a tank where digestion takes place, and mechanisms for the exit of the biogas and the removal of the biofertilizer. The classification of biodigesters varies according to the mode of operation: Continuous System: In this system, the supply with organic material is periodic and continuous, as well as the output of the substrate already treated. Batch System: In this case, the biodigester receives a total volume of organic material, which is retained until the end of the degradation process and, subsequently, removed. Any organic material (biomass) can be converted into mechanical, electrical or thermal energy in the biodigester. Biomass can come from a variety of sources, including forest (wood), agricultural (rice, soybeans, sugarcane), animal droppings, and industrial and urban waste (liquid or solid). The main biomasses identified are of animal (pig and cattle) and vegetable (corn, beans, lima beans, rice and cassava) manure. The accumulation of nutrients in pig manure is abundant, containing a mixture of nitrogen, phosphorus and potassium. Nitrogen, in particular, is applied as a fertilizer in agriculture.

Keywords: biodigester; anaerobic bacteria; biogas; biofertilizer; organic matter; animal manure; vegetable

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	5
2	BIODIGESTOR	5
2.1	tipos de biodigestores	7
2.2	por que vale a pena investir	8
2.3	diferentes quantidades de resíduos	8
3	DIGESTÃO ANAERÓBIA	9
4	BIOGÁS E BIOFERTILIZANTE	10
5	USO SUSTENTÁVEL DE BIODIGETORES	13
6	VANTAGENS DE TER UM BIODIGESTOR	16
6.1	Geração de Energia	16
6.2	Produção de Biofertilizante e Redução de Custos.....	16
6.3	Desenvolvimento Sustentável.....	17
7	INCENTIVOS FINANCEIROS.....	18
	REFERÊNCIAS	

1 INTRODUÇÃO

Em uma perspectiva de um fazendeiro pode ser uma boa opção ter um biodigestor em sua propriedade.

O biodigestor é um equipamento usado para acelerar a decomposição de matéria orgânica. Formado por uma câmara onde os resíduos orgânicos são colocados, e com a falta de oxigênio, passam pelo processo de biodigestor anaeróbia, com isso resulta na transformação de biomassa em biogás abundante em metano.

O uso do gás com a função de transformar em energia é uma boa forma de redução dos gastos, sendo a tecnologia dos biodigestores para o desenvolvimento de energia a partir de dejetos da agropecuária em propriedades rurais e os privilégios que o tratamento e uso desses rejeitos podem trazer à agricultura e ao meio ambiente, com a criação de biogás e biofertilizantes.

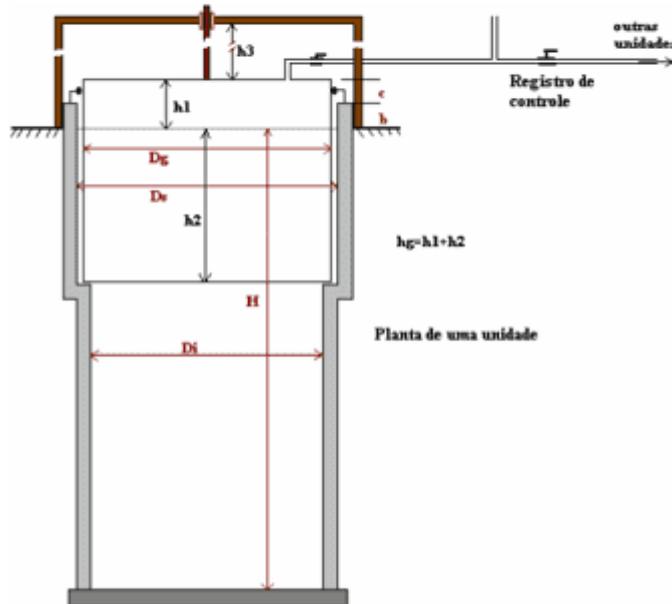
Em propriedades rurais é uma vantagem ter um biodigestor, podendo diminuir a contaminação do solo, água e ar além de dar uma utilidade a dejetos animais tendo como um benefício ambiental, benefícios sociais evitando a proliferação de pragas e doenças pela falta de saneamento básico. Além dos econômicos que conseguem ser verificados por meio da geração de energia e uso de biofertilizantes de grande relevância para as pastagens e adubação em geral.

REFERENCIAL TEÓRICO

2 BIODIGESTOR

O biodigestor é um sistema fechado onde é feita a degradação da matéria orgânica por ação de bactérias anaeróbia, que geralmente conta com um sistema de entrada de matéria orgânica, um tanque onde ocorre a digestão e um mecanismo para saída do biogás e outro para retirada do biofertilizante.

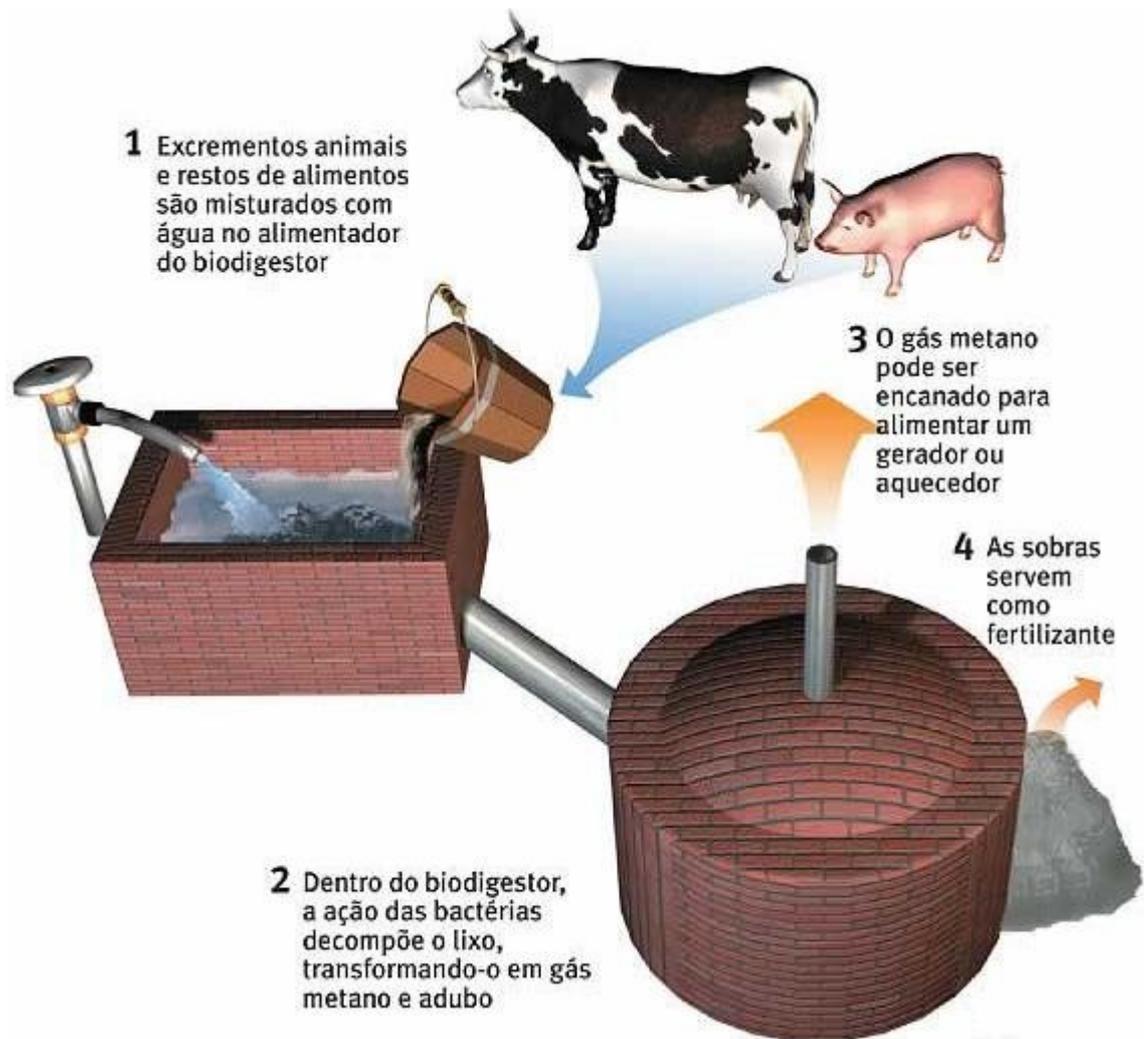
A classificação dos biodigestores varia de acordo com o modo de operação, que pode ser contínuo ou batelada. No sistema contínuo, os abastecimentos com o material orgânico a ser tratado são periódicos e contínuos, assim como a saída do substrato já tratado. Já o sistema em batelada recebe um volume total, sendo este retido até o final do processo de degradação, e posteriormente retirado (SOARES et al., 2017).



Biodigestor modelo batelada. (Foto: AB Araújo)

No biodigestor qualquer material orgânico (biomassa) tem condições de ser convertido em energia mecânica, elétrica ou térmica. A biomassa possui diversas origens: florestal (madeira), agrícola (arroz, soja, cana-de-açúcar, etc), excrementos de animais e dejetos industriais e urbanos (líquido ou sólido) (NETO et al., 2010).

Nos municípios do Maciço de Baturité as principais biomassas identificadas são de origem de esterco animal (suíno e bovino) e vegetal (milho, feijão, feijão-fava, arroz e mandioca). Segundo Baungratz et al. (2013) o acúmulo de nutrientes nos estercos de suínos é abundante em função de sólidos sendo este uma mistura de nitrogênio, fósforo e potássio. O nitrogênio por sua vez é uma substância em maior quantidade e comumente aplicado como fertilizante na agricultura.



FONTE: Pedro Coelho, engenheiro químico, engenheiro de segurança do trabalho

O biodigestor é considerado uma alternativa viável e sustentável, pelo fato de ser projetado de acordo com a quantidade de resíduos gerados por uma propriedade rural. Os resíduos orgânicos oriundos das atividades agrícolas podem ser tratados através da digestão anaeróbia dentro do biodigestor, produzindo energia renovável e adubo orgânico, contribuindo para a geração de receitas, redução dos danos ambientais e a melhoria da qualidade de vida das pessoas que vivem principalmente na zona rural, além de o adubo orgânico estimular a reciclagem de nutrientes para as plantas (TOLLER, 2016).

2.1 tipos de biodigestores

A — Biodigestor tipo batelada: É um sistema onde a alimentação é feita intermitentemente, ou seja, os resíduos orgânicos são adicionados em uma quantidade específica de cada vez e a digestão ocorre em ciclos. É um tipo de biodigestor mais simples e com baixo custo de instalação.

B — Biodigestor contínuo: É um sistema na qual a alimentação é feita continuamente, permitindo um processo constante de digestão. É um tipo de biodigestor mais adequado para operações em grande escala.

C — Biodigestor de fluxo ascendente: É um sistema onde a alimentação é adicionada na parte inferior do biodigestor e os resíduos são empurrados para cima pela pressão gerada pela produção de biogás. É um tipo de biodigestor mais adequado para resíduos com alto teor de sólidos.

D — Biodigestor de fluxo descendente: É um sistema na qual a alimentação é adicionada na parte superior do biodigestor e os resíduos são empurrados para baixo pela gravidade. É um tipo de biodigestor mais adequado para resíduos com baixo teor de sólido.

E — Biodigestor UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket): É um sistema que utiliza lodo anaeróbio para tratar resíduos orgânicos e produzir biogás. É um tipo de biodigestor mais eficiente em termos de espaço e tempo de retenção hidráulica.

Cada tipo de biodigestor possui suas próprias vantagens e desvantagens, e a escolha do tipo ideal depende das

necessidades e condições específicas de cada situação. (wertambiental.com.br)

2.2 Por que vale a pena investir

Bem, apresentando os benefícios do biodigestor e o porquê de se fazer o projeto para ele, é hora de entender o retorno financeiro. Segundo o professor Gleysson, do canal “Portal do Biogás” os biodigestores no Brasil se pagam, em média, entre 2 a 4 anos. Isso significa que terá o retorno financeiro ao passar desse tempo. Se você pensar em questão de 10 anos, você já teria o valor investido economizado entre 3 a 5 vezes! Além disso, o governo federal disponibiliza linhas de crédito (empréstimos) para que seja feito esse tipo de investimento sustentável!

2.3 . Diferentes quantidades de resíduos

Diferentes quantidades de resíduos e a necessidade de biogás demandam um modelo de biodigestor adaptado à realidade da propriedade.

Existem biodigestores de produção descontínua e contínua. Na produção descontínua, uma carga de dejetos é inserida no biodigestor, que é totalmente

fechado, sendo reaberto somente após a produção do biogás, havendo a retirada do biofertilizante e um novo ciclo é iniciado.

Este processo leva longos períodos (semanas e até mesmo meses). O modelo de biodigestor mais aplicado é o tubular com manta plástica.

Na produção contínua, a biomassa é colocada ao mesmo tempo em que o biofertilizante é retirado, sem que haja necessidade de abertura do equipamento. Os mais utilizados são os modelos indiano e chinês.

A localização do biodigestor deve ser feita de maneira a facilitar a distribuição do biogás pela propriedade, diminuindo os custos com armazenamento e transporte do gás. Instalar o biodigestor atrás do local de manejo é uma opção atraente, de modo que o biogás fabricado pode ser utilizado diretamente no local, demandando menos tubulações e evitando perdas de gás.

Para otimizar a biodigestão, os dejetos devem ser manejados de forma a manter as seguintes concentrações de sólidos totais: (Biodigestores - Portal Embrapa)

- Aves – 7 a 9 %
- Suínos – 8 a 10 %
- Bovinos – 10 a 12 %

3 DIGESTÃO ANAERÓBIA

A digestão anaeróbia é definida como a atividade de uma associação de microrganismos, perante condições anaeróbias e controladas de operação, tendo como objetivo a conversão biológica da matéria orgânica complexa em compostos químicos mais simples, principalmente metano, o qual foi descoberto em 1776 pelo italiano Alessandro Volta, através da observação de bolhas que resultavam da decomposição de restos vegetais presentes em áreas alagadas, passando, em primeira instância, a ser denominado como “gás dos pântanos (BARICHELLO et al., 2015).

Teoricamente, qualquer material orgânico pode ser utilizado na digestão anaeróbica, porém os mais comuns são: esterco fresco de bovino, esterco seco de suíno e esterco seco de aves, sendo este último o que apresenta o maior rendimento por m³ de biogás (0,43 m³ de biogás por quilo de esterco) (SILVA et al., 2005). Além

destes, têm-se resíduos vegetais, resíduos de abatedouros, esgoto, resíduos de cervejaria e vinícolas, soro do queijo, etc.

A fermentação da biomassa ocorre em um ambiente sem a presença de oxigênio, onde os microrganismos degradam o material orgânico. Os microrganismos responsáveis pelo processo de estabilização da matéria orgânica via digestão anaeróbia podem ser divididos em quatro etapas principais: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (SOARES et al., 2017)

As bactérias fermentativas hidrolisam os complexos orgânicos através da liberação de enzimas extracelulares e os produtos originados são absorvidos pelos mesmos grupos de bactérias resultando na formação de ácidos graxos de cadeia curta, hidrogênio e dióxido de carbono. Os produtos provenientes das bactérias fermentativas são utilizados pelas bactérias acetogênicas, que irão produzir hidrogênio, dióxido de carbono e acetato. Por sua vez, a ação das bactérias acetogênicas serve de alimento para as bactérias metanogênicas, que, ao se alimentarem destes substratos, produzem o biogás (CALDEREIRO, 2015).

A digestão anaeróbia pode ser afetada por diferentes fatores, os quais estão relacionados com o substrato, as características do biodigestor, bem como as condições de operação. Se um determinado fator provoca desequilíbrio no processo, este se deve principalmente a uma maior sensibilidade das bactérias metanogênicas, que deixam de produzir o metano, ocasionando o aumento na concentração dos ácidos orgânicos voláteis e de outros produtos intermediários, inibindo ainda mais a produção do biogás (SOARES et al., 2017).

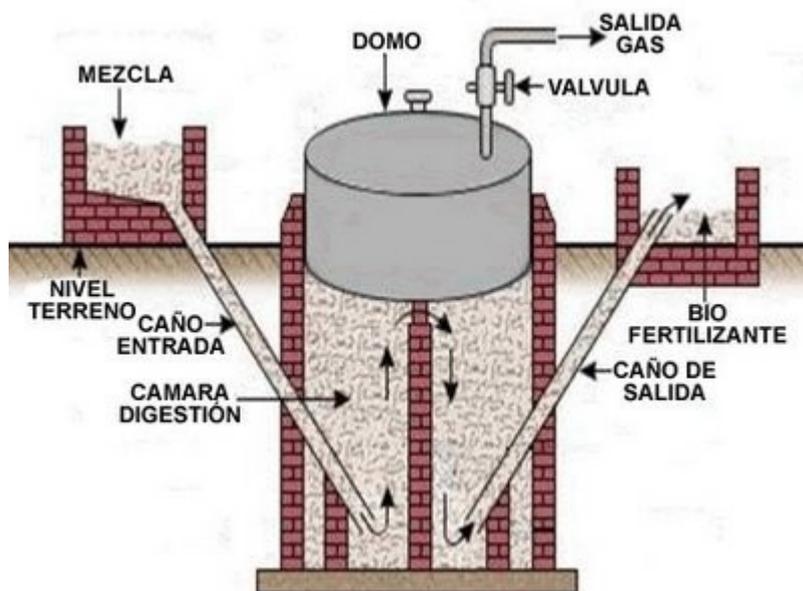
4 BIOGÁS E BIOFERTILIZANTE

De acordo com Gaspar (2003) o biogás foi descoberto muito antes da primeira instalação que produzia gás combustível, por volta de meados do século XIX. O autor ressalta que a existência do gás metano foi revelada a partir do ano de 1776 através de pesquisas do italiano Alessandro Volta que o chamou de “gás dos pântanos” como produto da deterioração de vegetais em ambientes confinados.

Com a crise energética entorno do mundo em 1973 o biodigestor foi aderido como fonte de obtenção do gás tanto por países desenvolvidos e em desenvolvimento, sendo que a China e a Índia acentuaram seu uso (GASPAR, 2003). No Brasil a ideia foi disseminada neste mesmo período. Para reduzir a dependência

por petróleo o governo aderiu ao Programa de Mobilização Energética – PME (1980-1984), para investimento e supressão do insumo e seus derivados. Nesse momento os biodigestores foram postos através de financiamentos ou doações de materiais para instalação (PALHARES, 2007).

Palhares (2007) confirma que em 1982 em Santa Catarina haviam 236 biodigestores, sendo em grande maioria do modelo indiano. A Emater (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural) contabilizou em 1984 com um total de 3.000 biodigestores no país, sendo a maior parte do tipo indiano e foram utilizados para a biodigestão de esterco de origem bovina. O biogás ganhou força no advento da crise do Petróleo, porém já se produzia desde os anos de 1940 quando padres instalaram biodigestores nas comunidades em que se dedicavam.



FONTE: Pedro Coelho, engenheiro químico, engenheiro de segurança do trabalho

O termo biogás é utilizado para denominar o produto obtido a partir da decomposição anaeróbia de resíduos orgânicos. Sua composição é a porcentagem de gases, varia de acordo com o substrato que é degradado pelas bactérias anaeróbias, as condições de funcionamento da biodigestão, bem como o tipo de biodigestor utilizado, temperatura, pH entre outros fatores (SOARES et al., 2017).

A partir de vinte dias o metano começa a ser produzido e vai dando sequência até a terceira semana, após esse período há diminuição dos processos fermentativos em aproximadamente noventa dias. A composição do biogás possui metano (CH₄) percentual de 50 a 70%; gás carbônico (CO₂) com 35 a 40%; hidrogênio (H₂) cerca de 1 a 3%; oxigênio (O₂) entre 0,1 a 1%; e os outros gases em torno de 1,5 a 8%. Para que haja um biogás de boa eficiência o teor de metano precisa ser acima do teor de dióxido de carbono, portanto haverá uma energia abrangente sendo viável para iluminação, fogão, geladeiras, veículos de pequeno a grande porte e diversas finalidades (BONTURI; DIJK, 2012).

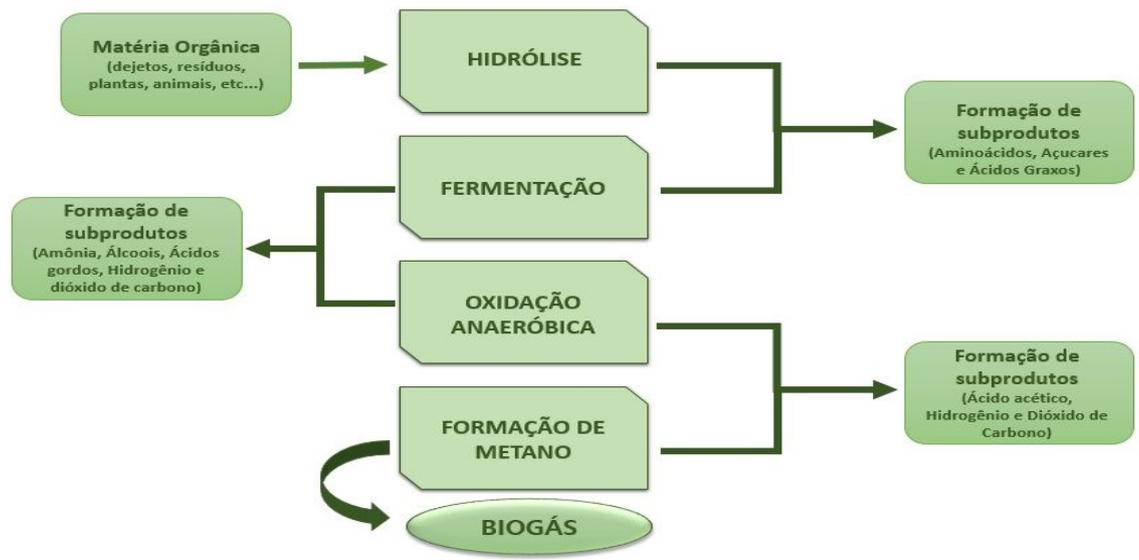
A biomassa, depois de fermentada, deixa o interior do biodigestor em forma líquida, o chamado biofertilizante. Com grande quantidade de material orgânico, é excelente para a fertilização. Com a aplicação deste no solo, melhoram-se as qualidades biológicas, químicas e físicas do mesmo. A digestão anaeróbia aumenta o teor de NH₄-N (Nitrogênio) e diminui o teor de carbono do estrume animal (BARICHELLO et al., 2015).

A composição média do biofertilizante é de 1,5 a 4,0% de nitrogênio, 1,0 a 5,0% de fósforo e 0,5 a 3,0% de potássio, além de apresentar outros nutrientes como: cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre ferro, manganês, molibdênio e zinco, o que lhe garante inegáveis vantagens para utilização como complemento ou substituição dos adubos nitrogenados químicos (OLIVEIRA, 2011).

O biofertilizante é um resíduo aquoso de natureza orgânica, que pode ser usado na fertilização do solo fornecendo os principais nutrientes para o crescimento das plantas, podendo ser aplicado diretamente na forma líquida ou desidratada, dependendo das condições locais de infraestrutura e necessidade da propriedade rural (MARQUES et al., 2014). Além de apresentar pH na faixa de 7 a 8, geralmente em torno de 7,5, levemente alcalino, proporcionando o crescimento de microrganismos benéficos para o desenvolvimento das plantas (OLIVEIRA, 2011).

O biofertilizante possui um poder de fixação dos sais é maior que das argilas, sendo responsável direto pela maior parte da nutrição das plantas, com até 58% da capacidade total de troca de bases do solo. Estabiliza os agregados de modo que resistam à ação desagregadora da água, absorvendo as chuvas mais rapidamente, evitando a erosão e conservando a terra por mais tempo (BARICHELLO et al., 2015).

A economia financeira obtida através do aproveitamento do biogás e biofertilizante gerado, melhoria ambiental, bem como ganhos sociais, estão dentre os benefícios pretendidos com a implementação desses sistemas de tratamento utilizando a tecnologia do biodigestor (SOARES et al., 2017). (<https://revistaea.org/artigo.php?idartigo=3347>)



FONTE: <https://www.infoescola.com/combustiveis/biogas>

5 USO SUSTENTÁVEL DE BIODIGETORES

Considerando as tendências de ampliação da produção agropecuária nas próximas décadas e a intensificação das discussões sobre seus efeitos em relação as mudanças climáticas, esta pesquisa buscou compreender como o uso de biodigestores em propriedades rurais pode promover a sustentabilidade e a mitigação de gases de efeito estufa (GEE). Para operacionalização, foi realizado um estudo qualitativo com realização de entrevistas com especialistas e produtores agropecuários e observações não participantes nas propriedades rurais. Nos resultados observa-se que o biodigestor é eficiente na remoção de carga orgânica, promovendo a sustentabilidade com benefícios em suas três dimensões. Ele melhora a qualidade de vida das famílias agropecuaristas, agrega valor para o proprietário rural a partir da geração do biogás e biofertilizante e contribui para a qualidade do meio ambiente na área rural evitando a contaminação da água e do solo e reduzindo

a utilização de fontes não renováveis de energia, além de auxiliar na redução de GEE ao retirar dos espaços abertos as fontes de gás metano.

Benefícios ambientais, sociais e econômicos e contribuição do uso dos biodigestores para a redução de GEE Conforme pode ser observado nas discussões anteriores, diversos benefícios são evidenciados considerando a utilização de biodigestores em relação aos três pilares da sustentabilidade. De acordo com a percepção dos especialistas e produtores rurais, no pilar social, a utilização do biodigestor apresenta melhor qualidade de vida no ambiente rural, visto que melhores condições de saneamento são proporcionadas pela redução do mau cheiro e da propagação de insetos que podem ser vetores de doenças, gerando melhor bem-estar das famílias e vizinhos das propriedades. A melhor qualidade de vida também pode ser denotada na redução do trabalho manual antes dispendido no manejo dos resíduos. No pilar econômico destaca-se que, apesar do investimento inicial elevado, o biodigestor viabiliza a economia na propriedade por produzir dois produtos dotados de valor econômico que podem reduzir gastos com energia elétrica, gás de cozinha, gás para aquecimento de água e adubos químicos. Além disso, com a descentralização do sistema, é diminuída a vulnerabilidade das propriedades às quedas de energia que, inevitavelmente, causariam prejuízos à produção. Por fim, o aumento da produtividade a partir da utilização do biofertilizante também pode resultar em ganhos econômicos. Em relação ao pilar ambiental, o biodigestor proporciona a redução da emissão de GEE e apresenta uma grande capacidade para diminuir a poluição gerada pelo setor, melhorando a qualidade da água, superficial e subterrânea em nível local e regional, e do solo, dada a disposição adequada dos dejetos. Além da redução da poluição causada pelos dejetos de animais, a produção de energia elétrica em decorrência do biogás reduz a dependência de outras fontes de energia provenientes de combustíveis fósseis. Em comparação a outras formas de adubação, como as realizadas a partir de fertilizantes químicos. De modo indireto, destaca-se ainda a redução no corte de árvores devido a substituição do uso de fogões a lenha pela disponibilidade do biogás. Benefícios sociais, econômicos e ambientais resultantes da utilização dos biodigestores também são evidenciados na literatura, como a melhora no poder econômico e saneamento básico das propriedades (CORTEZ et al., 2022); a minimização dos problemas ambientais, reciclagem de nutrientes e resultados econômicos em virtude da possibilidade da venda de créditos

de carbono (ALCÓCER et al., 2020); e a utilização de energia limpa nas propriedades (PARIHAR et al., 2019). Com o biodigestor e a consequente queima do biogás para fins energéticos, os gases podem ser tratados, diminuindo os impactos causados pelo setor agropecuário e contribuindo para a redução do aquecimento global.



FONTE: <https://www.mundoisopor.com.br/sustentabilidade/pilares-da-sustentabilidade>

O Brasil ocupa a quinta posição entre os maiores emissores de metano do mundo, ficando atrás da China, Estados Unidos, Rússia e Índia. A principal fonte de emissão no país é a pecuária, especialmente, devido à fermentação entérica dos animais. Além disso, o tratamento de resíduos e as queimadas também contribuem significativamente para as emissões de metano (ALENCAR, et al., 2022). O metano corresponde a aproximadamente 16% das emissões totais de gases de efeito estufa (GEE) quando convertidas para CO₂ (UNEP, 2021). Esse gás tem uma vida útil relativamente curta na atmosfera, com um tempo de decaimento de menos de 20 anos. Portanto, qualquer esforço para reduzir as emissões de metano pode ter um impacto mais imediato na temperatura global, ampliando a oportunidade de alcançar as metas preestabelecidas nas Conferências Mundiais. As emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) ocorrem em diversas atividades humanas e setores da economia. No setor agrícola, especificamente, essas emissões são significativas, correspondendo a cerca de 12% do total de emissões globais. No Brasil, a agricultura é responsável por 35% das emissões de GEE no país. A pecuária é o principal setor

emissor dentro da agricultura, sendo responsável por aproximadamente 70% das emissões totais. As atividades pecuárias, como o manejo de esterco e a fermentação entérica, são fontes importantes de emissões de gases como metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e dióxido de carbono (CO_2). Essas emissões têm impactos negativos no aquecimento global e podem causar problemas ambientais, como a contaminação do solo e da água por metais pesados presentes nos dejetos animais (SIATKOWSKI, et al., 2022). Para enfrentar esse desafio, é necessário adotar soluções sustentáveis que considerem aspectos ambientais, sociais e econômicos (OLAWUMI; CHAN, 2018; KLARIN, 2018). Uma alternativa tecnológica promissora é a utilização de biodigestores, que consistem em câmaras herméticas capazes de realizar a digestão anaeróbica de biomassas, incluindo resíduos orgânicos da agricultura e dejetos animais (BATTINI et al. 2014). Essa tecnologia desempenha um papel importante na redução das emissões de GEE, evitando a liberação de metano proveniente de fontes abertas, além de contribuir para a produção de energia limpa na forma de biogás e biofertilizantes (CHENG; MCCARL; FEI, 2022).

O biogás pode ser utilizado como combustível, enquanto o biofertilizante apresenta-se como uma alternativa sustentável e econômica aos fertilizantes químicos convencionais (PARIHAR et al., 2019; CORTEZ et al., 2022). A implementação de tecnologias eficientes e o uso de energias renováveis nas atividades agrícolas são medidas importantes para reduzir as emissões de GEE e promover a sustentabilidade no setor agropecuário (ALI et al., 2021; AYYILDIZ; ERDAL, 2021; TEIXEIRA; PESSOA, 2022). A literatura científica tem investigado os benefícios ambientais e a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) associados aos biodigestores na agropecuária. Estudos como o de Siatkowski et al., 2022 e Carvalho, et al. 2017 têm analisado o potencial desses sistemas em mitigar as emissões de metano, um gás de efeito estufa potente, proveniente do manejo de resíduos orgânicos na produção animal e vegetal. Além disso, a substituição de combustíveis fósseis pelo biogás produzido pelos biodigestores contribui para a redução das emissões de dióxido de carbono, promovendo uma maior sustentabilidade no setor agropecuário. Esta revisão narrativa propõe uma análise abrangente dos estudos científicos existentes sobre o papel dos biodigestores na agropecuária para a mitigação das mudanças climáticas, com foco nos benefícios ambientais e na redução de emissões de gases de efeito estufa. A revisão narrativa é uma abordagem que permite sintetizar e interpretar os principais achados dos estudos

selecionados, fornecendo uma visão integrada e crítica sobre o assunto. O objetivo foi fornecer uma visão abrangente dos benefícios dos biodigestores na agropecuária, bem como, dos impactos na redução das emissões de GEE. Além disso, busca-se identificar as lacunas de conhecimento e os desafios relacionados à implementação e adoção generalizada dos biodigestores no contexto agropecuário. Essa revisão contribuirá para o avanço do conhecimento científico nessa área, fornecendo percepções valiosas para pesquisadores, agricultores, formuladores de políticas e outros agentes envolvidos na promoção de práticas sustentáveis na agropecuária. Ao final da revisão, espera-se ter uma compreensão mais aprofundada sobre o papel dos biodigestores na agropecuária para a mitigação das mudanças climáticas, destacando os benefícios ambientais, a redução de emissões de gases de efeito estufa e os desafios a serem enfrentados. Essa compreensão aprimorada será essencial para promover a adoção efetiva dos biodigestores como uma estratégia de mitigação das mudanças climáticas no setor agropecuário.

6 VANTAGENS DE TER UM BIODIGESTOR

6.1 Geração de Energia

A utilização de biodigestores traz benefícios econômicos e financeiros significativos, especialmente em estudos que consideram a escala de biomassa em propriedades rurais ou indústrias. A geração de energia é um dos principais benefícios identificados na literatura. Por exemplo, o estudo de caso de Gomes e Raiher (2013) demonstrou que a produção de energia variou de 221,10 MWh a 580,65 MWh por ano, podendo ser usada na propriedade ou vendida como excedente. Outros estudos, como Barichello et al. (2015), mostraram economia de energia em pequenas propriedades, com geração de 1700 kWh a 5000 kWh por mês. Além disso, o uso de biodigestores pode substituir ou diversificar a energia fornecida pelas concessionárias (MONTORO et al., 2013; SILVA; CIRANI, 2016; SOSA et al., 2014) (www.editoracientifica.com.br)

6.2 Produção de Biofertilizantes e Redução de Custos

A produção de biofertilizantes é outro benefício importante associado ao uso de biodigestores. Esses biofertilizantes são vistos na literatura como alternativas sustentáveis que geram renda e reduzem os custos das propriedades rurais,

substituindo a adubação química (MONTORO et al., 2013; SILVA; e CIRANI, 2016). Por exemplo, o estudo de Montoro et al. (2017) demonstrou o potencial de produção de 466.550,00 litros de biofertilizante por dia em uma planta de confinamento bovino. É importante realizar estudos comparativos adicionais sobre o uso de biofertilizantes em comparação com dejetos in natura e outros fertilizantes (GARFÍ et al., 2016; GOMES; RAIHER, 2013).

6.3 Desenvolvimento Sustentável

O uso de biodigestores contribui para o desenvolvimento rural sustentável, proporcionando atividades não agrícolas, como destacado por Marin et al. (2016) em um estudo realizado no Condomínio de Agroecologia para Agricultura Familiar no Paraná, Brasil.

Outros benefícios sociais incluem a melhoria da qualidade de vida, especialmente para mulheres e crianças (GARFÍ et al., 2016), a redução do êxodo rural e a promoção da permanência no campo (BARICHELO et al., 2015). Além disso, o biogás gerado pode ser utilizado como substituto para o gás de cozinha (GARFÍ et al., 2016; SOSA et al., 2014). O uso de biodigestores também traz benefícios ambientais significativos. Os resíduos orgânicos, incluindo biomassa de dejetos animais e outros resíduos orgânicos, podem ser adequadamente tratados e destinados, como evidenciado por vários estudos (ANDREAZZI et al., 2015; BARICHELO et al., 2015; GOMES; RAIHER, 2013; MONTORO et al., 2013; SILVA; CIRANI, 2016; SILVA et al., 2016). Além disso, os biodigestores contribuem para a redução de emissões de gases de efeito estufa e podem gerar créditos de carbono (BARICHELO et al., 2015; GARFÍ et al., 2016; SILVA; CIRANI, 2016). A tecnologia limpa e a eco inovação associadas ao uso de biodigestores são analisadas como oportunidades de inovação sustentável (SILVA; CIRANI, 2016; SILVA et al., 2016), trazendo benefícios tanto para a imagem da empresa quanto para o compromisso ambiental e social, ressaltar que um dos principais benefícios é a destinação adequada de resíduos orgânicos, especialmente de dejetos animais.

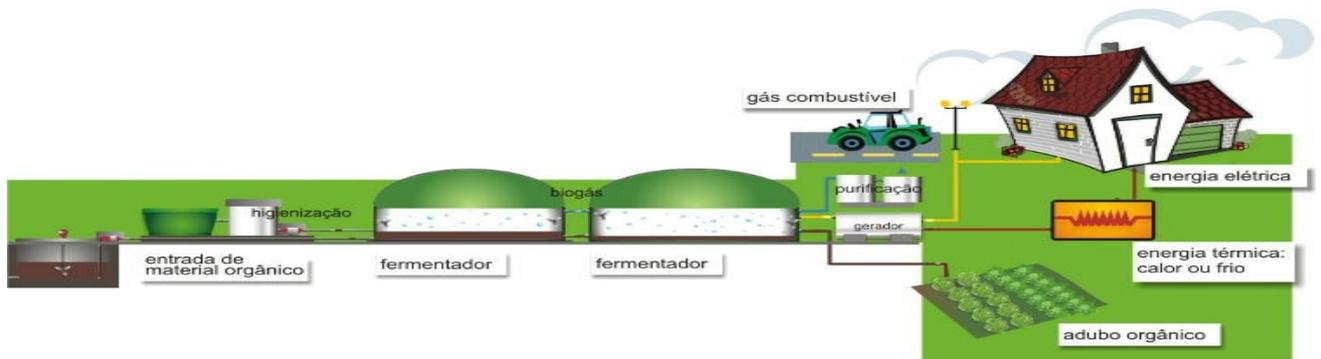
Alguns estudos têm examinado os benefícios do uso de biodigestores em propriedades rurais. Segundo Garcia Junior, Pires e Cunha (2016), a adoção de biodigestores na agricultura e pecuária pode contribuir para uma redução de aproximadamente 40% nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), além de

representar uma fonte adicional de renda para as propriedades rurais. Alcócer et al. (2020) demonstraram que a utilização de biodigestores na suinocultura é uma alternativa sustentável que auxilia na diminuição das emissões de gases de efeito estufa (GEE), mitigação dos impactos ambientais, bem como, na geração de energia renovável e fertilizantes orgânicos. Kulkarni et al. (2021) observaram que a implementação de sistemas de digestão anaeróbica em propriedades rurais de agricultura familiar contribui para a geração de biogás, que é principalmente, utilizado para fins domésticos, como cozimento, iluminação e aquecimento.

Por outro lado, Cortez et al. (2022) demonstraram que o uso de biodigestores tem o potencial de aumentar o poder econômico de pequenos produtores e melhorar as condições de saneamento básico em áreas remotas. Silva et al. (2018), enfatiza o aumento do rendimento na produção de frutas, hortaliças e plantas forrageiras através da utilização de biofertilizantes. Além disso, destaca-se a economia alcançada ao substituir adubos químicos, compostos orgânicos e esterco, que anteriormente precisavam ser adquiridos comercialmente. Essa apresentação e análise dos estudos selecionados fornecem uma visão abrangente dos benefícios ambientais e da redução de emissões de gases de efeito estufa relacionados aos biodigestores. A próxima etapa da revisão narrativa envolverá a discussão crítica desses resultados, apontando lacunas de conhecimento e oferecendo recomendações para pesquisas científicas. (<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1155537/1/o-papel-dos-biodigestores-na-agropecuaria-para-mitigacao-das-mudancas-climaticas-uma-analise-dos-beneficios-ambientais-2023.pdf>)

7 INCENTIVOS FINANCEIROS

Em 2010, como parte dos compromissos brasileiros estabelecidos no Acordo de Copenhague, e em consonância com a determinação da Política sobre Mudanças Climáticas, foi desenvolvido um programa do governo para ajudar na busca da sustentabilidade na área rural, o Programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono). Esse programa financia, entre outras medidas para as atividades rurais, implementação, manutenção e melhoramento de sistemas de tratamento de dejetos e resíduos oriundos de produção animal para geração de energia (o que inclui os biodigestores).



<https://www.ecycle.com.br/biodigestor-rural/>

Concluimos que no ambiente rural o biodigestor se indispensável na propriedades rurais porque é extremamente sustentável, no quesito de menor impacto de matéria orgânica , baixo carbono , produção de energia elétrica e gás de cozinha , tornando assim a propriedade autossustentável



FONTE: <https://www.bgsequipamentos.com.br/biodigestor-rural>

8.CONCLUSÃO

Levando em consideração que o biodigestor é muito importante para as propriedades rurais, pelo fato de acelerar a decomposição da matéria orgânica e produzir o biogás, que é usado como combustível limpo e renovável e pode ser utilizado como fonte de energia elétrica que é uma ótima alternativa. Esse biogás é composto principalmente por metano e dióxido de carbono. Produzindo também biofertilizante que é um produto resultante da decomposição de resíduos orgânicos por meio de processos biológicos. Melhorando também a retenção de água no solo e estimulando a atividade microbiana.

As vantagens de se ter um biodigestor para o meio ambiente: reciclagem dos resíduos orgânicos, redução da poluição ambiental, destinação correta e reaproveitamento de excrementos de animais, obtenção de gás limpo, diminuição do consumo de combustíveis fósseis, produção de fertilizantes com menor impacto ambiental e melhoria na saúde pública.

REFERÊNCIAS

Biodigestor: por que essa solução é ideal para a sua fazenda?. EMAS Jr.consultoria, março 2024

BIODIGESTOR RURAL REDUZ IMPACTO E AUMENTA RENDA DO PRODUTOR, <https://www.biomassabioenergia.com.br/imprensa/tecnologia-de-biodigestor-reduz-impacto-ambiental-e-gera-fonte-de-energia/20150619-090304-n972>, DELGROSSI, Talita. Biodigestores: Embrapa

GOMES, Fredson; BENTO, Márcia; FLORENTINO, Alineaurea; SIMONE, Clecia. **O papel dos biodigestores na agropecuária para mitigação das mudanças climáticas: uma análise dos benefícios ambientais.**

O que é um Biodigestor. Wert ambiental, março 2022

RIBEIRO, Olienaide; CARLOS, Juan; OLIVEIRA, Jangirgledia; ELANNY, Maria; EDUARDO, Carlos. **Uso do biodigestor: uma proposta sustentável na zona rural do maciço de baturité, Ceará.**

TECNOLOGIA DE BIODIGESTOR REDUZ IMPACTO AMBIENTAL E GERA FONTE DE ENERGIA, <https://www.biomassabioenergia.com.br/imprensa/tecnologia-de-biodigestor-reduz-impacto-ambiental-e-gera-fonte-de-energia/20150619-090304-n972>,