

BIODIGESTORES EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS: uma análise da viabilidade econômica para fazendas com consumo de energia de até 500kWh Mensais

BIODIGESTERS ON SMALL RURAL PROPERTIES: An Analysis of Economic Viability for Farms with Energy Consumption of up to 500kWh Monthly

Souza, Miller Luiz de; Guedes, Luiz Carlos Vieira

RESUMO

Este estudo investiga a viabilidade econômica da produção de biogás para microprodutores rurais cujo consumo mensal de energia não ultrapassa 500 kWh. A pesquisa se torna crucial diante dos desafios enfrentados pela malha energética brasileira, especialmente nas áreas remotas e de difícil acesso. O propósito deste artigo é divulgar o acesso ao biogás, especialmente em comunidades rurais onde essa tecnologia ainda não é amplamente difundida. Através da explanação de conceitos essenciais para compreensão, da análise financeira do retorno esperado ao construir um biodigestor e da determinação do número de animais necessário para atingir um consumo de até 500 kWh, observa-se que os três tipos de biodigestores apresentam vantagens competitivas significativas quando comparados com as tarifas praticadas pela Cemig. Notavelmente, para esse perfil de consumo, destaca-se o modelo canadense como a opção mais econômica, com um custo de apenas R\$0,12 por kWh.

Palavras-chave: Biogás. Biodigestor. Viabilidade econômica.

¹ Miller Luiz de Souza, aluno do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas. E-mail: miller.souza@alunos.unis.edu.br

² Luiz Carlos Vieira Guedes, professor do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas. E-mail: guedes@unis.edu.br

¹ABSTRACT

This study investigates the economic viability of biogas production for rural microproducers whose monthly energy consumption does not exceed 500 kWh. Research becomes crucial given the challenges faced by the Brazilian energy grid, especially in remote and difficult-to-access areas. The purpose of this article is to disclose access to biogas, especially in rural communities where this technology is not yet widespread. Through the explanation of essential concepts for understanding, the financial analysis of the expected return when building a biodigester and the determination of the number of animals necessary to achieve a consumption of up to 500 kWh, it is observed that the three types of biodigesters present significant competitive advantages when compared to the tariffs charged by Cemig. Notably, for this consumption profile, the Canadian model stands out as the most economical option, with a cost of just R\$0.12 per kWh.

Keywords: *Biogas. Biodigester. Economic viability.*

1 INTRODUÇÃO

A busca por fontes de energia alternativas e sustentáveis tem se tornado uma prioridade global, impulsionada pela crescente demanda por energia, preocupações ambientais e a necessidade de diversificação da matriz energética. No contexto brasileiro, onde o petróleo é a principal fonte de energia, surgem desafios significativos relacionados ao alto custo, impacto ambiental negativo e à finitude desse recurso. Diante desse cenário, o biogás emerge como uma alternativa promissora e sustentável, produzido a partir da digestão anaeróbica de resíduos orgânicos, especialmente os provenientes da pecuária.

Este artigo tem como objetivo central elucidar o conceito e as características do biogás, além de investigar a viabilidade da produção e utilização do mesmo como fonte de energia elétrica para microprodutores rurais brasileiros, através de revisões bibliográficas. Para tanto, serão abordados diversos aspectos relacionados à sua produção, bem como a análise econômica

da implementação desses sistemas em propriedades rurais. Além disso, este estudo busca contribuir para a compreensão do impacto ambiental positivo que essa alternativa pode proporcionar, ao aproveitar resíduos orgânicos e reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

O Brasil enfrenta desafios significativos no fornecimento de energia elétrica a áreas rurais, com uma parcela considerável de micro produtores sem acesso à eletricidade. Nesse contexto, a pesquisa proposta visa não apenas promover a sustentabilidade ambiental, mas também estimular o desenvolvimento dessas regiões remotas, garantindo o acesso à eletricidade e melhorando a qualidade de vida das comunidades rurais. Visto que, ao diversificar a matriz energética brasileira com fontes renováveis, contribui-se para a mitigação dos impactos ambientais decorrentes da geração de energia.

Sendo assim, este trabalho se apresenta como uma iniciativa relevante e oportuna para abordar questões críticas relacionadas à energia, meio ambiente e desenvolvimento rural, oferecendo subsídios para a tomada de decisões mais sustentáveis no setor energético brasileiro. Ao explorar o potencial do biogás como uma alternativa viável, econômica e ambientalmente responsável, esta pesquisa busca contribuir para um futuro mais sustentável e resiliente, tanto em nível local quanto global.

Ademais, a implementação bem-sucedida de sistemas de geração de energia elétrica a partir de biogás em propriedades rurais pode servir como um modelo replicável em outras regiões do país e até mesmo em contextos internacionais. Ao desenvolver diretrizes práticas para a instalação e manutenção desses sistemas, bem como ao avaliar seu retorno financeiro, este estudo pode influenciar positivamente a adoção de práticas mais sustentáveis em setores rurais e promover a independência energética em comunidades que historicamente enfrentam dificuldades de acesso à eletricidade. Dessa forma, a pesquisa proposta não apenas aborda questões locais e nacionais, mas também contribui para um diálogo global sobre a transição para fontes de energia mais sustentáveis e acessíveis, beneficiando tanto o meio ambiente quanto as comunidades rurais que dependem dessa energia para seu progresso e bem-estar.

2 Biogás

O biogás é um combustível gasoso obtido por meio da decomposição anaeróbica de matéria orgânica, incluindo resíduos agrícolas, esterco animal, lodo de esgoto e outros materiais orgânicos. (Silva, 2020).

Já a decomposição anaeróbica por sua vez, é um processo microbiológico no qual as bactérias anaeróbicas degradam a matéria orgânica, resultando na produção de biogás como subproduto. Esse processo ocorre na ausência de oxigênio e é responsável pela conversão de resíduos orgânicos em compostos mais simples, como ácidos orgânicos, álcool, metano e dióxido de carbono (Mata-Alvarez 2000).

Assim sendo, o processo de digestão anaeróbia apresenta diversos benefícios, não apenas para o tratamento correto dos resíduos orgânicos, como também para o meio ambiente, já que reduz o impacto destes materiais na natureza, gerando um composto que pode ser utilizado para fins agrícolas. Além disso, gera gases que podem ser aproveitados como fonte energética.

A composição típica do biogás varia de acordo com a origem da biomassa e as condições do processo, mas geralmente contém cerca de 50-75% de metano (CH_4) e 25-50% de dióxido de carbono (CO_2), com traços de outros gases como nitrogênio (N_2), sulfeto de hidrogênio (H_2S) e amônia (NH_3)" (Angelidaki & Ellegaard, 2003)

O poder calorífico do biogás depende da proporção de metano na mistura. Quando a proporção de metano é alta, o poder calorífico é maior, o que torna a queima desse gás mais eficiente. O biogás apresenta um poder calorífico superior em comparação com outros gases combustíveis, o que o torna uma fonte de energia eficaz para a produção de eletricidade (Borja, 2017).

Assim sendo, o biogás se torna uma ótima alternativa para diversificar a malha energética brasileira de forma sustentável, se destacando por sua disponibilidade, pela capacidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, pela versatilidade de seu uso e principalmente por seu caráter renovável.

2.1 Biodigestores

De acordo com Nunes (2017), o biodigestor é um dispositivo de engenharia que consiste essencialmente em uma câmara fechada onde microorganismos são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica em um ambiente anaeróbico, sem oxigênio, resultando na produção de biogás e biofertilizante. Ambos podem ser direcionados para diversas finalidades. Os biodigestores são projetados para processar uma ampla variedade de biomassas, incluindo dejetos animais, efluentes industriais e resíduos sólidos orgânicos, cuja liberação descontrolada na natureza pode causar graves impactos ambientais, como poluição hídrica e atmosférica.

Segundo Pereira (2015), os biodigestores são amplamente utilizados em todo o mundo, tanto em países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento, especialmente para o tratamento de dejetos de animais. Os biodigestores permitem que a biomassa residual seja degradada sem contato com o ar, o que favorece a predominância de bactérias consumidoras, acelerando a decomposição da matéria.

Durante a digestão anaeróbica, a matéria orgânica é convertida em ácidos orgânicos, que são posteriormente transformados em biogás, uma mistura de gases, principalmente metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂). O biogás é coletado na parte superior do biodigestor e pode ser utilizado como combustível para geração de calor, eletricidade ou até mesmo como combustível veicular. Ao mesmo tempo, o biodigestor produz biofertilizante, um subproduto rico em nutrientes que pode ser utilizado como fertilizante orgânico.

Os biodigestores podem ser dimensionados para diferentes tipos de biomassa, incluindo resíduos agrícolas, esterco de animais, restos de alimentos e lodo de esgoto. Eles oferecem uma solução sustentável para o tratamento de resíduos orgânicos, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa, produzindo energia renovável e gerando um fertilizante orgânico de alta qualidade. Existem diferentes tipos de biodigestores, como os modelos indiano, chinês e de fluxo tubular, cada um com características específicas de construção e operação.

Além dos benefícios ambientais, o uso de biodigestores traz vantagens econômicas, pois permite o aproveitamento dos dejetos de animais, evitando sua disposição inadequada no meio

ambiente, e oferece a geração de biogás e biofertilizante que podem ser utilizados nas propriedades agrícolas. A escolha do tipo de biodigestor e a utilização do biogás como fonte de energia podem ser analisadas levando em consideração as tarifas de energia elétrica disponíveis e as necessidades específicas do projeto.

Portanto, os biodigestores são tecnologias versáteis e eficientes para o tratamento de biomassa, permitindo a produção de biogás e biofertilizante como formas de energia renovável e recursos valiosos para a agricultura, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento econômico.

2.1.1 Biodigestores Indianos

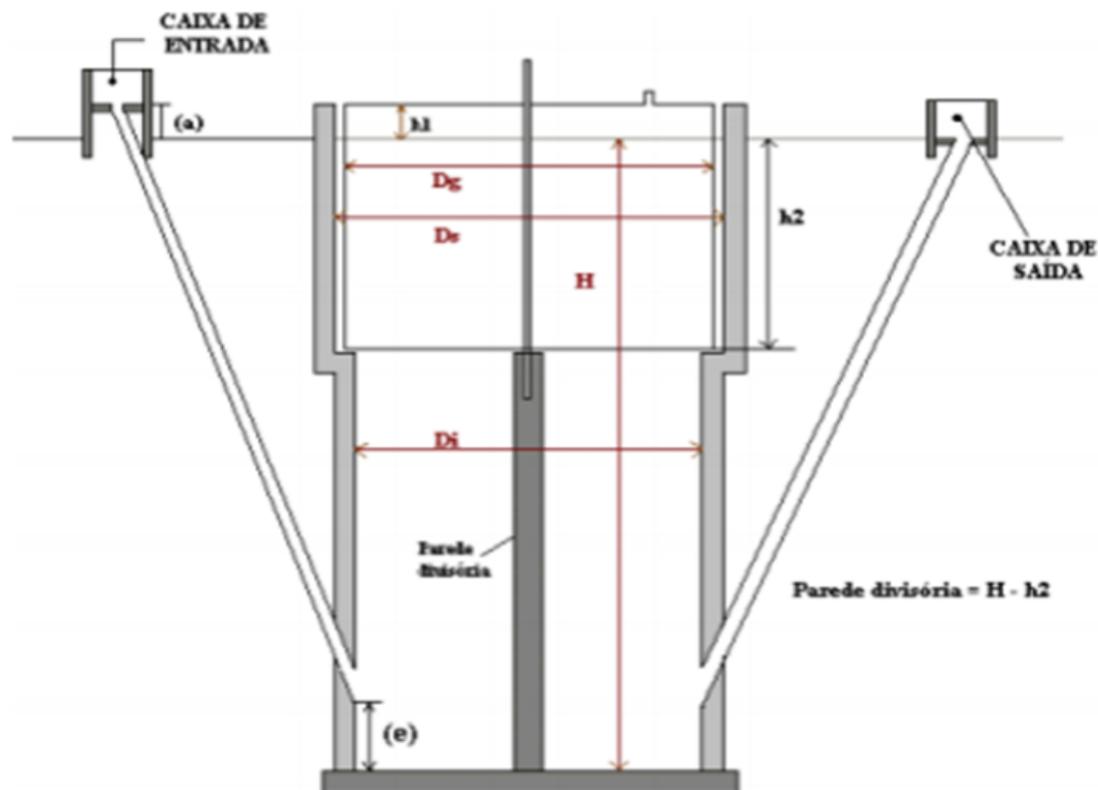
O modelo de biodigestor indiano é um sistema de digestão anaeróbica que converte resíduos orgânicos em biogás e biofertilizante. Ele é amplamente adotado na Índia e em outras partes do mundo devido aos seus benefícios ambientais e energéticos.

O biodigestor indiano é caracterizado por possuir uma campânula como gasômetro, que pode estar emergindo sobre a biomassa em fermentação ou em um selo de água externo, e uma parede central que separa o tanque de fermentação em duas câmaras. A função dessa parede é permitir que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação. O modelo indiano mantém uma pressão de operação constante, o que significa que, à medida que o volume de gás gerado não é imediatamente consumido, o gasômetro sobe verticalmente, aumentando o seu volume, mas mantendo a pressão interna constante. A colocação do gasômetro sobre o substrato ou acima do selo de água reduz as perdas ao longo do processo de produção de gás. Este modelo pode ser visualizado na Figuras 1:

Sendo:

a) H: altura do nível do substrato; b) Di: diâmetro interno do biodigestor; c) Dg: diâmetro do gasômetro; d) Ds: diâmetro interno da parede superior; e) h1: altura ociosa (reservatório do biogás); f) h2: altura útil do gasômetro; g) a: altura da caixa de entrada; h) e: altura de entrada do cano com afluente.

Figura 1 – Representação Biodigestor Modelo Indiano



Fonte: Adaptado de Oliveira (2009).

A maior vantagem desse modelo de biodigestor é que sua campânula flutuante permite manter a pressão de escape do biogás estável, sem a necessidade de ajustes constantes.

Por outro lado, uma desvantagem é o custo da construção da campânula, geralmente feita de ferro. (César; Santos; Carvalho, 2016)

2.1.2 Biodigestores Chineses

De acordo com Deganutti et al. (2002), o modelo de biodigestor chinês é constituído principalmente por alvenaria, o que elimina a necessidade de um gasômetro em chapa de aço,

resultando em redução de custos. No entanto, é importante ressaltar que a estrutura precisa ser bem vedada e impermeabilizada para evitar vazamentos de biogás. Caso contrário, podem surgir problemas de vazamento nesse tipo de biodigestor chinês.

O modelo se destaca por ser um sistema avançado de digestão anaeróbica amplamente utilizado na China, conhecido por sua eficiência e aplicabilidade. Esse modelo converte resíduos orgânicos em biogás e biofertilizantes por meio de um sistema de dois estágios.

No primeiro estágio, chamado de fermentação sólida, os resíduos orgânicos, como restos de alimentos, resíduos agrícolas e esterco animal, são introduzidos na câmara de fermentação sólida. Nessa etapa, os microrganismos anaeróbios atuam na decomposição da biomassa em um ambiente sem oxigênio. Essa fase é particularmente eficaz na decomposição de materiais fibrosos, como palha e cascas.

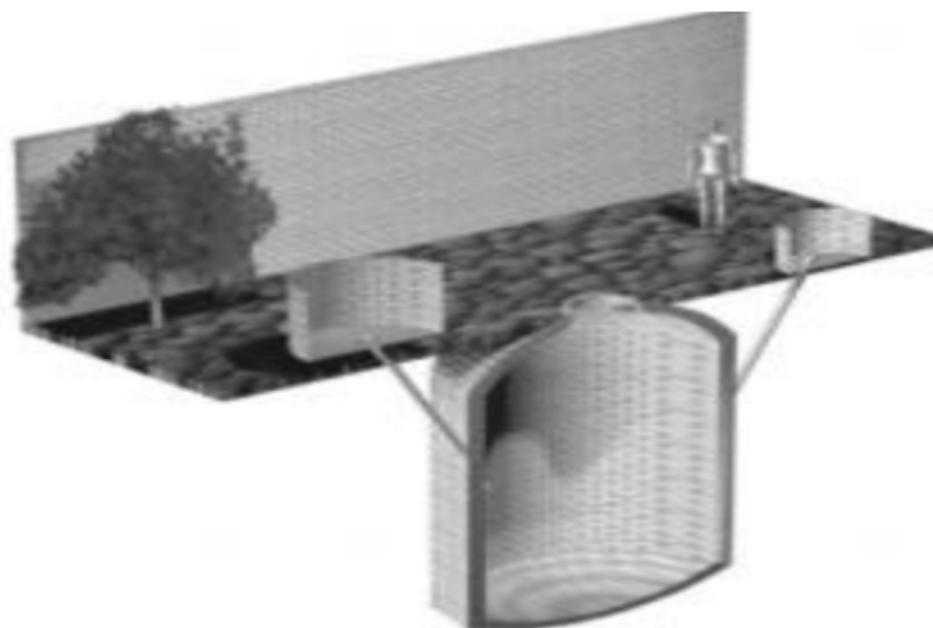
Após a fermentação sólida, o material fermentado é transferido para a segunda etapa, a fermentação líquida. Nessa etapa, microrganismos anaeróbios adicionais degradam ainda mais a matéria orgânica, resultando na produção de biogás rico em metano e dióxido de carbono.

O biogás gerado é coletado e armazenado para uso posterior como fonte de energia, podendo ser utilizado na geração de eletricidade, aquecimento ou como combustível para cozinhar e iluminação. Além disso, durante o processo de biodigestão, é produzido um biofertilizante de alta qualidade, rico em nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, que pode ser utilizado como adubo na agricultura.

No entanto, vale destacar que, neste modelo de biodigestor chinês, uma parte do gás formado na caixa de saída é liberada para a atmosfera, o que reduz parcialmente a pressão interna do gás, limitando sua aplicação em certos casos.

Assim como no modelo indiano, é importante fornecer continuamente substrato com uma concentração de sólidos totais em torno de 8% para evitar entupimentos no sistema de entrada e facilitar a circulação do material. A figura 03, que apresenta uma representação tridimensional em corte, fornece uma visão clara do interior do biodigestor e dos elementos fundamentais para a sua construção.

Figura 3 – Representação em cortes Biodigestor Modelo Chines



Fonte: Deganutti

Conforme mencionado por Deganutti et al. (2002), embora o modelo chinês de biodigestor apresenta um custo relativamente menor, ele não é amplamente utilizado em instalações de grande porte devido a uma parcela do gás ser formada na caixa de saída e liberada para a atmosfera, o que reduz parcialmente o rendimento do sistema.

2.1.3 Biodigestores Canadense

O biodigestor de modelo canadense, também conhecido como biodigestor de fluxo tubular, possui um processo de produção simples. Sua câmara de biodigestão é horizontal e escavada no solo, enquanto o gasômetro é inflável. (Lucas Junior; Souza, 2009).

O biodigestor de fluxo tubular, foi desenvolvido pela Marinha do Brasil na década de 1970, possui uma estrutura de base quadrangular com paredes revestidas por lona impermeável e

uma cúpula de lona preta. Esse modelo é caracterizado por sua forma mais rasa e longa, conforme mostrado na figura 4, o que garante uma maior eficiência na produção de gás por massa fermentada.

No entanto, sua utilização apresenta uma limitação em relação ao espaço disponível para instalação, pois devido à sua menor profundidade, é necessário ter uma grande área superficial para acomodar uma grande quantidade de resíduos.

Figura 4 – Imagem real do Biodigestor Modelo Canadense



Fonte: Neves, 2010

Esse tipo de biodigestor é especialmente adequado para instalações industriais e agroindustriais devido à sua natureza multifuncional. Ele é capaz de processar diferentes tipos de resíduos orgânicos e pode armazenar uma grande quantidade de resíduos suscetíveis à fermentação anaeróbica. Isso resulta na produção de uma quantidade significativa de biogás, enquanto os resíduos são transformados em um biofertilizante sólido. (César, Santos;Carvalho, 2016).

2.2 Comparativo Biodigestores

Em termos de projeto e construção, os biodigestores chineses são conhecidos por sua simplicidade e baixo custo. Geralmente construídos com materiais locais, como tijolos, argamassa e cimento, eles possuem um formato cilíndrico. Os biodigestores canadenses, por sua vez, são feitos de materiais duráveis, como concreto, fibra de vidro ou plástico resistente. Com um design sofisticado, eles são construídos para serem herméticos, garantindo um ambiente anaeróbico adequado. Já os biodigestores indianos, também conhecidos como biodigestores de modelo KVIC, são construídos com tijolos, cimento e argamassa, com um formato circular e revestidos internamente com uma camada de lodo.

Quanto à capacidade e escalabilidade, os biodigestores chineses podem ser construídos em diferentes tamanhos, atendendo a diversas necessidades, desde uso doméstico até pequenas propriedades rurais. Os biodigestores canadenses são projetados para demandas maiores, sendo adequados para instalações industriais, agroindustriais e comunidades rurais de médio porte. Eles têm maior capacidade de processamento e armazenamento de resíduos. Já os biodigestores indianos são mais adequados para uso doméstico e pequenas propriedades agrícolas, atendendo às necessidades básicas de energia e biofertilizante de uma família ou comunidade.

Em relação à flexibilidade na alimentação, os biodigestores chineses são mais adequados para o processamento de esterco animal, como o de porco ou de vaca, com capacidade limitada para lidar com outros tipos de resíduos orgânicos. Os biodigestores canadenses, por sua vez, são projetados para processar uma variedade de resíduos orgânicos, como restos de alimentos, esterco animal e resíduos agrícolas, oferecendo maior flexibilidade na alimentação. Já os biodigestores indianos são principalmente destinados ao processamento de esterco animal, especialmente o de vaca, com menor flexibilidade na alimentação em comparação com os biodigestores canadenses.

A tabela 1 apresenta um comparativo dos biodigestores de modelo indiano, chinês e canadense.

Quadro 1 – Comparativo biodigestores

	Chinês	Indiano	Marinha
Materiais	Tijolo, cimento, pedra e areia	Tijolo, cimento, pedra, areia, ferro ou alumínio.	Tijolo, cimento, pedra, areia e plástico
Isolamento térmico	Feito dentro da terra: Excelente isolamento natural, temperatura constante.	Possui perdas de calor pela câmara de gás metálica, difícil de isolar. Pouco indicado para climas frios.	Não tem problema de perda de calor
Perdas de gás	A parte superior deve ser revestida com matérias impermeáveis e não porosas; difícil obter construção estanque.	Nenhum problema	Nenhum problema
Manutenção	Limpeza uma ou duas vezes no ano	A câmara de gás deve ser pintada uma vez no ano	Deve ser limpo uma vez no ano.

Fonte: Adaptado de Oliveira 2009

2.3 Biomassas

De acordo com Pereira (2015), a biomassa pode ser definida como qualquer recurso renovável proveniente de matéria orgânica, seja de origem vegetal ou animal. Seu principal objetivo é a produção de energia.

Segundo Higman (2003), a biomassa é definida como qualquer matéria bruta derivada de organismos vivos, incluindo culturas alimentares, gramíneas, plantas lenhosas, resíduos agrícolas e florestais, algas ricas em óleo, bem como componentes orgânicos de resíduos urbanos e industriais. Tanto a biomassa vegetal quanto a animal possuem características semelhantes no que diz respeito ao aproveitamento energético. No entanto, é fundamental compreender suas

diferenças e como essas formas renováveis contribuem para o desenvolvimento da matriz energética nacional.

“... a utilização de energias renováveis, em particular a proveniente da biomassa, apresenta um conjunto importante de vantagens de natureza tão diversa como a redução da emissão de gases com efeito estufa, o aumento da diversidade de oferta de energia, a produção de energia sustentável a longo prazo, a criação de oportunidades de emprego, o desenvolvimento econômico local e a diminuição das importações de combustíveis convencionais “ (OLIVEIRA, 2011, p. 118).

A biomassa advinda de animais refere-se aos resíduos orgânicos produzidos por animais, como dejetos, resíduos de abatedouros e subprodutos da indústria de alimentos de origem animal. Esses materiais têm potencial para serem aproveitados como fonte de biomassa para a produção de energia renovável e outros produtos de valor.

Os principais tipos de biomassa provenientes de animais incluem esterco, estrume, dejetos de suínos, aves e bovinos, bem como subprodutos da indústria de laticínios, como o soro de leite. Esses resíduos contêm uma quantidade significativa de matéria orgânica, como proteínas, gorduras e carboidratos, que podem ser convertidos em formas de energia.

A tabela 2 a seguir apresenta a quantidade de produção de dejetos animais em diferentes setores da pecuária e seus respectivos valores de geração de biogás.

Tabela 2 - Relação produção de dejetos geração de biogás			
Animal	Kg de dejetos/dia	m ³ de gás/ Kg de dejetos	m ³ de gás/animal dia
Aves	0,09	0,055	0,0049
Bovinos	10	0,04	0,4
Equinos	6,5	0,048	0,31
Ovinos	0,77	0,07	0,05
Suínos	2,25	0,064	0,14

Fonte: Szambelan 2017

Esses dados são importantes para compreender a magnitude dos resíduos gerados e o potencial de aproveitamento desses dejetos como fonte de biomassa e energia.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Como mencionado na introdução, este artigo se dedica à análise de dados provenientes de diversas pesquisas com o propósito de avaliar a viabilidade de um investimento específico. Nesse processo, foi utilizado variáveis derivadas de estudos consolidados. No que tange à avaliação da produção de biogás e da energia gerada, este estudo segue as diretrizes estabelecidas por Szambelan (2017) para a estimativa da produção diária de resíduos animais. Adicionalmente, o cálculo da cogeração, representando 35% da produção, tem como base a pesquisa conduzida por Santos (2000), que estipula que 1 m³ de biogás equivale a 6,5 kWh de energia elétrica, e uma eficiência dos sistemas de cogeração variando entre 30% e 38%.

Para o valor de construção e manutenção anual dos biodigestores a bibliografia utilizada foi de Calza (2015), que considera os valores dos materiais e da mão de obra para construção dos mesmos.

A partir dos dados coletados, é possível determinar a quantidade necessária de animais para atingir os objetivos desta pesquisa. Isso envolve não apenas os custos de instalação do biodigestor, mas também os valores de manutenção anual. Além disso, a viabilidade econômica foi avaliada em conformidade com as informações disponibilizadas pela Cemig.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa considera um custo de manutenção anual de 5% dos custos de implantação e taxa de juros de 10% ao ano, sendo a vida útil de 20 anos, de acordo com o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, foram encontrados os valores referentes à tabela 3.

Tabela 3 - Custo anualizado (CA) e Custo Total (CT) para construção, implantação e manutenção de biodigestores modelo: Indiano, Chinês e Canadense.

	Indiano	Chinês	Canadense
Custo total por modelo de biodigestor	5.065,70	4052,50	2104,40
Custo anualizado por modelo de biodigestor	1.796,60	1437,30	746,20

Fonte: (Calza 2015)

Para atingir a demanda mensal energética de fazendas que consomem até 500 kWh, é preciso considerar a eficiência da transformação do biogás em energia elétrica. Os valores encontrados de produção por animal e por período são demonstrados na tabela 4. Para que todos os tipos de biomassa alcancem o valor de 6000 kWh/ano foi considerado: 1500 aves, 150 caprinos, 20 bovinos, 50 suínos e 25 equinos.

Tabela 4 - Produção de biogás (PB) necessária de cada animal para 500 kWh mensal por período

Animal	Produção de biogás - PB (m ³ /dia)	Produção de biogás - PB (m ³ /mês)	Produção de biogás - PB (m ³ /ano)
Aves	7,35	2682,75	6103,26
Bovinos	8	2920	6643,00
Equinos	7,5	2737,5	6227,81
Ovinos	7,75	2828,75	6435,41
Suínos	7	2555	5812,63

Fonte: O autor.

Tendo o valor produzido anualmente dividido pelo custo anual com manutenção e depreciação, foi possível encontrar o valor do kWh, de acordo com a tabela 5.

Tabela 5 - Custo do kWh por animal e biodigestor

Animal	Indiano	Chinês	Canadense
Aves	0,29	0,24	0,12
Bovinos	0,27	0,22	0,11
Equinos	0,29	0,23	0,12
Ovinos	0,28	0,22	0,12
Suínos	0,31	0,25	0,13

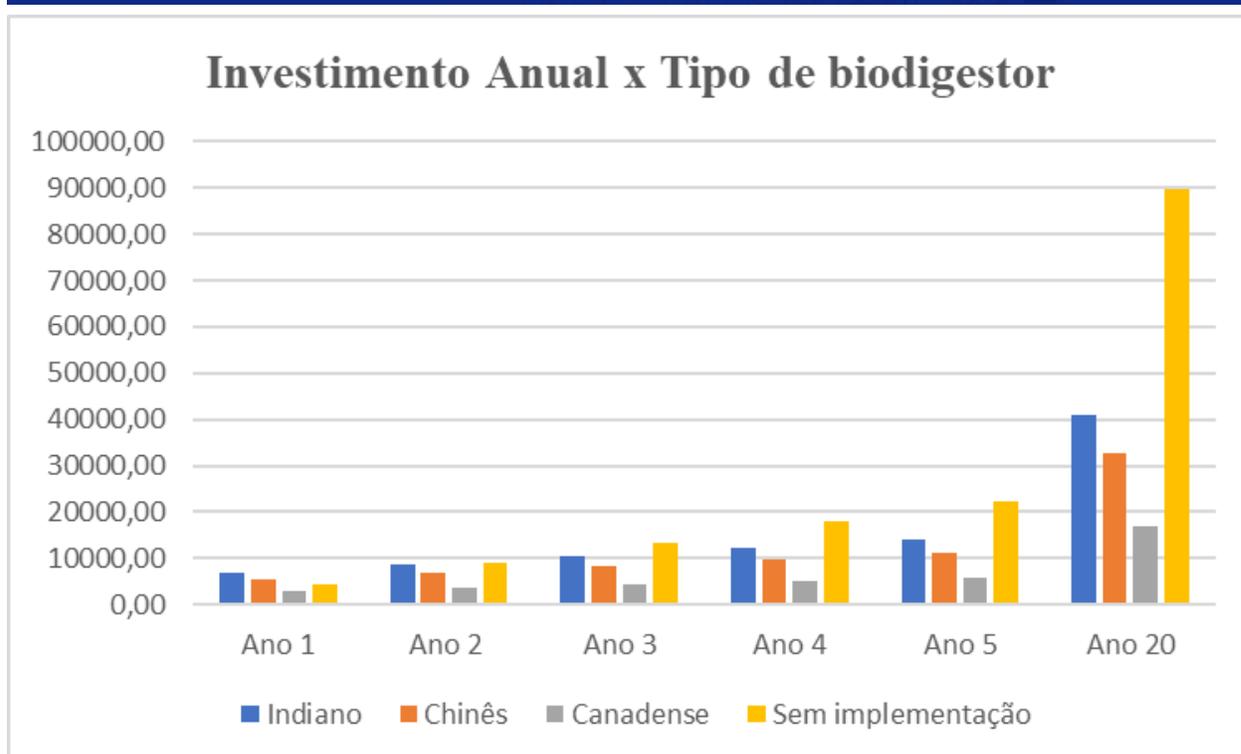
(O autor)

Considerando o Estado de Minas Gerais, como referência para este estudo, o site da Cemig traz dados atualizados do valor da tarifa em propriedades rurais por kWh, dados que foram utilizados para verificar a viabilidade econômica da tal instalação.

B2 - RURAL	BANDEIRA VERDE - CONSUMO R\$/KWH
Rural - Normal (Consumo R\$/kWh)	0,74906

(Cemig 2023)

Dado o valor gasto para construção somado com a manutenção anual para cada tipo de biodigestor foi possível estipular o investimento ao longo dos anos de vida útil do equipamento e os dados estão representados no gráfico 1.



(O autor)

Através do gráfico 1 é possível ver que independente do modelo de biodigestor escolhido ao longo dos anos se torna um investimento com alta taxa de retorno, devido ao custo da energia elétrica ultrapassar o valor investido para construção dos três tipos de biodigestor já no segundo ano.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reafirmando o objetivo original de democratizar o uso de biogás e alcançar microprodutores rurais que atualmente não têm acesso a ele, este artigo ilustra que a instalação de biodigestores não apenas beneficia aqueles desprovidos de acesso à eletricidade, mas também todos aqueles que buscam aumentar sua oferta de energia ou economizar. Independentemente do

tipo de biodigestor escolhido, o custo total com eletricidade supera o investimento na instalação de biodigestores já no segundo ano de operação.

Entre os modelos apresentados, o modelo canadense se destaca para pequenas produções devido ao seu baixo custo de instalação e manutenção. Optar por esse modelo de biodigestor resulta no retorno do investimento já no primeiro ano. Por exemplo, o gasto anual com eletricidade para 6.000 kWh, de acordo com os dados da Cemig para propriedades rurais no segundo ano, é de R\$ 4.494,36, enquanto o custo total de instalação e manutenção no primeiro ano do biodigestor canadense é de R\$ 2.850,60, equivalente a 63% do gasto com eletricidade. Considerando a vida útil de 20 anos do modelo canadense, o retorno se torna ainda mais notável, uma vez que o custo total com eletricidade será de R\$ 89.887,20, em comparação com os R\$ 17.028,40 gastos com eletricidade gerada pelo biodigestor, o que corresponde a 19% do gasto com eletricidade sem a queima de biogás.

No caso do modelo indiano, o retorno do investimento só começa a ser percebido no segundo ano de uso, com um valor de R\$8.658,90, equivalente a 96% do gasto com eletricidade sem a implementação de biodigestores. Ao final da vida útil do biodigestor, o custo total equivalia a R\$40.997,70, cerca de 45% do valor gasto se não houvesse a implantação do biodigestor.

Por fim, o modelo chinês também oferece retorno no segundo ano, com um valor gasto de R\$6.927,10, o que representa 77% do valor sem a utilização de biogás. Ao longo de vinte anos, o custo total na implantação do biodigestor do modelo chinês seria de R\$32.798,50, equivalente a 36% do valor gasto com eletricidade sem a implementação do biodigestor.

Este artigo demonstra que o uso de biogás não é relevante apenas para diversificar a matriz energética brasileira; essa tecnologia traz consigo outras vantagens, como o desenvolvimento por meio do acesso universal à energia elétrica e uma taxa de retorno financeiro mais atrativa ao longo dos anos, quando comparada aos métodos de obtenção convencional de eletricidade.

REFERÊNCIAS

Calza, L. F., Lima, C. B., Nogueira, C. E. C., Siqueira, J. A. C., & Santos, R. F.. (2015). Avaliação dos custos de implantação de biodigestores e da energia produzida pelo biogás. *Engenharia Agrícola*, 35(6), 990–997.

<https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n6p990-997/2015>.

Silva, A., Santos, B., Souza, C. (2020). Viability analysis of biogas power plants in Brazil. *Renewable Energy*, 145, 1183-1193.

Mata-Alvarez, J., Mace, S., & Llabrés, P. (2000). Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. *Bioresource Technology*, 74(1), 3-16.

Angelidaki, I., & Ellegaard, L. (2003). Codigestion of manure and organic wastes in centralized biogas plants: status and future trends. *Applied microbiology and biotechnology*, 62(5-6), 547-552.

Pereira, M.S., Godoy, T.P., Godoy, L.P., Bueno, W.P., Wegner, R.S.. Energias renováveis: biogás e energia elétrica provenientes de resíduos de suinocultura e bovinocultura na UFSM. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria*, v. 19, n. 3, set-dez. 2015, p. 239-247

Nunes, Angelo Pereira. Análise De Viabilidade Econômica De Geração De Energia Elétrica A Partir De Biogás De Suinocultura. 2017. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2

César, Nogueira G; SANTOS, Souza B; CARVALHO, Uso de Biodigestores para Fins Energéticos em Propriedades Rurais. 2016. 11 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Centro Universitário Una, Betim, 2016. Disponível em: . Acessado em 20 de Maio de 2023.

Deganutti R. et al. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. In: 40 encontro de energia meio rural. São Paulo, 2002. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. UNESP. São Paulo, 2002. Disponível em: . Acesso em 20 de Maio de 2023.

Szambelan, Nadine Lambrecht. Avaliação da Implantação de Energia Solar e Biogás como Fontes Alternativas de Energia Elétrica para uma Pequena Propriedade Rural. 2017. 109 f TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio grande do Sul, Ijuí, 2017.

Xavier, Beatriz Helene. Aspectos termodinâmicos, ecológicos e econômicos de sistemas de cogeração com motores de combustão interna operando com gás natural, biogás e gás de síntese. 2016. 117 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, 2016.

Souza, Samuel Nelson Melegari de. Manual de geração de energia elétrica a partir do biogás no meio rural. [S. l.: s. n.], 2016.

Higman, C.; Burgt, M. V. D. Elsevier Science, Gasification, Gulf Professional Publishing: Feedstocks and Feedstock Characteristics. 1 ed., cap. 4, Burlington, MA, USA, 2003.

Oliveira, P. A. V. Projeto de biodigestor para produção de biogás em sistema de produção de suínos. Disponível em: . Acesso em 20 maio 2023.

Szambelan, Nadine Lambrecht. Avaliação da Implantação de Energia Solar E Biogás como Fontes Alternativas de Energia Elétrica para uma Pequena Propriedade Rural. 2017. 109 f TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio grande do Sul, Ijuí, 2017.

Novak, A. C.; Schneider, A. H.; Simão, C. A. F.; Frohlich Rohlich, C. E.; Sydney, E. B.; Bosch, E.; Lofhagen, J. C. P.; Bazzo, J.; Wildauer, L. D. B. S.; Makishi, L. M. M.; Souza, M. de; Stumm, M. G. Oportunidades da cadeia produtiva de biogás para o Estado do Paraná. Curitiba: SENAI/PR, 2016. DOI: 10.1017/CBO9781107415324.004.

Budzianowski, W. M. A review of potential innovations for production, conditioning and utilization of biogas with multiple-criteria assessment. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 54, p. 1148–1171, 2016. DOI:10.1016/j.rser.2015.10.054

Stainier, R. Y.; Ingraham, J. L.; Painter, P. R. The microbial world. 5th ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1986.