

ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DE BIODIGESTOR EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS

Jeane Pina
Leandro Dantas
Matheus De Sousa
Ramon França¹
Michelle Cruz Costa Calhau²
Raul César Mello dos Santos³

RESUMO

O uso dos Biodigestores, além de reduzir significativamente os impactos causados pela disposição inadequada dos detritos gerados pelas atividades agropecuárias, ainda contribui de forma significativa para redução da emissão de gases de efeito estufa, com o bônus de ocasionar uma autossuficiência energética para a propriedade, diminuindo os custos com energia elétrica e a diminuição do uso fertilizantes químicos e ainda gerando outras fontes de renda para o pequeno produtor, com a venda de excedente da energia gerada e a comercialização de biofertilizante, além do uso na própria propriedade. O presente artigo buscou levantar informações relevantes para implantação de biodigestor em pequenas propriedades rurais. Se tratou de um levantamento bibliográfico, com base na consulta de sites, pesquisas, livros e meios eletrônicos. A metodologia empregada foi a análise bibliográfica de autores de Engenharia, e Ciências, de artigos científicos, e trabalhos acadêmicos. Tendo como base de maneira hipotética, uma pequena propriedade rural de suinocultura, tendo aproximadamente 150 animais, estima-se que uma produção de 78,75Kwh/dia de energia elétrica renovável, sendo recomendado por este artigo o biodigestor modelo lagoa coberta para a região nordeste do Brasil, pois é o modelo com maior eficiência de produção de biogás em climas quentes, além de ter o melhor custo benefício para implantação e operação. Este tipo de biodigestor é indicado por ser economicamente viável, funcionalmente simples e adequado ao clima do nordeste brasileiro. O biogás produzido pode ser utilizado para iluminação, climatização e outras demandas na suinocultura, ficando a escolha dos equipamentos a cargo do produtor. O texto conclui sugerindo mais estudos para aprimorar essa tecnologia em prol dos pequenos produtores.

Palavras-Chaves: Biodigestores; Biogás; Propriedades Rurais; Suinocultura; Resíduos Orgânicos.

¹ Graduandos em Engenharia pela UNIJORGE

² Bióloga, mestra em Engenharia Ambiental Urbana e professora da UNIJORGE.

³ Engenheiro Eletrônico, mestre em Administração Estratégica pela Universidade Salvador e professor da UNIJORGE

1. INTRODUÇÃO

A importância das atividades rurais é inegável para o setor econômico mundial, além das questões de segurança alimentar, porém, esse setor também é causador de significativos impactos ambientais, sendo responsável hoje por cerca de 58% dos resíduos sólidos Classe II gerados no planeta, a boa notícia é que grande parte desse volume é de lixo orgânico, o que ocasiona um imenso potencial de geração de energia a partir do uso do Biogás. (PRACIANO, *et al.*, 2020).

A geração de energia a partir do biogás tem origem na fermentação das bactérias anaeróbias, ou seja, ausência de oxigênio, presentes nas matérias orgânicas, esse biogás é convertido em energia elétrica, que é destinada para alimentação do sistema elétrico da propriedade (BNDES, 2018).

Alvarez e Gunnar (2008), corroborando com Mata-Alvarez; Macé e Llabrés (2000), expressam que a biodigestão anaeróbia pode ser usada como tratamento de resíduos sólidos orgânicos, reduzindo o poder de poluição e gerando subprodutos como o biogás.

Diferentes tipos de resíduo têm potencial de produção de biogás, tais como: dejetos de origem animal (bovinos, suínos, galináceos e etc.), lodo de esgoto, resíduos de frutas e vegetais, entre outros. Portanto, a recuperação energética do biogás é vista como uma das principais formas de tratamento de resíduos sólidos orgânicos. (MONTEIRO, 1996).

Assim sendo, a escolha do biodigestor em propriedades rurais como tema central deste artigo acadêmico motiva-se pela crescente busca por práticas sustentáveis no setor agropecuário, além disso, acrescenta-se também como base o seu uso há mais de 20 anos nas granjas de suínos, em razão da praticidade e rentabilidade gerada pelo biogás derivado dos dejetos suínos.

Esse artigo se propôs a avaliar a viabilidade da operacionalização do Biodigestor modelo Lagoa coberta na geração de biogás em pequenas propriedades rurais. Para tanto, procurou-se identificar a análise da eficiência

energética da geração de biogás e os benefícios socioeconômicos e ambientais da operacionalização de biodigestores a pequenas propriedades.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 GERAÇÃO DE ENERGIA

De acordo com Calza (*et al.*, 2015), os primeiros indícios de que havia um gás capaz de gerar energia a partir da decomposição de dejetos e detritos surgiu no século XVI, era comumente chamado de “Gás dos Pântanos”, a partir da observação de Alessandro Volta em 1776, voltou-se novamente a dar atenção a existência do gás dos pântanos, que nada mais era do que o gás metano, mais tarde um aluno de Louis Pasteur conseguiu produzir 100 litros de gás metano por m³ de matéria orgânica.

Esse experimento foi apresentado como possível fonte alternativa de energia, na academia de ciência em 1884 (CALZA *et al.*, 2015).

Já no século XIX Ulysse Gayon, conseguiu desenvolver formas de utilização do gás dos pântanos como fonte alternativa de energia, tendo a Índia como primeiro país do mundo a utilizar essa fonte de energia na iluminação pública em 1857. (QUEVEDO, 2023).

No Brasil o uso do biogás começou a ganhar força em 1970 com a crise do petróleo, o que originou uma alta nos preços do combustível promovido pelos países exportadores. Como o país na época não era autossuficiente na produção de petróleo, houve a necessidade de buscar novas fontes de energia, é nesse cenário que surge o biogás como fonte alternativa (MILANEZ; MAIA; GUIMARÃES, 2021).

Em 1977 o governo brasileiro criou um projeto para difusão do biogás, porém, somente em 1982 o governo federal passou a estimular a produção de biogás no país, a partir do Decreto 87.079, de 2 de abril de 1982, o projeto previa o uso de material de baixo custo e de fácil acesso, para estimular a construção de biodigestores nas áreas rurais (CIBIOGÁS, 2020).

Nos anos 90 o biogás volta ao cenário de discussão, desta vez como uma fonte de energia ambientalmente correta, diante da preocupação do mundo com os gases de efeito estufas, a utilização do gás oriundo das decomposições, foi visto como forma de redução dos GEEs, foi aí que surgiu os créditos de carbono, a utilização através do processo de queima dos gases gerados, possibilitava a geração de créditos para serem vendidos, porém a falta de viabilidade econômica faria o Brasil deixar de lado a ampliação do uso do biogás. (MILANEZ; MAIA; GUIMARÃES, 2021).

O desenvolvimento de tecnologias mais avançadas a partir do ano 2000 possibilitou um maior aproveitamento do biogás gerado, a partir desse período essa fonte de energia volta ao contexto de geração de energia no Brasil. (MILANEZ; MAIA; GUIMARÃES, 2021).

No Brasil as exigências relacionadas aos critérios de manejo de dejetos originados pela criação de animais vêm aumentando, tornando-se consideravelmente mais rigorosas e acarretando custos elevados para os produtores. O funcionamento do biodigestor é essencial para aproveitar os resíduos orgânicos gerados nas propriedades rurais, que frequentemente são descartados sem o tratamento adequado, em rios ou córregos, prejudicando o meio ambiente.

2.2 POTENCIAL ENERGÉTICO DE BIOGÁS ATUALMENTE NO BRASIL

Segundo a Cibiogás (2020), existiam em 2019 no país cerca de 548 plantas industriais a base de biogás, esse número indicaria uma redução na implantação do uso do biogás em comparação ao ano anterior, em 2018 foram implantadas 82 usinas de biogás, enquanto em 2019 foram apenas 15.

O potencial energético gerado é cerca de 1,3 bilhões de metros cúbicos ano, o equivale a cerca de 95 % das plantas conhecidas (CIBIOGÁS, 2020).

Quadro 1-Situação das plantas de biogás com fins energéticos no Brasil em 2019.

Situação	Quantidade de plantas		Volume de biogás	
	N	%	(Nm ³ /ano)	%
Em operação	521	95%	1.345.498.670	76%
Em implantação	15	3%	390.048.888	22%
Em reformulação ou reforma	12	2%	43.714.780	2%
Total Geral	548	100%	1.779.262.339	100%

Fonte Cibogás (2020)

Em 2021 a Aneel publicou um ofício, aonde especifica quais as características que uma usina de biogás deve atender, de olho no crescimento do agronegócio no Brasil e na universalização dos aterros sanitários, o que possibilitariam uma ampliação da geração dessa fonte de energia considerada mais limpa, segundo esse ofício, as características devem atender ao uso que se destina a energia gerada, além de analisar o custo de operação, a regulação do setor, além do desempenho da tecnologia para a capacidade instalada (ANNEEL, 2021).

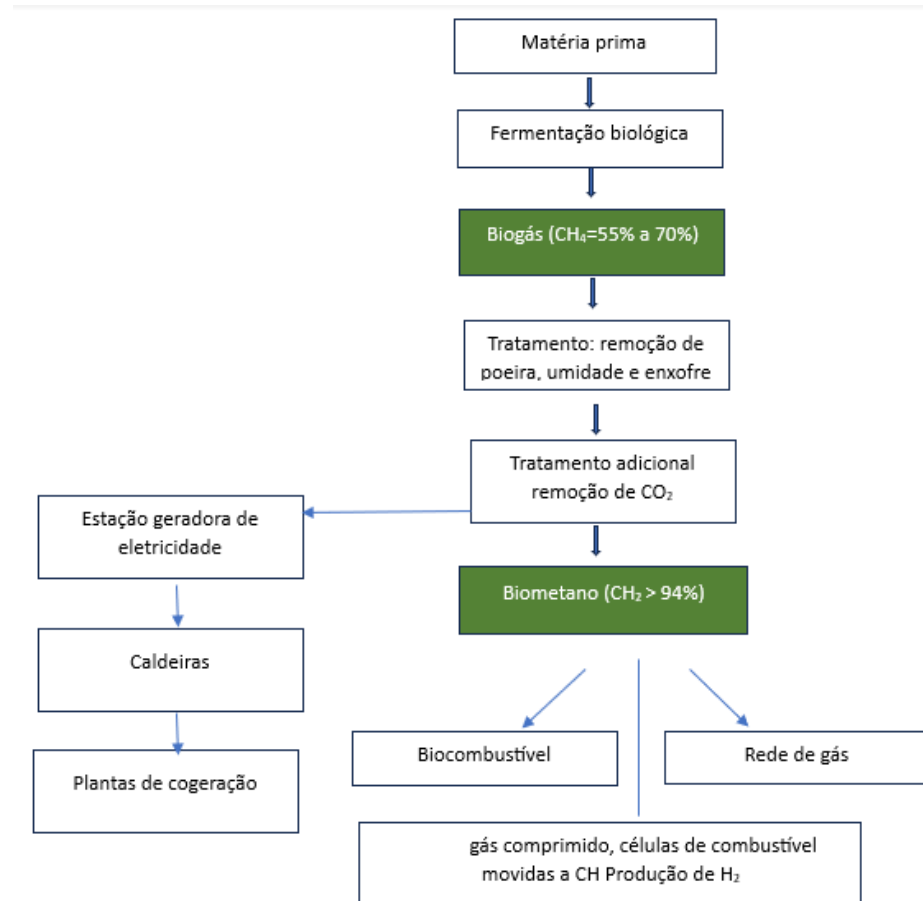
O cenário apresentado pela Cibogás (2020) indica uma notável diminuição nas instalações de plantas industriais a base de biogás no Brasil ao longo do ano de 2019, quando comparado ao ano anterior. A queda nos números de usinas implantadas, de 82 em 2018 para 15 em 2019, sugere uma possível desaceleração na expansão desse tipo de geração de energia. Tal evento merece uma análise mais minuciosa, levando em consideração as possíveis causas que podem ter influenciado esse declínio.

2.3 GERAÇÃO DO BIOGÁS

O biogás é gerado a partir da digestão do material biológico, o que possibilita a geração do gás metano em um processo anaeróbio, essa produção pode ser feita dentro de reatores anaeróbios o que possibilita a geração de gases com 50% a 70% de gás metano, o chamado Biometano, que é resultado da

remoção do CO₂ do biogás gerado, essa produção pode ser feita de forma contínua e o gás pode ser estocado a baixo custo, o que seria uma vantagem em relação as usinas eólicas por exemplo. (MILANEZ, *et al* 2018).

Figura 1: Cronograma do processo de fabricação do biogás.



Fonte: BNDES (2018).

2.4 BIOMASSA

A biomassa é caracterizada como a totalidade da matéria orgânica que se acumula em um espaço delimitado, englobando todos os organismos vegetais, animais e seus detritos. Essa biomassa pode ser sujeita à transformação por meio de diversas tecnologias de conversão, resultando em biocombustíveis nas formas sólidas, líquidas ou gasosas, culminando, por fim, na geração de produtos finais, tais como energia térmica, mecânica e elétrica (BRASIL, 2015).

2.5 CONTROLE DE PARÂMETROS DO GÁS GERADO

É necessário um controle dos parâmetros do biogás gerado, essas análises são fundamentais para verificar a qualidade do gás produzido, essa verificação periódica é necessária porque a fabricação de biogás a partir de resíduos animais, pode depender de uma série de variáveis, incluindo a quantidade de detritos gerados, sua composição, o regime alimentar dos animais, além de fatores como temperatura ambiente, condições de confinamento e a eficiência do sistema de digestão anaeróbica, o estudo especializado oferece informações sobre índices médios de produção de biogás, resultantes de experimentos específicos, que podem ser usados para estimar a produção de biogás de maneira aproximada para diferentes categorias de animais (BGS, 2013).

Os principais métodos de avaliação dos substratos estão descritos na tabela a seguir:

Quadro 2- Métodos de avaliação dos substratos

Método	Descrição das análises
AME	Mensura a atividade específica de produção de metano em lodos anaeróbicos. Utilizado para efetuar comparações entre inóculos ou avaliar eficiências em reatores anaeróbicos.
ISO 13.641	Ensaio de toxicidade anaeróbica. Baseia-se na medida da inibição da produção de biogás após três dias de incubação. Utilizado para avaliar a influência de compostos químicos diversos na digestão anaeróbia
ISO 11.734	Estima a degradação de substâncias orgânicas diversas pela medida da produção de biogás.
ASTM E2170-01	Estima a degradação de substâncias químicas pela medida da produção de biogás e por análises químicas da concentração residual. Método reconhecido nos EUA.
DIN 38.414-8	Mensura a degradação de lodos e efluentes por meio da medida da produção de biogás.

VDI 4.630 Mé

Método para mensurar o PBB e PBM. Aplicado a diversos tipos de substratos, inclusive resíduos agropecuários e culturas agrícolas. Método reconhecido na Alemanha e países europeu.

Fonte: Kunz *et.al* (2019)

A seguir Tabela demonstra a produção por m³ de biogás de acordo com cada substrato utilizado.

Tabela 1- Produção de dejetos em relação a Produção do biogás.

Dejetos	Dejeto (kg/dia)	Biogás (m ³ /kg)
Esgoto doméstico/hab	1	0,035
Cachorro	0,33	0,035
Galinha	0,18	0,090
Caprinos / Ovinos	0,5	0,061
Resíduos vegetais	3	0,04
Suínos	2,5	0,075
Bovino de corte	10	0,040
Equino	10	0,048
Bovino de leite	10	0,049

Fonte: Adaptado de BGS (2013) e OLIVER (2008).

O tipo de substrato utilizado para formação da biomassa, também interfere na escolha dos biodigestores, que podem operar de forma contínua ou descontínua, e diferenciam-se pelo processo de entrada e saída. Nos biodigestores que operam de forma descontinuada, os dejetos são inseridos e em seguida, o biodigestor é totalmente fechado, sendo reaberto somente após a conclusão final e a produção do novo produto. Enquanto na produção contínua, conforme Barros (2021), a biomassa é colocada ao mesmo tempo em que o biofertilizante é retirado, sem que haja necessidade de abertura do equipamento.

3. TIPOS DE BIODIGESTORES MAIS UTILIZADOS NO BRASIL

Sendo assim, a operação de um biodigestor que ocorre em um ambiente anaeróbico, ou seja, sem a utilização de oxigênio no processo de decomposição da matéria, se dá por meio contínuo, em que há um fluxo de entrada e saída desses resíduos orgânicos. Entre os biodigestores mais utilizados no Brasil,

destacam-se os modelos indiano, UASB, CSTR e o canadense (mais conhecido como lagoa coberta).

3.1 Biodigestor Indiano

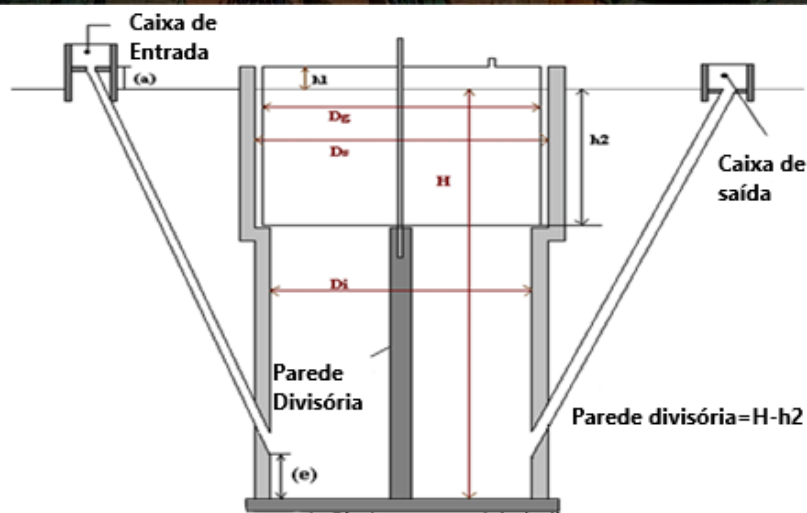
Em consonância com Deganutti (2002) este modelo de biodigestor se caracteriza pela presença de uma campânula que funciona como gasômetro, podendo estar submersa a biomassa ou na parte externa, sendo dividida por uma parede, o tanque de fermentação em duas câmaras para que o material atinja todo local:

O modelo indiano possui pressão de operação constante, ou seja, à medida que o volume de gás produzido não é consumido de imediato, o gasômetro tende a deslocar-se verticalmente, aumentando o volume deste, portanto, mantendo a pressão no interior deste constante. (DEGANUTTI, 2002).

Deganutti (2002) trouxe que o modelo indiano dispõe de uma pressão de operação constante que, à medida que o volume de gás produzido não é consumido de imediato, o gasômetro tende a deslocar-se verticalmente, o que ocasiona na manutenção da pressão.

O resíduo a ser utilizado para alimentar o biodigestor indiano, deverá apresentar uma concentração de sólidos totais (ST) não superior a 8%, para facilitar a circulação do resíduo pelo interior da câmara de fermentação e evitar entupimentos dos canos de entrada e saída do material (DEGANUTTI, 2002).

Figura 1: Biodigestor Indiano



Fonte: Deganutti (2002)

Segundo explicou o autor Deganutti (2002), pelo modelo de biodigestor indiano, as possíveis perdas durante o processo de produção são reduzidas em razão do gasômetro estar sobre o substrato ou o selo d'água.

3.2 Biodigestor Lagoa coberta

O biodigestor Lagoa coberta é um tipo de equipamento que é escavado no solo, dentro desse tanque é colocada uma manta impermeável, geralmente de PVC ou PEAD, com essa impermeabilização ocorre um acúmulo de gás no seu interior, é de fácil instalação e operação, possui um baixo custo de implantação e possibilidade de ampliação de geração energética de forma mais simplificada, e possibilidade de geração de energia continuada, em regiões com maior incidência de clima quente durante o ano.

Figura 2: Biodigestor Lagoa Coberta



Fonte: Kunz, *et.al* (2019).



Fonte: Sansuy (2019)

Esse tipo de biodigestor vem sendo amplamente usado no meio rural.

3. 3 Biodigestor UASB

O Biodigestor UASB, conhecido como Reator Anaeróbio de Manta de Lodo de Fluxo Ascendente, representa uma variante especializada de biodigestor destinada ao tratamento de águas residuais. Este método constitui uma abordagem avançada no âmbito do tratamento anaeróbio, onde microrganismos desintegram a matéria orgânica contida nos efluentes sem depender de oxigênio (UFRJ, 2021).

Figura 4: Biodigestor UASB



Fonte: Brasil (2023)

O Biodigestor UASB se destaca por seu design, promovendo a formação de uma camada de lodo no reator, com alta concentração de microrganismos anaeróbios responsáveis pela preservação da matéria orgânica. O fluxo ascendente facilita a separação dos gases, como metano e dióxido de carbono. Eficiente na remoção de matéria orgânica, o Biodigestor UASB também gera biogás, uma fonte de energia renovável. Sua adaptabilidade a espaços limitados o torna especialmente benéfica em locais compactos (CORTEZ *et al.*, 2007).

3.4 Biodigestor CSTR

CSTR é, que representa o modelo (*Continuous Stirred Tank Reactor*), corresponde a um reator de tanque agitado de maneira contínua, também conhecido como reator de mistura completa. Nesse sistema, ao entrar no reator anaeróbio, o substrato é imediatamente homogeneizado com a massa do substrato mais antigo, mantendo essa ação de mistura constante ao longo do processo. Amplamente utilizado na engenharia química e em bioprocessos, o CSTR favorece um contato estável entre o substrato e os microrganismos, acelerando a cinética do processo anaeróbio. Essa estratégia contribui para a estabilidade de diversos parâmetros do processo, resultando em uma melhoria notável no desempenho da produção de biogás.

Figura 5: Biodigestor CSTR



Fonte: Brasil (2023)

4. METODOLOGIA

Metodologia é o estudo dos métodos, neste caso, o método científico. Consiste na arte de dirigir a investigação no sentido da busca pela verdade (FERREIRA, 1995).

De um modo geral, o método é o meio adotado para se alcançar determinado resultado. Indica a maneira pela qual o pesquisador deve proceder para converter sua consideração ideológica ou literária em explicação científica e obter o resultado pretendido (MARCONI e LAKATOS, 2021).

Se apresenta como um conjunto de processos ordenado, regular, explícito e passível de repetição que se segue em uma investigação (MARCONI e LAKATOS, 2021).

Este é um estudo do tipo levantamento bibliográfico, e para o seu desenvolvimento foram escolhidas as bases de dados eletrônicos abrangendo os bancos de dados Scielo (Scientific Electronic Library On-line), Portal da EMBRAPA, CIBIOGÁS, e Google Acadêmico, acessados via internet. A pesquisa foi complementada com consulta a livros, revistas técnicas, e jornais.

O presente artigo foi produzido a partir do método de pesquisa exploratória bibliográfica, em que foram levantados artigos acadêmicos e

publicações técnicas, onde a pesquisa foi levantada no período de 14/09/2023 à 19/11/2023.

Se tratou de uma pesquisa de cunho bibliográfico, com a intenção de construir uma base teórica, sobre os temas necessários para melhor entendimento das metodologias. O trabalho assumiu uma abordagem qualitativa, exploratória, e bibliográfica e estudo de múltiplos casos.

As considerações finais foram elaboradas a partir dos conceitos e discussões realizadas na revisão bibliográfica introdutória, como também o aprendizado durante o Curso de Engenharia.

Tendo como base de maneira hipotética, uma pequena propriedade rural de suinocultura, com aproximadamente 150 animais, levando em consideração os dados coletados na tabela 01 pag. 05, podemos estimar a produção de biogás para essa propriedade e sua equivalência em energia elétrica.

5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O uso dos Biodigestores, além de reduzir significativamente os impactos causados pela disposição inadequada dos detritos gerados pelas atividades agrícolas, ainda contribuiria de forma significativa para redução da emissão de gases de efeito estufa, com o bônus de ocasionar uma autossuficiência energética.

Sendo assim, com as condições que foram ditas acima, podemos considerar os dados de quantidade de dejetos produzidos por kg, contido na tabela 01, seria possível estimar a produção diária de biogás em uma pequena propriedade rural com 150 suínos e a conversão do biogás em energia elétrica.

Dados:

Dejetos de suíno: 2,5 kg/Dia

Tipo do biodigestor: Lagoa coberta

Eficiência do biodigestor: 80%

Eficiência de conversão: 3,5kwh a cada 1m³ de biogás

NA: Número de animais.

QD: Quantidade de dejetos produzido por animal

EB: Eficiência do biodigestor

TPB: Taxa de produção de Gás

TX: Taxa de produção de biogás

PDB: produção diária de biogás

EC: Eficiência de conversão

Podemos calcular a produção diária de biogás.

Fórmula: $NA * QD * EB * TX$

$150 * 2,5 * 0,8 * 0,075 = 22,5\text{m}^3/\text{Dia}$

Podemos calcular a conversão de biogás em eletricidade.

Formula: Produção diária de eletricidade (kWh) = PDB (m³/dia) * EC (kWh/m³)

$22,5(\text{m}^3/\text{dia}) * 3,5 (\text{kWh}/\text{m}^3) = 78,75(\text{kwh}/\text{Dia})$

Após todo levantamento de dados e pesquisas, se observa que o biodigestor lagoa coberta é recomendado para pequenos agricultores, é mais utilizado no nordeste do Brasil, por ser mais eficiente em ambientes com temperatura mais elevada, os equipamentos utilizados para sua construção serem de fácil acesso e preço reduzido, além de uma operacionalidade simples e baixo custo de manutenção.

O estudo de Freire *et al*, (2020), destaca a adaptação dos biodigestores lagoa coberta às distintas realidades das propriedades rurais no Brasil.

A pesquisa abordou diversos fatores, como as características climáticas variadas, a disponibilidade diversificada de resíduos orgânicos, aspectos socioeconômicos determinantes na adoção da tecnologia, a necessidade de educação e treinamento específicos para os agricultores, e a influência das políticas ambientais e regulatórias. Essa abordagem abrangente oferece insights valiosos para a implementação bem-sucedida dos biodigestores, garantindo sua relevância e eficácia em diferentes contextos regionais no Brasil.

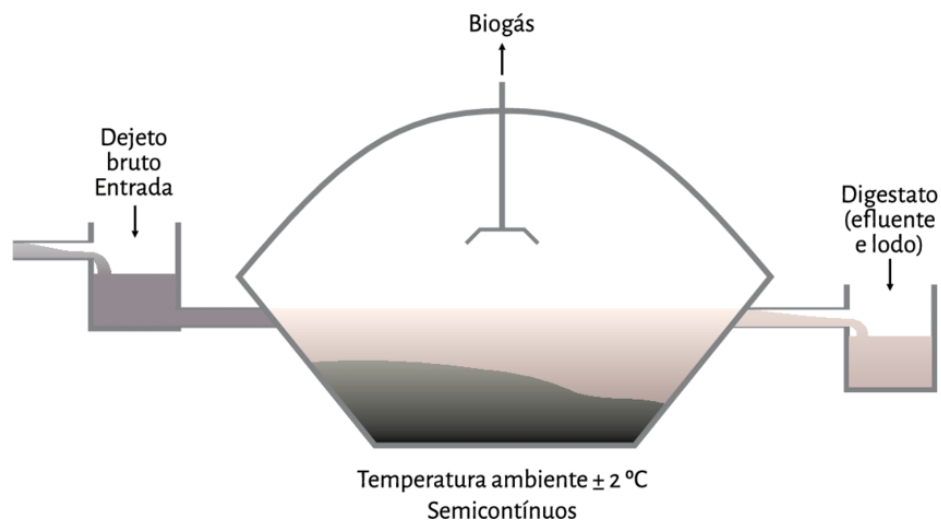
A instalação do biodigestor lagoa coberta é feita de maneira horizontal, e sempre terá sua largura maior que a profundidade, tornando a sua área de exposição ao sol maior, o que proporciona uma maior produção de Biogás, por esse motivo é um modelo muito comum no território Baiano que possui clima quente, com pouca incidência de chuvas durante o ano, sua cúpula tem como

material base o PVC, que é usado para substituir as cúpulas (metálicas ou de fibra de vidro) muito comum de encontrar em outros tipos de biodigestores, a sua cúpula também pode ser retirada, um artifício que ajuda muito na limpeza, outra vantagem desse biodigestor está na produção constante de biogás que tem relação com a carga diária dos resíduos orgânicos gerados, e dar tratamento adequado aos dejetos.

Seguindo as informações dos cálculos de biogás e geração de energia elétrica através do biogás, podemos dimensionar um biodigestor que traga os resultados esperados acima. Para dimensionar um biodigestor modelo lagoa coberta, precisa seguir alguns requisitos necessários como produção do biogás desejada, eficiência do processo e fatores específicos da propriedade.

Vamos ver de uma forma simplificada de dimensionamento do biodigestor Lagoa coberta que podemos encontrar no estudo realizado por Resende (2017).

Figura 5: Biodigestor Lagoa Coberta



CÁLCULOS

Dados

Animais :150 suínos

Produção de dejetos animal/dia: 0,075m³

Profundidade: 2,5 a 4 Metros

Inclinação do talude: 45° (Quando a profundidade é de 2,5 a 4 m a pôr convenção a inclinação do talude e de 45°).

Tempo de Retenção hidráulica: 30 Dias

Passo 1: Produção de Dejetos diários.

NA: Número de animais

DA: Dejeito de animais/dia.

$$NA \cdot DA = 150 \cdot 0,075 \text{m}^3$$

$$= 11,25 \text{m}^3$$

Passo 2: volume do biodigestor

VB: Volume do biodigestor

PD: Produção de Dejetos diário

TR: Tempo de Retenção Hidráulica

$$VB = PD \cdot TR = 11,25 \text{m}^3/\text{dia} \cdot 30 \text{ Dias}$$

$$= 337,5 \text{m}^3$$

Passo 3: Base Menor

VB: volume do biodigestor

h: Profundidade = 3m (Quando a profundidade é de 2,5 a 4 m a pôr convenção a inclinação do talude e de 45°)

b: Base Menor

$$\text{Formula: } VB = (b+h) \cdot h \cdot [2(2h+b)]$$

$$337,5 = (b+3) \cdot 3 \cdot [2(2 \cdot 3 + b)]$$

$$337,5 = (b+3) \cdot 3 \cdot (12+2b)$$

$$337,5 = 3b + 9 \cdot (12+2b)$$

$$337,5 = 3b + 108 + 18b$$

$$337,5 = 21b + 108$$

$$229,5 = 21b$$

$$b = 229,5/21$$

$$b = 10,9$$

Passo 4: Base Maior

B= Base Maior

h= Profundidade

b= Base menor

$$B = (2 \cdot h) + b$$

$$B = (2 \cdot 3) + 10,9$$

$$B = 16,9$$

Passo 5 : Comprimento

C: comprimento

$$C = 2 \cdot B$$

$$C = 2 \cdot 16,9 =$$

$$C = 33,8 \text{m}$$

A análise da geração econômica proveniente de um biodigestor na modelo lagoa coberta, capaz de produzir 22,5 m³/dia de biogás, o potencial energético alcança 78,75 kWh diários, equivalendo a 2.362,5 kWh por mês. Considerando a tarifa da Coelba, que é de R\$ R\$1,11 Reais por kWh, estima-se uma economia significativa para o produtor rural, atingindo o valor de R\$ 2.622,37 mensais e uma economia anual de R\$ 31.468,44, além disso, a substituição do GLP pelo biogás representa uma economia adicional.

Segundo Oliveira *et al*, (2019) destaca-se a viabilidade econômica dos biodigestores para pequenos agropecuaristas ao focar a redução expressiva dos custos relacionados à energia.

Ao transformar resíduos orgânicos em biogás, os biodigestores permitem aos agropecuaristas diminuir a dependência de fontes convencionais de energia, resultando em economia significativa na compra de eletricidade, além disso, a produção de biogás não apenas proporciona uma alternativa sustentável, mas também contribui para a viabilidade financeira das atividades agrícolas, podendo gerar receitas adicionais com a venda de excedentes de biogás.

Esse estudo destaca a importância dos biodigestores não apenas na redução de custos, mas também na geração de oportunidades econômicas para os pequenos agropecuaristas.

O biodigestor lagoa coberta é uma tecnologia sustentável, que ajuda a reduzir o impacto ambiental dos resíduos orgânicos, além de gerar benefícios econômicos. Ele é utilizado em diferentes setores, como agricultura, agroindústria e tratamento de resíduos sólidos. O processo de decomposição anaeróbica no lagoa coberta é controlado e gera biogás, composto principalmente por metano e dióxido de carbono. Esse biogás pode ser utilizado como combustível para gerar energia térmica ou elétrica, substituindo fontes não renováveis, como o GLP, por exemplo.

Além disso, os resíduos orgânicos decompostos na lagoa de estabilização, se transforma em um biofertilizante rico em nutrientes, que pode ser utilizado na agricultura. Com isso conclui-se que o uso de biodigestores lagoa coberta contribui com as ações de sustentabilidade da pequena propriedade

rural, provendo a redução das emissões de gases de efeito estufa e a gestão ambientalmente correta dos resíduos orgânicos através do seu aproveitamento energético, trazendo para além dos benefícios ambientais, os socioeconômicos ao reduzir os custos de operação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das informações levantadas e a solução exposta na discussão de resultados, é possível assegurar que o biodigestor é um equipamento importante no apoio as atividades rurais, que o seu uso, além de trazer uma economia para o pequeno produtor, com a queda significativa de despesas, através da autossuficiências energéticas e a redução do uso de fertilizantes químicos, traz também outras fontes alternativas de renda.

Tendo em vista o caso hipotético da propriedade Rural apresentada nesse artigo, o biodigestor Lagoa coberta é o recomendado, por permitir de maneira mais simples a ampliação da sua capacidade de geração. No caso pressuposto o biodigestor tem uma capacidade de gerar cerca de 78,75 kWh/dia, o que daria para suprir parte da demanda energética da granja.

O que se objetivou no artigo foi instalação de um equipamento mais economicamente viável, devido a simplicidade do material usado para sua construção, com uma funcionalidade mais simples, de fácil ampliação de capacidade de geração energética, e que estivesse mais adequado ao clima quente do nordeste brasileiro e em especial a Bahia.

Este potencial energético gerado pelo biogás pode ser direcionado para diversas aplicações no contexto da suinocultura, dentre elas, destaca-se o fornecimento de energia para o sistema de iluminação, a climatização (seja por meio de aquecedores ou ventiladores) para a moagem da ração destinada aos suínos. Essas são necessidades fundamentais na gestão de uma granja, e a utilização do biogás, porém, os equipamentos que serão alimentados pela energia produzida a partir do biodigestor, fica a cargo da seleção do produtor.

Por fim, a recomendação desse artigo é pela continuidade dos estudos pela aplicabilidade desse tipo de Biodigestor, e a divulgação dessa tecnologia, tencionando o seu aperfeiçoamento em favor dos pequenos produtores rurais.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, R.; GUNNAR, L. **Semi-continuous co-digestion of solid slaughterhouse waste, manure, and fruit and vegetable waste**. Renewable Energy, v.33, 2008. p.726- 734.

BARROS, Talita Delgrossi. **Biodigestores**, 2021. < Biodigestores - Portal Embrapa >. Acesso em 13 de Novembro de 2023.

BGS. **Cálculo de Produção de Biogás**. 2013. Disponível em: <http://bgsequipamentos.com.br/blog/calculo-de-producao-de-biogas-2/> Acesso em: 01 de Outubro de 2023.

BIOGÁS: EVOLUÇÃO RECENTE E POTENCIAL DE UMA NOVA FRONTEIRA DE ENERGIA RENOVÁVEL PARA O BRASIL. BNDES, Rio de Janeiro, v. 27, n. 53, p. 177-216, mar. 2021.

BNDES. **Biogás: a próxima fronteira da energia renovável**. 2018. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/biogas>. Acesso em: 10 out. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável**. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9933/1/CT_COELE_2016_1_21.pdf. Acesso em: 01 de Outubro de 2023.

CALZA, L. F. et al. Cost assessment of biodigester implementation and biogas-produced energy. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 990–997, 2015.

CIBIOGÁS ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Nota técnica**: N° 002/2010 – Panorama do Biogás no Brasil em 2019. Foz do Iguaçu, abr. 2020. Disponível em: <https://biblioteca.cibiogas.org/biblioteca/notatecnica/pdf/panorama-do-biogas-no-brasil-em-2019.pdf>. Acesso em: 04 de novembro de 2023.

DEGANUTTI, R. P.; M.C.J.P. PALHACI; M. ROSSI et al. **Biodigestores Rurais: Modelo Indiano, Chinês e Batelada**. Departamento de Arquitetura, Artes e Representações Gráficas, UNESP: (Universidade Estadual Paulista), Bauru, 2002. Disponível em <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n4v1/031.pdf> >. Acesso em 11 de Novembro de 2023.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa**. Brasil: EDITORA NOVA FRONTEIRA, 1995.

FREIRE, C., et al. (2020). "Adaptation of Covered Lagoon Biodigesters to the Brazilian Context: Considerations for Climate and Organic Residue Availability." *Journal of Sustainable Agriculture*, 38(2), 189-205.

KAIBER, J.Z, et. al. **BIODIGESTOR: UMA ALTERNATIVA PARA REDUZIR OS IMPACTOS AMBIENTAIS**, 2022. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/fecitac/article/view/3442#:~:text=Uma%20das%20alternativas%20sustent%C3%A1veis%20para,tenham%20grandes%20quantidades%20de%20res%C3%ADduos>. Acesso em: 10 de novembro de 2023.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. do. Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Suínos e Aves, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2ª Edição.2019.

LUCAS JÚNIOR, J.; SOUZA, C. de F. **Construção e Operação de Biodigestores**. Viçosa-MG, CTP, 2009.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 9. Ed. São Paulo: Atlas, 2021. MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de Pesquisa**. 8. Ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MILANEZ, Artur Yabe et al. **Biogás de resíduos agroindustriais: panorama e perspectivas**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 47 , p. 221-275, mar. 2018.

MONTEIRO, J. H. P. **Landfill gas recovery an important alternative energy resource for developing countries**. 1996.

OLIVEIRA, F., et al. (2019). "Economic Viability of Covered Lagoon Biodigestors for Small-Scale Farming: A Case Study in Brazil." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 101, 123-135.

OLIVER, André de Paula Moniz; NETO, Aurélio de Andrade Souza; QUADROS, Danilo Gusmão; VALLADARES, Renata Everett. **Manual de treinamento em biodigestão**, 2008.

PANORAMA DO BIOGÁS NO BRASIL 2022. **CIBiogás (Brasil) Relatório Técnico nº 001/2023** – Foz do Iguaçu, CIBiogás, 2023.

Gameiro, Augusto Hauber. University Of São Paulo. **A abordagem do metabolismo industrial para análise da relação entre a água e a produção animal**. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335900523_A_abordagem_do_metabolismo_industrial_para_analise_da_relacao_entre_a_agua_e_a_producao_animal. Acesso em: 30 out. 2023.

PRACIANO, A. C.; ALBIERO, D.; POSSUELO, O. de M.; DOS SANTOS, L. F. A.; MONTEIRO, L. de A. **CONTRIBUIÇÃO DE BIODIGESTORES PARA A AGRICULTURA FAMILIAR. ENERGIA NA AGRICULTURA, [S. l.]**, v. 35, n. 1, p. 95–106, 2020. DOI: 10.17224/EnergAgric.2020v35n1p95-106. Disponível em:

<https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2660>. Acesso em: 22 de Outubro de 2023.

RESENDE, Marina Lacerda. DIMENSIONAMENTO DE UM BIODIGESTOR PARA O TRATAMENTO DE DEJETOS BOVINOS EM UMA FAZENDA DA ZONA RURAL DE LAGOA DA PRATA – MG. 2017. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Unifor-Mg, Centro Universitário de Formiga – Unifor-Mg, Formiga – Mg, 2017. Cap. 36.

REVISTA CIENTÍFICA DA FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE. 5(1): p. 140-149, jan-jun, 2014.

SANSUY. **Biodigestor para fecularias.** 2019. Disponível em: <https://blog.sansuy.com.br/produto-sansuy-biodigestor-para-fecularias/>. Acesso em: 15 nov. 2023.