REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

REVISÃO DAS TECNOLOGIAS DE BIODIGESTORES DOMÉSTICOS E SITUAÇÃO ATUAL DA ADOÇÃO NO BRASIL

REVIEW OF HOUSEHOLD BIOGAS DIGESTERS TECHNOLOGIES AND CURRENT STATUS OF ADOPTION IN BRAZIL

REVISIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE BIODIGESTORISMO DOMÉSTICO Y SU ESTADO DE ADOPCIÓN ACTUAL EN BRASIL

Lucas Heleno da Silva

Graduando em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Brasil

E-mail: lucas.heleno@ufrpe.br

ORCID: https://orcid.org/0009-0005-1964-1611

Felipe Orlando Centeno González

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Brasil

E-mail: felipe.centeno@ufrpe.br

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0827-4319

Resumo

Este artigo apresenta uma revisão narrativa da literatura sobre as tecnologias de biodigestores domésticos e a situação atual de sua adoção no Brasil. A pesquisa foi conduzida em bases científicas e relatórios técnicos de instituições de pesquisa, visando consolidar informações dispersas e identificar as principais tendências e desafios. Os resultados evidenciam que, embora existam avanços significativos em projetos públicos, acadêmicos e comunitários, a difusão dos biodigestores domésticos ainda é limitada por fatores como custo inicial elevado, ausência de incentivos financeiros e falta de assistência técnica contínua. Conclui-se que a ampliação de políticas públicas de incentivo, programas de capacitação e pesquisas aplicadas é essencial para o fortalecimento da tecnologia como instrumento de transição energética, saneamento rural e desenvolvimento sustentável no Brasil.

Palavras-chave: biodigestores; biogás; biofertilizante; tecnologia.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

Abstract

This article presents a narrative literature review on household biogas digester technologies and the current status of their adoption in Brazil. The research was based on scientific databases and technical reports from research institutions to consolidate dispersed information and identify key trends and challenges. The findings show that, although there have been significant advances in public, academic, and community projects, the dissemination of household biodigesters remains limited by factors such as high initial cost, lack of financial incentives, and insufficient technical support. It is concluded that the expansion of public incentive policies, training programs, and applied research is essential to strengthen this technology as an instrument for energy transition, rural sanitation, and sustainable development in Brazil.

Keywords: biodigesters; biogas; biofertilizer; technology.

Resumen

Este artículo presenta una revisión narrativa de la literatura sobre las tecnologías de biodigestores domésticos y el estado actual de su adopción en Brasil. La investigación se basó en bases de datos científicas e informes técnicos de instituciones de investigación para consolidar la información dispersa e identificar las principales tendencias y desafíos. Los hallazgos muestran que, si bien se han logrado avances significativos en proyectos públicos, académicos y comunitarios, la difusión de los biodigestores domésticos sigue limitada por factores como el elevado costo inicial, la falta de incentivos financieros y el apoyo técnico insuficiente. Se concluye que la ampliación de las políticas de incentivos públicos, los programas de capacitación y la investigación aplicada es esencial para fortalecer esta tecnología como instrumento para la transición energética, el saneamiento rural y el desarrollo sostenible en Brasil.

Palabras clave: biodigestores; biogás; biofertilizante; tecnología.

1. Introdução

O avanço das tecnologias voltadas ao aproveitamento energético de resíduos orgânicos tem se consolidado como uma das principais estratégias de transição para sistemas sustentáveis de energia descentralizada. Nesse contexto, os biodigestores domésticos configuram-se como soluções tecnológicas de baixo custo e alta relevância ambiental, possibilitando a conversão de resíduos agropecuários e alimentares em biogás e biofertilizantes, promovendo simultaneamente o saneamento básico e a autossuficiência energética em pequena escala (SALZER; BERTOLINI, 2023; KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019). Essa tecnologia acompanha o crescimento da demanda global por fontes renováveis de energia, especialmente em países em desenvolvimento, onde a gestão de resíduos e o acesso à energia limpa ainda representam desafios centrais.

Diversos estudos apontam que o uso de biodigestores domésticos traz benefícios integrados que ultrapassam a dimensão energética, incluindo a redução

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

do consumo de lenha e GLP, a mitigação das emissões de gases de efeito estufa e a melhoria do saneamento básico em comunidades rurais e periurbanas (MATHIAS; SILVA, 2023; SILVA; CORREIA, 2020). O caráter multifuncional dos biodigestores reforça sua importância ambiental, econômica e social, sobretudo no cenário brasileiro, onde o potencial de aproveitamento de resíduos orgânicos permanece subutilizado.

Apesar do avanço de projetos públicos e acadêmicos, ainda existem lacunas quanto à consolidação das informações sobre as tecnologias disponíveis e o estado de sua difusão no Brasil. A literatura apresenta fragmentação de dados, ausência de padronização técnica e escassez de análises comparativas abrangentes (CHIARELLO; MAUAD; DUBLIM, 2023), o que dificulta o planejamento de políticas públicas eficazes e o desenvolvimento de modelos adequados às condições socioeconômicas e climáticas nacionais.

Dessa forma, este artigo tem como objetivo geral revisar e consolidar o estado da arte das tecnologias de biodigestores domésticos, com ênfase no contexto brasileiro, até o ano de 2025. Especificamente, busca-se identificar e caracterizar os principais modelos de biodigestores domésticos descritos na literatura nacional e internacional, comparando suas características construtivas, princípios de funcionamento, materiais, porte, custo e presença no Brasil; analisar o estado atual da adoção dessas tecnologias no país, considerando programas governamentais, projetos de extensão rural, políticas públicas e experiências comunitárias; e identificar as barreiras e fatores limitantes à disseminação dos biodigestores domésticos no contexto brasileiro, englobando aspectos técnicos, econômicos, culturais, regulatórios e logísticos.

Assim, pretende-se oferecer uma visão abrangente e atualizada do panorama tecnológico e social dos biodigestores domésticos, contribuindo para futuras ações de pesquisa, difusão tecnológica, desenvolvimento e formulação de políticas públicas voltadas à sustentabilidade energética no Brasil.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

2. Metodologia

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa da literatura, elaborada com o propósito de reunir, analisar e sintetizar o conhecimento disponível sobre as tecnologias de biodigestores domésticos e sua adoção no contexto brasileiro. Foram considerados exclusivamente os modelos voltados à produção de biogás e biofertilizantes, não incluindo os biodigestores do tipo fossa séptica biodigestora, por apresentarem finalidade específica de tratamento de efluentes sanitários.

Os dados foram obtidos a partir de artigos científicos disponíveis no Google Acadêmico, além de fontes provenientes de bases científicas consolidadas, como Scopus, Web of Science e SciELO, bem como relatórios técnicos e publicações institucionais de órgãos como a Embrapa, universidades federais e agências internacionais ligadas à energia e sustentabilidade. Também foram consultadas informações disponibilizadas por fabricantes de biodigestores para complementação técnica e comparativa. A seleção e análise das fontes seguiram os princípios do método SMART, garantindo que os objetivos fossem formulados de forma específica, mensurável, atingível, relevante e temporal, assegurando rigor e coerência científica à revisão realizada.

3. Resultados e Discussão

3.1 Identificação e caracterização dos principais modelos de biodigestores domésticos

3.1.1 Biodigestor Chinês

O biorreator de cúpula fixa, frequentemente denominado “tipo chinês/adaptado”, opera como um sistema anaeróbio contínuo ou semi-contínuo, alimentado em regime de alimentação regular de caldo, esterco ou co-substratos, numa câmara subterrânea rígida com tampa em forma de cúpula, e não como um digestor completamente em batelada (MUNGWE et al., 2016). A construção típica

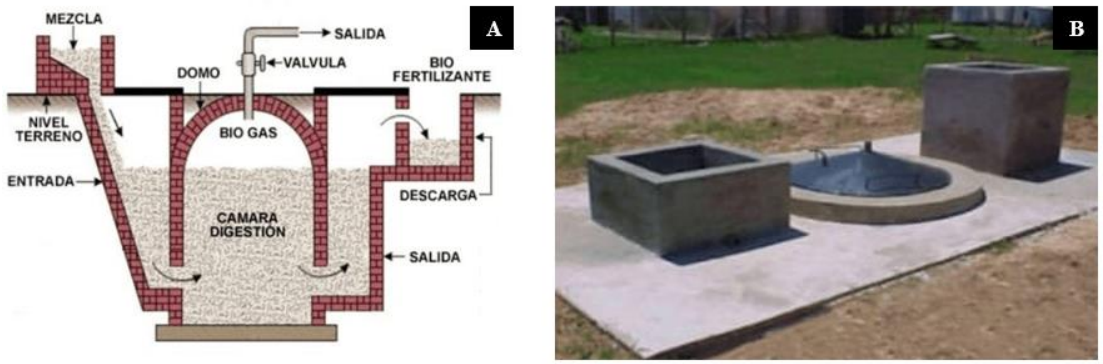
REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

utiliza alvenaria ou concreto reforçado ou ferro-cimento para a câmara digestora, com domo estanque para o gás e câmara de deslocamento de efluente; os tamanhos variam em unidades domésticas pequenas, alguns m³, até médias para fazendas, comuns volumes entre 6 e 16 m³, em aplicações de países em desenvolvimento (UCHE et al, 2020). O custo comparado ao tipo tubular de baixa tecnologia é mais alto em termos de mão-de-obra e tempo de construção, mas oferece vida útil longa e boa durabilidade estrutural se bem construído (OBILEKE, 2021).

As análises de transferência de tecnologia e adoção regional indicam que o projeto de cúpula fixa foi amplamente implantado na Ásia e África, mas é pouco comum no Brasil, onde sistemas tubulares ou de baixa complexidade são frequentemente preferidos; os estudos brasileiros apontam para a necessidade de adaptações locais como isolamento térmico reforçado, atenção aos materiais de alvenaria e mão-de-obra especializada, além de ajustar o tempo de retenção hidráulica (HRT) e a misturação quando os substratos diferem, por exemplo, resíduos de alimentos de alta umidade versus esterco bovino (BUDIMAN, 2020; KALSUM et al., 2022) Investigações recentes ressaltam a importância de adequar volume, HRT e materiais de construção ao clima e substrato locais e recomendam etapas de treinamento, controle de qualidade da construção para reduzir falhas precoces observadas em vários programas de campo (MUNGWE et al., 2016).

Figura 1 - A) Visão esquemática do biodigestor Chinês; B) Biodigestor Chinês.



Fonte: Coelho (2012).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

3.1.2 Biodigestor Indiano — Floating-drum model

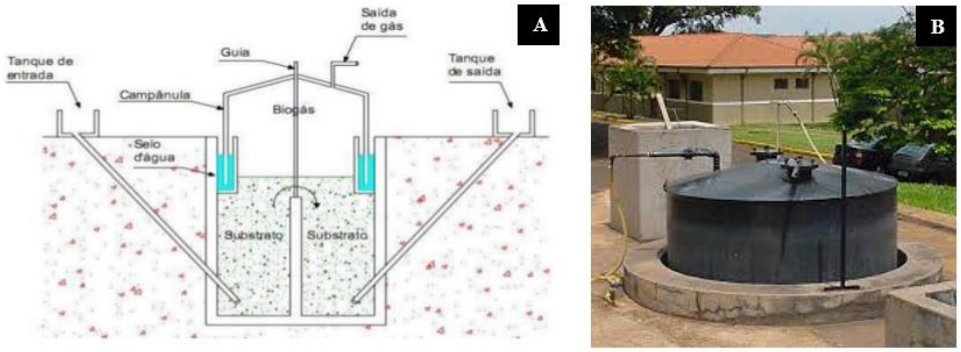
O modelo de tambor flutuante (KVIC / “Indian” floating-drum) opera tipicamente em regime semicontínuo, alimentação diária e deslocamento contínuo do conteúdo: o reator subterrâneo recebe alimentação regular e o gás é coletado num gasometro metálico invertido que flutua, assegurando pressão relativamente estável e leitura direta do volume gerado (PANDEY, 2021). A construção combina câmara de alvenaria/ferro-cimento e um tambor metálico de aço como gasômetro, variantes ferro-cimento e tambores revestidos são relatadas para reduzir corrosão, o que confere boa operação mas exige maior custo inicial (material/antioxidante) e manutenção periódica (pintura/antissulfatação) em comparação com bolsas/tubos plásticos; experimentalmente, plantas KVIC costumam ser projetadas na faixa doméstica a pequenos produtores de 1–10 m^3 e operam com HRT de semanas a meses dependendo do substrato. (PANDEY, 2021; BANDGAR, 2021)

Com relação à aplicação e custo relativo, o autor Coelho (2012) relata que a construção deste equipamento é considerada viável, embora o custo do gasômetro metálico possa elevar significativamente o investimento total necessário. Como também descrito por Deganutti et al. (2002), os modelos de biodigestor Indiano e Chinês constituem as tipologias mais difundidas globalmente e no território brasileiro, em virtude do custo reduzido, alta eficiência e operacionalidade simplificada. O reator de modelo Indiano, é o modelo mais utilizado no Brasil devido à sua funcionalidade e facilidade construtiva, apresenta uma construção acessível e economicamente viável. Contudo, a necessidade de utilização de um gasômetro metálico e eventuais distâncias entre a unidade produtiva e a instalação do equipamento podem elevar o investimento total requerido para a sua implantação.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

Figura 2 - A) Visão esquemática do biodigestor Indiano; B) Biodigestor Indiano.



Fonte: Coelho (2012); Barreira (2011)

3.1.3 Biodigestor Sertanejo

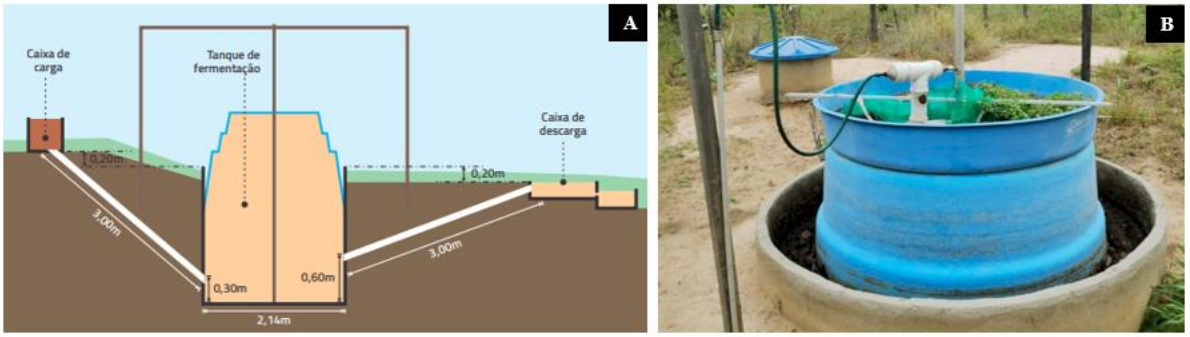
O biodigestor de modelo sertanejo incorpora as mesmas características fundamentais do biodigestor indiano, diferenciando-se principalmente pelos aspectos construtivos, substituição de materiais e custo adaptado à realidade de comunidades que dependem de programas de assistência social (SOUZA NETO, 2021). Uma das adaptações mais relevantes consiste no uso de placas em sua construção – tecnologia previamente difundida em cisternas e de domínio das famílias residentes na região Nordeste do Brasil. Este modelo foi concebido para atender demandas de pequenos e médios produtores rurais, requerendo investimento médio inferior ao dos demais modelos disponíveis no mercado (MATOS; JÚNIOR, 2011).

Conforme Arelli et al. (2018), os biodigestores mais conhecidos e utilizados no Brasil são os modelos canadense, chinês e indiano. Somando-se a esses, o modelo sertanejo apresenta ampla adoção no Nordeste brasileiro em função de suas particularidades construtivas. De acordo com Souza Neto (2021), o desenvolvimento do biorreator sertanejo é creditado a organizações não governamentais que atuam no enfrentamento à seca na região Nordeste. Registra-se, contudo, escassez de estudos na literatura que abordem a capacidade real de produção de biogás desse modelo específico de biodigestor.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

Figura 3 - A) Visão esquemática do biodigestor Sertanejo; B) Biodigestor Sertanejo.



Fonte: Instituto 17 (2022); Quevedo (2024)

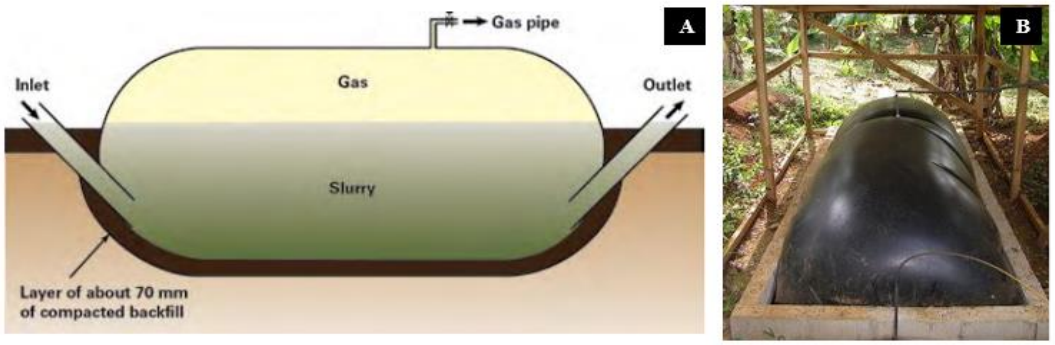
3.1.4 Biodigestor Tubular

O biodigestor tubular, também conhecido como tipo balão, consiste em uma estrutura cilíndrica flexível de material hermético, geralmente PVC, polietileno ou borracha, que integra as funções de câmara de digestão e armazenamento de gás. O biogás acumula-se na parte superior do dispositivo, enquanto os tubos de alimentação e descarga conectam-se diretamente à sua parede, permitindo o controle de pressão através da adição de pesos sobre a superfície. Sua instalação ocorre em valas com declive na extremidade de saída para facilitar o acúmulo de efluente, expandindo-se volumetricamente com a produção de gás para coleta por conexão superior (VÖGELI et al., 2014). Amplamente utilizado na América Latina (IRENA, 2016), este modelo destaca-se pelo baixo custo de implantação, flexibilidade operacional e adaptabilidade a diferentes escalas produtivas, configurando-se como alternativa economicamente viável para produção de biogás em pequena escala (OBILEKE; ONYEAKA; NWOKOLO, 2021).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

Figura 4 – A) Visão esquemática do biodigestor Balão; B) Biodigestor Balão



Fonte: Vögeli, Y. et al (2014); Orhorhoro; Erameh (2024)

3.1.5 Biodigestor modular flexível

Os biodigestores domésticos modulares flexíveis representam uma alternativa tecnológica de fácil instalação e transporte, amplamente utilizada em contextos rurais e periurbanos. Esses sistemas, geralmente confeccionados em PVC ou PEAD, são fornecidos em formato pré-fabricado e possuem custo inicial reduzido em comparação aos modelos fixos tradicionais (MAPANTSELA, 2024).

Entre os principais exemplos comerciais estão o HomeBiogas, de origem israelense, amplamente difundido em programas de biogás residencial, e os modelos Puxin e Turtle Biogas, desenvolvidos na China e adaptados para diferentes escalas de uso (HOMEBIOGAS, 2025; PUXIN, 2015).

Figura 5 – A) Biodigestor Puxin; B) Biodigestor Turtle Biogas



REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

Fonte: Puxin (2015); Turtle Biogas (2025)

A seguir, são apresentados dois quadros comparativos que reúnem os modelos mais comuns de biodigestores domésticos, abrangendo desde os sistemas artesanais até os modelos comercializados industrialmente. O Quadro 1 apresenta a comparação entre os biodigestores quanto ao design e à construção, enquanto o Quadro 2 apresenta a comparação quanto ao processo biológico e aos resultados obtidos.

Em ambos os quadros, alguns dados numéricos são expressos em forma de variação (*range*), uma vez que os valores encontrados na literatura variam conforme o porte do equipamento e o tipo de substrato utilizado no abastecimento. As informações apresentadas foram compiladas a partir de diversas fontes, incluindo autores e fabricantes de biodigestores, citados nas referências deste artigo.

Quadro 1 – Comparação entre biodigestores quanto ao design e construção

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

Modelos	Design e construção			
	Fabricantes	**Material/Construção**	**Volume do fermentador**	**Isolamento térmico**
Biodigestor Chinês	Artesanal	Alvenaria / concreto / ferro-cimento	3 – 16 m³ (unidades domésticas até médios)	Parcial (enterrado ou semi-enterrado)
Biodigestor Indiano	Artesanal/Biotech	Alvenaria/ferro-cimento + gasômetro metálico (tambor)	0,1 – 10 m³ (doméstico a pequeno produtor)	Parcial (enterrado ou semi-enterrado).
Biodigestor Sertanejo	Artesanal	Alvenaria/placas; adaptações locais	1 – 10 m³ (doméstico a pequeno produtor)	Parcial (enterrado ou semi-enterrado).
Lona e estrutura	Puxin Bioculty	Lona PVC/PE + estrutura metálica ou moldura	0,5 – 5 m³ (sistemas modulares pequenos)	Não possui
Lona sem estrutura	Homebiogas Teenwin Turtle	Lona PVC / PE (Polietileno)	0,5 – 5 m³ (sistemas modulares pequenos)	Não possui
Biodigestor compacto de plástico	Artesanal/Frenergy	Plástico rígido, HDPE, reservatórios plásticos para líquidos	0,1 – 1 m³ (sistemas modulares pequenos)	Não possui

Fonte: Elaborada pelo autor com base em diversos estudos

Quadro 2 – Comparação quanto ao processo biológico e resultados

Modelos	Processo biológico			Resultados			
	Alimentação diária ou batelada (kg)	**Tempo de retenção hidráulica (TRH)**	**Produção de biogás (horas diária)**	**Custo**	**Difusão Geográfica**	**Vantagens**	**Desvantagens**
Biodigestor Chinês	5 – 50 kg/dia	20 – 60 dias	2 – 7 h/dia	US$ 200 – 1.400; R$ 1.070 – 7.490 (US$→R$ 5,35)	Ásia; Brasil	Longa vida útil (>20 anos); Sem partes móveis; Boa conservação de temperatura.	Mão de obra especializada; Suscetível a vazamentos; Entupimento no tubo de alimentação.
Biodigestor Indiano	3 – 30 kg/dia	20 – 60 dias	2 – 7 h/dia	US$ 150 – 1.200; R$ 800 – 6.420 (US$→R$ 5,35)	Índia; Sul da Ásia	Pressão constante do gás; Visualização da produção.	Corrosão do gasômetro; Custo (gasômetro de metal)
Biodigestor Sertanejo	2 – 15 kg/dia	20 – 60 dias	1 – 5 h/dia	US$ 50 – 500; R$ 270 – 2.675 (US$→R$ 5,35)	Brasil (Nordeste Brasileiro)	Pressão constante do gás; Adaptação com materiais locais de baixo custo.	Baixa produção de biogás; Maiores perdas de gás.
Lona e estrutura	1 – 15 kg/dia	10 – 45 dias	1 – 5 h/dia	US$ 600 – 1.700 R$ 3.210 – 9.095; (US$→R$ 5,35)	China; Europa; Américas	Facilidade de instalação; Vedação segura; Suporte técnico.	Controle de temperatura; Capacidade de processamento.
Lona sem estrutura	1 – 15 kg/dia	10 – 45 dias	1 – 5 h/dia	US$ 600 – 1.700 R$ 3.210 – 9.095; (US$→R$ 5,35)	China, Europa, Américas	Facilidade de instalação; Vedação segura; Suporte técnico.	Controle de temperatura; Capacidade de processamento.
Biodigestor compacto de plástico	0,5 – 10 kg/dia	10 – 40 dias	0,5 – 2 h/dia	US$ 500 – 2,000 R$ 2.675 – 10.700; (US$→R$ 5,35)	China, Europa, Américas	Baixo custo, portátil e adaptável; Materiais recicláveis.	Limitado a pequenas capacidades.

Fonte: Elaborada pelo autor com base em diversos estudos

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

3.2 Levantamento de iniciativas governamentais

A literatura aponta a expansão de biorreatores domésticos no Brasil como solução sustentável para tratar resíduos orgânicos, gerar energia e produzir biofertilizantes, sobretudo em propriedades rurais familiares. Conforme Salzer e Bertolini (2023), esses sistemas oferecem benefícios integrados que incluem a melhoria do saneamento básico e a redução do consumo de lenha e GLP.

No âmbito das políticas nacionais, Mathias (2023) ressalta que iniciativas como o Programa Nacional do Biogás e Biometano (PNBB) e o Programa Metano Zero buscam fomentar o aproveitamento energético de resíduos mediante instrumentos regulatórios e incentivos financeiros. Paralelamente, o projeto PROBIOGÁS, estabelecido através da cooperação Brasil-Alemanha, tem atuado sistematicamente desde 2013 na capacitação de técnicos, desenvolvimento de diretrizes e formulação de políticas para biogás e saneamento descentralizado. De acordo com Souza (2017), essa iniciativa tem contribuído significativamente para o avanço do marco regulatório e para a disseminação de biodigestores familiares em diversas regiões do território nacional.

3.2.1 Projetos de extensão rural e pesquisa acadêmica

Instituições públicas de ensino e pesquisa no4 Brasil exercem papel fundamental no desenvolvimento e difusão de reatores de pequeno porte, integrando extensão rural e investigação tecnológica. Na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), estudo técnico-socioeconômico no Assentamento Trangola atestou a viabilidade do biodigestor sertanejo, com boa aceitação comunitária e produção suficiente de biogás para cocção (SILVA, 2019). Na mesma região, ações do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) registraram redução no consumo de lenha e melhoria na qualidade de vida com a adoção dessa tecnologia social (SILVA; CORREIA, 2020).

A adaptação local e a capacitação técnica mostram-se determinantes para o sucesso dessas iniciativas, conforme demonstrado pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) em experimentos com biodigestores de baixo custo (ÁVILA; PRATES,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

2024). Na Amazônia, a UNIFESSPA documentou benefícios integrados da biodigestão em comunidades rurais, incluindo geração de biogás, produção de biofertilizantes e redução do descarte inadequado de resíduos (MONTEL, 2021).

O impacto positivo estende-se também a arranjos coletivos, como observado pelo Instituto Federal de Goiás (IFG) em cooperativas rurais, onde a tecnologia propiciou economia de recursos e maior autonomia energética (AZEVEDO, 2021). Coletivamente, essas experiências reforçam o papel estratégico das instituições públicas na transferência de tecnologias sustentáveis, fomentando a transição para modelos energéticos descentralizados e ambientalmente adequados às realidades brasileiras.

3.2.2 Experiências comunitárias e privadas na implementação de biodigestores domésticos no Brasil

Iniciativas da sociedade civil têm sido determinantes na difusão de biodigestores em contextos rurais, com destaque para as ações do Instituto 17 e da Diaconia na promoção do Biodigestor Sertanejo no semiárido nordestino. Conforme documentado pelo Instituto 17 (2022), esta tecnologia social de baixo custo transforma resíduos em biogás e biofertilizantes, resultando em melhorias sanitárias, redução do consumo de lenha e maior autonomia energética. A Diaconia, por sua vez, expandiu significativamente o alcance deste modelo, atingindo sete estados brasileiros através de projeto financiado pelo FSA CAIXA que incluiu capacitação de pedreiros e agricultores familiares (LAMPERT, 2021).

O contexto urbano também apresenta experiências relevantes, como demonstra a atuação da ONG Biosaneamento na Favela do Robertão, em São Bernardo do Campo-SP. Segundo Rego (2025), a implementação de modelos diversificados, incluindo biodigestores de anéis de concreto, IBC biodigester e HomeBiogas, permitiu a produção de biogás para cocção, redução de esgoto a céu aberto e diminuição do envio de resíduos para aterros. A pesquisa destaca que o envolvimento comunitário foi elemento crucial para o sucesso desta iniciativa, desenvolvida sob a metodologia "Comunidade Lab" desde 2019 (BIOSANEAMENTO, [s.d.]).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

Complementando este cenário, experiências coletivas e programas públicos evidenciam o potencial de modelos institucionalizados. A AMBI COOP, cooperativa de produção de energias renováveis, viabilizou sistema coletivo de biodigestão que aproveita dejetos agropecuários para geração energética e agrícola, reduzindo custos com gás e fertilizantes (COELHO, 2023). Paralelamente, o Projeto Dom Helder Câmara beneficiou aproximadamente 15 mil famílias nordestinas com biodigestores alimentados por esterco bovino para uso em fogões domésticos (ROCHA, 2016). Estas experiências demonstram coletivamente a viabilidade de modelos descentralizados e participativos para promover transições energéticas sustentáveis nas diversas realidades brasileiras.

3.2.3 Avaliação dos fatores que influenciam sucesso ou abandono

A literatura evidencia que a adoção sustentável de biodigestores domésticos no Brasil depende criticamente da integração entre fatores técnicos, financeiros e sociais. Segundo Lampert (2021), a assistência técnica continuada, a capacitação prática dos usuários e modelos de financiamento adaptados configuram-se como elementos fundamentais para o êxito tecnológico. Projetos com adequado acompanhamento extensionista demonstram significativa redução nas taxas de abandono, enquanto a integração do equipamento à atividade produtiva local, especialmente mediante o uso do digestato como biofertilizante, amplia a viabilidade econômica percebida pelos usuários (SALZER; BERTOLINI, 2023; MILANEZ et al., 2018).

Estudos nacionais e internacionais convergem ao destacar o engajamento comunitário, a comunicação efetiva de benefícios e a governança compartilhada como componentes essenciais para a consolidação tecnológica (UHUNAMURE; NETHENGWE; TINARWO, 2019). Conclui-se que a sustentabilidade dos biodigestores depende de suporte técnico contínuo, treinamento prático, financiamento acessível e envolvimento ativo dos usuários em todas as etapas.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

3.3 Barreiras à adoção de biodigestores domésticos no Brasil

A literatura especializada identifica desafios técnicos significativos na disseminação de biodigestores domésticos no contexto brasileiro, com destaque para a carência de capacitação técnica dos usuários e a escassez de assistência especializada. Conforme demonstram Chiariallo et al. (2023) e Salzer e Bertolini (2023), as dificuldades na operação e manutenção comprometem diretamente a eficiência e durabilidade dos sistemas, evidenciando a necessidade de aprimoramento nos processos de instalação e suporte pós-implementação.

No aspecto econômico, estudos recentes apontam que o elevado custo inicial de implantação e a baixa viabilidade financeira para pequenas propriedades constituem entraves relevantes. De acordo com Camargo et al. (2024) e Santos, Costa e Rocha (2022), a ausência de linhas de crédito específicas e a insuficiência de políticas públicas de incentivo limitam a adoção dessa tecnologia como estratégia de gestão de resíduos e diversificação energética.

As dimensões cultural e social também apresentam barreiras substanciais, caracterizadas pelo ceticismo inicial dos agricultores e pela resistência cultural ao manejo de dejetos. Barichello, Hoffmann e Silva (2012) observam que tais desafios são intensificados pelo estigma decorrente de insucessos anteriores e pela insuficiente capacitação técnica local, fatores que dificultam coletivamente a apropriação tecnológica pelas comunidades rurais.

Complementarmente, a análise do contexto institucional revela que a fragilidade do marco regulatório e a carência de coordenação intersetorial entre políticas de saneamento, energia e agricultura restringem a expansão dos biodigestores. Conforme destacam Instituto 17 (2022) e Duarte (2024), a implementação efetiva desses sistemas depende criticamente da estruturação de políticas públicas consistentes, mecanismos de subsídio e programas de educação ambiental, cuja ausência mantém a tecnologia confinada a iniciativas experimentais pontuais.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

4. Considerações Finais

A revisão demonstrou que os biodigestores domésticos possuem alto potencial para o aproveitamento energético de resíduos e para o fortalecimento da sustentabilidade em pequena escala no Brasil. O país apresenta avanços pontuais em projetos públicos, acadêmicos e comunitários, mas ainda carece de uma política nacional estruturada que estimule sua adoção em larga escala.

O panorama atual indica que a difusão desses sistemas ainda é limitada, ocorrendo principalmente onde há suporte técnico e capacitação local. As principais barreiras identificadas incluem o alto custo inicial de implantação, a falta de assistência técnica contínua e a ausência de incentivos financeiros adequados, fatores que comprometem a continuidade e eficiência dos projetos.

Para o avanço da tecnologia, recomenda-se ampliar políticas públicas de incentivo, fortalecer programas de extensão rural voltados à formação técnica e estimular pesquisas aplicadas sobre desempenho, padronização e viabilidade econômica. A implementação dessas ações poderá consolidar os biodigestores domésticos como uma ferramenta efetiva de transição energética, gestão de resíduos e desenvolvimento sustentável no Brasil.

Referências

ARELLI, Vijayalakshmi et al. Dry anaerobic co-digestion of food waste and cattle manure: Impact of total solids, substrate ratio and thermal pre treatment on methane yield and quality of biomanure. **Bioresource technology**, v. 253, p. 273-280, 2018.

ÁVILA, Eduardo Ribeiro da Silva; PRATES, Mauro de Oliveira. **Avaliação e projeção de biodigestor caseiro acessível para pequenos produtores rurais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Elétrica, 2024. Disponível em: https://www3.dti.ufv.br/sig_del/consultar/download/492. Acesso em: 27 out. 2025.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

AZEVEDO, Henrique et al. **Biodigestores anaeróbios como alternativa tecnológica para produtores e cooperativas rurais**. 2021.

BALDI, F. et al. Experimental evaluation and data-driven modeling of a micro-biogas plant under realistic residential conditions. **Renewable Energy**, v. 236, 2025. DOI: 10.1016/j.renene.2025.123486. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148125009954. Acesso em: 15 set. 2025.

BANDGAR, P. S**. Development of an analytical model for cost-based optimization of KVIC biogas plant dimensions**. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/356210687_Development_of_an_analytical_model_for_cost-based_optimization_of_KVIC_biogas_plant_dimensions. Acesso em: 22 set. 2025.

BARICHELLO, R.; HOFFMANN, R.; SILVA, C. D. O uso de Biodigestores em Pequenas e Médias Propriedades Rurais com ênfase na agregação de valor. **Revista de Administração da UNICESUMAR**, v. 12, n. 1, p. 347-369, 2012. Disponível em: https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/download/3096/2600. Acesso em: 27 out. 2025.

BARREIRA, Paulo. **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para zona rural**. São Paulo: Ícone, 2011.

BIOSANEAMENTO. **Sistemas Instalados**. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: https://associacaobiosaneamento.org/sistemas-instalados/. Acesso em: 25 out. 2025.

BIOTECH BIOGAS. **Home**. 2025. Disponível em: https://www.biotechbiogas.com/. Acesso em: 1 nov. 2025.

BUDIMAN, Ibnu. The Role of Fixed-Dome and Floating Drum Biogas Digester for Energy Security in Indonesia. **Indonesian Journal of Energy**, *[S. l.]*, v. 3, n. 2, p.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

83–93, 2020. DOI: 10.33116/ije.v3i2.88. Disponível em: https://ije-pyc.org/IJE/article/view/88. Acesso em: 24 oct. 2025.

CAMARGO, Cristian Joel Polli; CHIME, Jhosmynio Apollo; BERTON, Alessandra Novais Bassetto. **Aplicação de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais**. Revista Tecnológica da FATEC, v. 15, n. 1, 2024.

CHIARIELLO, Caio Luis; MAUAD, Juliana Carrijo; DUBLIM, Jackeline. A Percepção dos agricultores familiares do assentamento Itamarati-MS na aplicação de biodigestores: debate teórico e empiria sobre uma tecnologia social. **Retratos de Assentamentos**, v. 26, n. 2, p. 125-140, 2023.

COELHO, P. **Biodigestores Contínuos e de Batelada: Funcionamento e Vantagens**. 2012. Disponível em: https://www.engquimicasantossp.com.br/2012/07/biodigestores.html. Acesso em: 20 mar. 2023.

COELHO, Suani Teixeira et al. **Estudo de caso aplicado AMBICOOP: cooperativa de geração de energias sustentáveis e saneamento rural Toledo-PR: produto II**. (Projeto Sistemas de Energia do Futuro III). Universidade de São Paulo. Instituto de Energia e Ambiente, 2023. DOI: https://doi.org/10.11606/9786588109182 Disponível em: www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/1506 . Acesso em 25 out. 2025.

DEGANUTTI, R. et al. **Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada**. Bauru: [s. n.], 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328889884_BIODIGESTORES_RURAIS_

MODELO_INDIANO_CHINES_E_BATELADA. Acesso em: 18 out. 2025.

DUARTE, J. C. **O papel dos biodigestores na gestão de resíduos orgânicos urbanos no Brasil**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

Santo, [S.l.], 2024. Disponível em: https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/5763/TCC_Biodigestores_Res%C3%ADduos_Org%C3%A2nicos.pdf. Acesso em: 27 out. 2025.

EBEL, R. et al. Household-scale anaerobic digestion of food waste — a community case study. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 9, 2025. DOI: 10.3389/fsufs.2025.1610943. Disponível em: https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2025.1561457/full. Acesso em: 16 set. 2025.

ECKERWALL, M.; JANSSON, C.; LARSSON, V. **Tubular polyethylene biogas digesters-Development and testing of a biogas technology in Malawi to reduce deforestation and support climate change mitigation and adaptation**. Civilingenjörsprogrammet i energisystem, 2015.

FRENERGY. **Biogas & Biodigester Plant Prices**. 2025. Disponível em: https://www.frenergy.co.nz/biogas-biodigester-plant-prices/. Acesso em: 1 nov. 2025.

GAUTAM, B. **Performance Analysis of Homebiogas and Comparison with Modified GGC-2047 Model Biogas Plant**. Artech Journal of Effective Research in Engineering and Technology (AJERET), [S. l.], 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/344557711_Performance_Analysis_of_Homebiogas_and_Comparison_with_Modified_GGC-2047_Model_Biogas_Plant. Acesso em: 22 out. 2025.

HOFFMANN, Grace Cury et al. **Monitoramento e controle dos parâmetros para otimização da produção de biogás por biodigestores de lagoa coberta alimentados com dejeto suíno**. Informe Goiano: Circular de Pesquisa Aplicada, [S. l.], 2022. Disponível em: https://periodicos.ifgoiano.edu.br/informe_goiano/article/view/1547. Acesso em: 16 out. 2025.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

HOMEBIOGAS. **HomeBiogas 2** — Technical specifications and product information. 2025. Disponível em: https://www.homebiogas.com. Acesso em: 1 nov. 2025.

INSTITUTO 17. BIOGÁS NO BRASIL: **Análise de modelos de negócio para o desenvolvimento sustentável**. Relatório Técnico 08-2022. [S.l.]: Instituto 17, 2022. Disponível em: https://i17.eco.br/wp-content/uploads/2022/11/RT08-2022.pdf. Acesso em: 27 out. 2025.

INSTITUTO 17; DIACONIA. **Biodigestor Sertanejo: tecnologia social para o fortalecimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Recife, 2022. Disponível em: https://i17.eco.br/wp-content/uploads/2022/11/RT05-2022.pdf. Acesso em: 25 out. 2025.

IRENA. **Measuring small-scale biogas capacity and production**. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2016. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Statistics_Measuring_small-scale_biogas_2016.pdf. Acesso em: 24 out. 2025.

ITAIPU PARQUETEC. **Relatório de Sustentabilidade 2024**. Foz do Iguaçu, 2025. Disponível em: https://www.itaipuparquetec.org.br/wp-content/uploads/2025/04/Relatorio-de-Sustentabilidade-2024-Itaipu-Parquetec.pdf. Acesso em: 25 out. 2025.

KALSUM, L. et al. **Biogas and Electrical Energy Production from Market Waste at Fixed-Dome Biodigester in Talang Banjar, Jambi**. Atlantis Highlights in Engineering, v. 9, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/358811470_Biogas_and_Electrical_Energy_Production_from_Market_Waste_at_Fixed_Dome_Bio-digester_in_Talang_Banjar_Jambi. Acesso em: 22 out. 2025.

LAMPERT, Clarissa de Moura. **Um estudo sobre o uso de biodigestores no Brasil**. 2021. 78 f. Monografia (Especialização em Sustentabilidade em Cidades,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

Edificações e Produtos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/server/api/core/bitstreams/2abc86ce-f5fa-42ac-9f98-c65f0ca0c870/content. Acesso em: 23 out. 2025.

MAPANTSELA, Yolanda et al. **Portable Biogas Digester: A Review**. Gases, v. 4, n. 3, p. 205-223, 2024. DOI: 10.3390/gases4030012. Disponível em: https://www.mdpi.com/2673-5628/4/3/12. Acesso em: 1 nov. 2025.

MATHIAS, João Felippe Cury Marinho; SILVA, Sofia Sthel. **Oportunidades e desafios para o desenvolvimento do biogás na agricultura familiar do Brasil**. Revista de Política Agrícola, *[S. l.]*, v. 32, n. 2, p. 87, 2023. Disponível em: https://rpa.sede.embrapa.br/RPA/article/view/1865. Acesso em: 24 out. 2025.

MATTOS, L. C.; JÚNIOR, M. F. **Manual do biodigestor sertanejo**. Recife: Projeto Dom Helder Camara, 2011. Disponível em: http://cumaru-pe.com.br/data/documents/Manual-do-Biodigestor-Sertanejo-1.pdf. Acesso em: 17 set. 2025.

MILANEZ, Artur Yabe et al. **Biogás de resíduos agroindustriais: panorama e perspectivas**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 47, p. 221-275, mar. 2018. Disponível em: http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15384. Acesso em: 27 out. 2025.

MONTEL, Luelma Vieira. **Implantação de biodigestores de baixo custo como tecnologias sociais em propriedades da agricultura familiar na Amazônia**. 2021. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Instituto de Estudos e Desenvolvimento Agrário e Regional, Faculdade de Ciências Agrárias, Marabá, 2021. Disponível em: http://repositorio.unifesspa.edu.br/jspui/handle/123456789/1762. Acesso em: 23 out. 2025

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

MUNGWE, Jerome Ndam et al. The fixed dome digester: An appropriate design for the context of Sub-Sahara Africa?. **Biomass and bioenergy**, v. 95, p. 35-44, 2016.

OBILEKE, KeChrist; ONYEAKA, Helen; NWOKOLO, Nwabunwanne. Materials for the design and construction of household biogas digesters for biogas production: A review. **International Journal of Energy Research**, v. 45, n. 3, p. 3761-3779, 2021.

ORHORHORO, E.; ERAMEH, Andrew. A comprehensive review on anaerobic digestion plant. Sci. **Total Environ**, v. 2, p. 13-28, 2019.

PANDEY, Prachi et al. Dairy waste and potential of small-scale biogas digester for rural energy in India. **Applied Sciences**, v. 11, n. 22, p. 10671, 2021.

DA SILVA PEQUENO, Renato et al. **Estudo da viabilidade de geração de biogás em uma instituição de ensino da Baixada Santista**. Revista Brasileira de Mecatrônica| Brazilian Journal of Mechatronics, v. 6, n. 4, p. 92-102, 2024.

PUXIN TECHNOLOGY. **Domestic Biogas Plant / PX-ABS series**. 2015. Disponível em: http://en.puxintech.com/sy. Acesso em: 1 nov. 2025.

QUEVEDO, Heleno. Diaconia biodigestor sertanejo: entrevista com Ita Porto. **Biogás e Energia**, 2024. Disponível em: https://biogaseenergia.com.br/diaconia-biodigestor-sertanejo-entrevista-com-ita-porto. Acesso em: 1 nov. 2025.

RAJENDRAN, K. **Experimental and economical evaluation of floating drum biogas digesters**. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237076303_Experimental_and_economical_evaluation_of_a_novel_biogas_digester. Acesso em: 14 out. 2025.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; DO AMARAL, A. C. **Fundamentos da Digestão Anaeróbia, Purificação do Biogás, Uso e Tratamento do Digestato**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

REGO, Yuki Tako da Costa. **O uso de biodigestores como estratégia para mitigar a pobreza energética e ampliar acesso ao saneamento básico: A Favela do Robertão, em São Bernardo do Campo, São Paulo, como estudo de caso**. 2025. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ROCHA, Camila Marçal da. **Proposta de implantação de um biodigestor anaeróbio de resíduos alimentares**. 2016. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016. Disponível em: https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TCC-camila-final-pdf.pdf. Acesso em: 23 out. 2025.

SALZER, Elisiane; BERTOLINI, Geysler Rogis Flor**. Biodigestor familiar como estratégia para o saneamento rural: Uma revisão sistemática**. Desenvolvimento em Questão, *[S. l.]*, v. 21, n. 59, p. e12559, 2023. DOI: 10.21527/2237-6453.2023.59.12559. Disponível em: https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/12559. Acesso em: 27 out. 2025.

SANTOS, N. M. dos; COSTA, P. M. M. da; ROCHA, M. B. Tendências e padrões do uso de biodigestores em estudos brasileiros. **Terræ Didatica**, v. 18, p. e022019, 2022. DOI: 10.20396/td.v18i00.8668552. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/download/8668552/29672/136143. Acesso em: 25 out. 2025.

SILVA, Ian Macedo. **Estudo de viabilidade da implantação de um biodigestor sertanejo no Assentamento Trangola em Currais Novos (RN)**. 2019. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

SILVA, Jose Edson; CORREIA, Lais Ariane. **Biodigestor sertanejo como alternativa para a conservação do semiarido potiguar**. HOLOS, [S. l.], v. 6, p. 1–

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/11/2025 - **Accepted:** 24/11/2025
Vol: 20.03
DOI: 10.61164/bhpsag62
Pages: 1-24

11, 2020. DOI: 10.15628/holos.2020.10125. Disponível em: https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/10125. Acesso em: 27 out. 2025.

SOUZA NETO, José Joaquim de et al. **Biogás: vetor energético em uma agroindústria na cidade de Pombal/PB**. 2021.

SOUZA, Reinaldo Castro. **Biogás em estações de tratamento de esgotos: os principais legados da cooperação técnica Brasil-Alemanha**. 2017. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

TEENWIN. **Home**. 2025. Disponível em: http://www.teenwin.com/. Acesso em: 1 nov. 2025.

TURTLE BIOGAS. **Home**. 2025. Disponível em: http://www.turtlebiogas.com/. Acesso em: 1 nov. 2025.

UCHE, A. M. et al. Design and Construction of Fixed Dome Digester for Biogas. **American Journal of Environmental Sciences and Technology**, v. 4, n. 2, p. 37-46, 2020. Disponível em: https://academicjournals.org/journal/AJEST/article-full-text-pdf/DE9738662550. Acesso em: 19 out. 2025.

UHUNAMURE, S. E.; NETHENGWE, N. S.; TINARWO, D. Correlating the factors influencing household decisions on adoption and utilisation of biogas technology in South Africa. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 107, p. 264-273, 2019.

VÖGELI, Y. et al. **Anaerobic digestion of biowaste in developing countries: Practical information and case studies**. Dübendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), 2014. Disponível em: https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/Anaerobic_Digestion/biowaste.pdf. Acesso em: 21 out. 2025.