

BIODIGESTOR FAMILIAR COMO ESTRATÉGIA PARA O SANEAMENTO RURAL: Uma Revisão Sistemática

<http://dx.doi.org/10.21527/2237-6453.2023.59.12559>

Submetido em: 27/7/2021

Aceito em: 7/6/2023

Publicado em: 30/11/2023

Elisiane Salzer,¹ Geysler Rogis Flor Bertolini²

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo analisar as características levantadas pelos estudos em relação à utilização do biodigestor familiar como estratégia para o saneamento rural em pequenas propriedades familiares. Para esse fim realizou-se uma pesquisa exploratória, bibliográfica com a revisão sistemática e análise dos dados de forma qualitativa e quantitativa. O *software* Ucinet[®] foi utilizado como suporte nas análises. A coleta dos dados ocorreu por meio de artigos selecionados nas bases *Web of Science*, Scopus e SciELO. As variáveis nos estudos destacam a relação do *saneamento rural com o impacto na saúde, o biogás para cocção* e com a *qualidade de vida*, demonstrando a importância do estabelecimento de biodigestores e as *políticas públicas*, as quais contribuem para a disseminação na instalação. Os resultados mostram que apesar do resultado parcial do desenvolvimento sustentável diante das questões econômicas, a instalação pode ser compensada por ações governamentais que corroboram financeiramente para a disseminação dos biodigestores, haja vista os valiosos benefícios sociais e ambientais. Os estudos encontrados não corroboram a utilização do biodigestor para o saneamento rural, mostrando-se necessários estudos para demonstrar a eficiência do biodigestor para tratamento do esgoto e utilização dos subprodutos, biogás e biofertilizantes para melhora na qualidade de vida.

Palavras-chave: biodigestão anaeróbica; dejetos humanos; biogás; qualidade de vida.

FAMILY BIODIGESTER AS A STRATEGY FOR RURAL SANITATION: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT

This study aims to analyze the characteristics raised by the studies against the use of the family digester as a strategy for rural sanitation in small family properties. For this purpose, an exploratory, bibliographical research was carried out with a systematic review and data analysis in a qualitative and quantitative way. The Ucinet[®] software was used to support the analyses. Data collection was through selected articles in the Web of Science, Scopus and SciELO databases. The variables in the studies highlight the relationship of rural sanitation with the impact on health, biogas for cooking and with the quality of life, demonstrating the importance of implanting biodigesters, and public policies contribute to dissemination in the installation. The results show that despite the partial result of sustainable development facing economic issues, the installation can be compensated by government actions that financially support the dissemination of biodigesters, given the valuable social and environmental benefits. The studies found do not support the use of the biodigester for rural sanitation, and studies are needed to demonstrate the efficiency of the biodigester for sewage treatment and the use of by-products, biogas and biofertilizer, to improve quality of life.

Keywords: anaerobic digestion; human waste; biogas; quality of life.

¹ Universidade do Oeste do Paraná – Unioeste. Marechal Cândido Rondon/PR, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-8898-8097>

² Universidade do Oeste do Paraná – Unioeste. Marechal Cândido Rondon/PR, Brasil. <http://orcid.org/0000-0001-9424-4089>

INTRODUÇÃO

O tratamento dos resíduos impacta fortemente para uma melhora na qualidade de vida e nas questões da saúde da população. No Brasil, mais de 23 milhões de pessoas que residem em áreas rurais não possuem tratamento de esgoto e 25% de sua população vive em extrema pobreza (Da Costa; Guilhoto, 2014; Resende; Ferreira; Fernandes, 2018). A instalação da rede de esgoto pode evitar infecções desencadeadas por sintomas como a diarreia, sendo capaz de evitar mortes por diversos tipos de infecção oriundas da falta do saneamento (Sibanda *et al.*, 2013; Da Costa; Guilhoto, 2014; Resende; Ferreira; Fernandes, 2018).

A digestão anaeróbia é um fator que possibilita a gestão dos resíduos orgânicos, tornando-se uma alternativa de energia renovável, com a produção de energia, biogás e biofertilizantes. A finalidade do biodigestor é o tratamento de forma correta dos resíduos, sendo eles de animais, humanos e inclusive dejetos da cozinha, melhorando assim a qualidade de vida e contribuindo com questões ambientais, por meio da correta destinação dos dejetos.

Os estudos de Smith, Goebel e Blignaut (2014), Viquez (2016), Bedi, Sparrow e Tasciotti (2017), Rahman *et al.* (2019), Da Silva e Correia (2020), destacam a importância da instalação do biodigestor familiar em áreas rurais, principalmente em áreas mais pobres que utilizam para a cocção a lenha, em que o biodigestor auxilia na melhoria de qualidade de vida, pois o biogás gerado é essencial para utilização na cozinha e preparação dos alimentos. Relatam ainda os autores que as carências de fontes de energia são solucionadas com a instalação dos biodigestores.

Quanto à utilização do biodigestor para auxiliar no saneamento Sibanda *et al.* (2013) estudaram diversos cenários para instalação de biodigestores em uma periferia de Zimbábue, na África, recomendando o estabelecimento da tecnologia do biodigestor, pois este possui grande potencial diante de questões econômicas e de saneamento, visto que, além de melhorar a higiene e evitar epidemias, possibilita a geração de energias renováveis.

Da Costa e Guilhoto (2014) destacam a importância do saneamento tanto em áreas urbanas quanto rurais, e que nas áreas rurais a maioria das fossas são rudimentares, e não funcionam para impedir a perversão das águas. Evidenciam, ainda, que a fossa séptica biodigestora, além de preservar a contaminação das águas, promove o tratamento dos dejetos humanos. Corroborando, o estudo de Santos e Pereira (2020) destaca que o saneamento beneficia o desenvolvimento local e contribui como estratégia de políticas públicas para o turismo regional.

Diferentemente da fossa séptica biodigestora, o biodigestor permite além do tratamento dos dejetos, a geração de energias renováveis, como verificado no estudo de Sibanda *et al.* (2013), os quais mencionam a utilização do biodigestor para solucionar problemas como o saneamento e ainda permite a geração de energia e biogás, fornecendo inúmeros benefícios ambientais e socioeconômicos, inclusive reduzindo o desmatamento, visto que em várias regiões a lenha é utilizada para cocção.

Nesse contexto, o artigo propõe-se a responder os seguintes questionamentos: Quais as características dos estudos científicos diante da utilização do biodigestor familiar como estratégia para o saneamento rural em pequenas propriedades familiares? Com o propósito de responder ao questionamento da pesquisa, tem-se como objetivo deste trabalho analisar as características levantadas pelos estudos em relação à utilização do biodigestor familiar como estratégia para o saneamento rural em pequenas propriedades.

Para tanto, os seguintes objetivos específicos são delineados: a) selecionar o portfólio bibliográfico nas bases *Web of Science*, Scopus e SciELO sobre a temática estudada: biodigestor familiar, saneamento rural e estratégias com o biodigestor; b) realizar uma análise da utilização do biodigestor familiar como estratégia para o saneamento rural, encontrados nos estudos pesquisados, buscando identificar as metodologias mais usuais.

O uso do biodigestor familiar contribui em questões ambientais, sociais e econômicas. Assim, este estudo justifica-se por demonstrar que a utilização do biodigestor pode sanar problemas com o tratamento do saneamento rural e melhora no meio ambiente com um custo baixo, visto que observou-se a ausência de estudos que abordam o biodigestor familiar especificamente no que diz respeito ao tratamento sanitário, destacando a importância de estudos que elenquem a estratégia do biodigestor para o saneamento rural.

O artigo contém cinco seções, incluindo esta introdução. Na primeira seção apresenta-se o levantamento teórico. Em seguida, os procedimentos metodológicos adotados no decorrer desta pesquisa. A quarta seção contempla a análise das estratégias com a utilização do biodigestor familiar relacionadas ao saneamento rural. As considerações finais acerca do tema resumizam este trabalho.

ESTRATÉGIAS DE UTILIZAÇÃO DO BIODIGESTOR FAMILIAR

A biodigestão anaeróbica é utilizada no processamento de matérias orgânicas, acelerando a decomposição e minimizando os impactos ambientais, seguindo o tripé da sustentabilidade, ou seja, proporcionando benefícios ambientais, econômicos e sociais (Gomes; Raiher, 2013).

A tecnologia do biodigestor é mundialmente reconhecida como a forma mais eficiente na geração de energia com inúmeros benefícios ao meio ambiente, sendo utilizada há mais de cem anos no tratamento de águas residuais (Cheng *et al.*, 2014).

Em alguns países existem programas nacionais para instalação de biodigestores, como no caso da Etiópia, em que o Programa Nacional de Biogás vem introduzindo a tecnologia do biodigestor familiar como alternativa de fonte de energia renovável (Kelebe, 2018).

Em Cambodja, na Ásia, o Programa Nacional de Biodigestores (NBP) foi criado em 2006 para instalação de biodigestores familiares, e nos seis primeiros anos foram efetivados mais de 20 mil biodigestores (Hyman; Bailis, 2018).

Na América Latina existem vários programas e formas de financiamento para instalação de biodigestor familiar, conforme dados da Rede de Biodigestores para a América Latina e o Caribe – Redbiolac – visando à melhoria na qualidade de vida, aumento da renda e economia com o gás de cozinha, e, ainda, destinação correta dos dejetos. A pesquisa de Garfí *et al.* (2016), destaca que a maioria dos biodigestores familiares instalados na América Latina tem a finalidade de cozinhar, deixando de utilizar a lenha para esse fim. A Tabela 1 apresenta os projetos desenvolvidos na América Latina.

Tabela 1 – Programas de biodigestor familiares

País	Programa desenvolvedor do biogás	Forma de financiamento	Implantação	Beneficiados	Utilização
Bolívia	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Energizing Development (EnDevBolívia) e Centro Internacional de Métodos Numéricos Ingeniería (CIMNE)</i>	80% usuários 20% instituições	2007-2012	740 famílias 2 escolas 5 centros comunitários	Cozinhar
Colômbia	Universidade de Tropical Agricultura <i>Foundation</i> e <i>Red Colombiana de Energía de la biomassa (RedBioCOL rede)</i>	70% usuários 30% subsídio	1990 em andamento	50 famílias	Cozinhar
Costa Rica	Escola de Agricultura da Região Tropical de Húmera (Earth University)	50% Earth 25% Subsídio 25% Usuários	1994 – em andamento	2.500 famílias	Cozinhar e aquecimento.
Cuba	Estação Experimental Índio Hatuey	100% Usuários	2007 em andamento	79 famílias e comunidades	Cozinhar, Aquecimento e eletricidade
Equador	Associação de Campesinos Agroecológicos de Intag (Acai) e Coordenação Equatoriana de Agroecologia (CEA)	100% Usuários	2002 em andamento	80 famílias	Cozinhar
Guatemala	Associação Alterna NGO	20-30 % usuários 60-80% Subsídio 0-10% Associação	2010 em andamento	22 famílias	Cozinhar e aquecimento
Honduras	Universidade de Zamorano e Centro Zamorano de Energia Renovável (CZER)	100% Usuários	2011-2012	23 famílias	Cozinhar e iluminação
México	Instituto Internacional de Recursos Renováveis (IRRI) e Sistema Biobolsa Empresa	0-100% Usuários 0-100% subsídio	2007 em andamento	1.050 famílias	Cozinhar

Fonte: Adaptado de Garfí *et al.* (2016).

Observa-se que a utilização do biodigestor familiar como alternativa de geração de energia em pequena escala vem se tornando uma estratégia para as pequenas propriedades rurais. Para a sua execução, porém, é de suma importância a criação de políticas públicas e de subsídios (Kelebe, 2018).

Kabyanga *et al.* (2017) mencionam que a tecnologia do biodigestor é uma estratégia para geração de energias renováveis desde os anos 80 em Uganda, porém para o pequeno produtor o custo é muito elevado, sendo necessário o incentivo de ONGs e políticas públicas.

Biodigestor para o saneamento

A falta de saneamento ocasiona diversas consequências negativas, principalmente relacionadas à poluição ambiental e riscos à saúde da população (Da Costa; Guilhoto, 2014). A instalação de biodigestores voltada para o saneamento traz retornos para a sociedade, diminuindo as epidemias e doenças causadas pela falta de higiene (Sibanda *et al.*, 2013).

Segundo o estudo de Da Costa e Guilhoto (2014), a saúde é a principal variável afetada pelas condições sanitárias, e a instalação dos biodigestores, além de auxiliar na solução desse problema, traz benefícios sociais, ambientais e econômicos, principalmente em regiões mais carentes, que teriam a geração do biogás para cocção dos alimentos.

O biodigestor familiar traz uma alternativa para o saneamento ecológico, alterando o panorama do tratamento do esgoto; assim a tecnologia social do biodigestor pode promover a saúde da população. O tratamento do esgoto resulta na preservação do meio ambiente e melhora na qualidade de vida das comunidades (Proença; Machado, 2018).

Corroborando, Sibanda *et al.* (2013) destacam em seu estudo que a tecnologia do biodigestor tem potencial para contribuir com inúmeras questões ambientais e socioeconômicas, reduzindo o desmatamento e melhorando a qualidade de vida com tratamento adequado do esgoto.

Com a instalação do biodigestor para o saneamento rural, Da Costa e Guilhoto (2014), afirmam que seriam retiradas dos rios cerca de 129 mil toneladas de resíduos e que a cada R\$ 1,00 investido na instalação dos biodigestores, poderia trazer um retorno para a sociedade de R\$ 1,60 em renda interna bruta.

Apesar dos benefícios com a instalação do biodigestor familiar para solucionar o problema do saneamento rural, poucos estudos elencam esta temática. De acordo com Bedi, Sparrow e Tasciotti (2017), para que ocorra a disseminação da instalação dos biodigestores é necessário subsídio por parte do governo, pois o retorno do investimento seria demorado levando em conta a baixa adesão na instalação.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho consiste em uma pesquisa exploratória com a realização de uma revisão sistemática, que, segundo Moloney e Maggs (1999), possibilita identificar variáveis já analisadas e quais foram seus principais resultados, tratando-se de uma sintetização dos trabalhos selecionados por meio de análise qualitativa dos dados.

A pesquisa ocorreu em duas etapas. A primeira, uma revisão sistemática da literatura, com a finalidade de embasamento teórico para o estudo, verificando as variáveis já estudadas e possíveis lacunas teóricas em relação ao tema. A segunda etapa consistiu em analisar os estudos encontrados quanto à temática da pesquisa.

Realizou-se uma busca nas bases eletrônicas de dados (SciElo, Scopus e *Web of Science*), por meio do sistema do portal de periódicos da Capes entre os dias 5 e 29 de abril de 2021. Utilizou-se como termos de busca palavras relacionadas à temática estudada: biodigestor familiar, saneamento rural e estratégias com o biodigestor.

Para atingir os objetivos do estudo, buscou-se os termos em inglês, destacando-se que nas três bases foram utilizadas as mesmas palavras: *Family and biodigester*, *Small and biodigester*, *Biodigester and sanitation* e *Biodigester and strategy*.

Como critério de inclusão delimitou-se ser classificado como artigo científico, estar com acesso livre e com a publicação entre os anos de 2006 e 2021. Na base SciElo no termo *biodigester and sanitation* utilizou-se estudos de todas as áreas, porém com os demais termos fez-se ainda o filtro de serem estudos relacionados às áreas da gestão, ciências sociais e economia, com intuito de buscar estudos mais relacionados ao tema proposto.

Como critério de exclusão, por meio da análise do resumo e, quando necessário, do texto completo, foram excluídos os artigos que não se enquadraram no objetivo proposto pelo estudo e aqueles que não apresentavam o texto completo de livre acesso. A Tabela 2 detalha a quantidade de estudos encontrados, os excluídos e o resultado final de artigos analisados.

Tabela 2 – Etapas de seleção dos estudos

Bases	Termos de busca	Resultado de buscas	Não liberados	Duplicados	Excluídos após leitura	Final
Web Of Science	<i>Family and Biodigester</i>	3	0	0	1	2
	<i>Small and Biodigester</i>	15	6	0	7	2
	<i>Biodigester and Sanitation</i>	3	0	1	2	0
	<i>Biodigester and Strategy</i>	10	0	0	8	2
Scopus	<i>Family and Biodigester</i>	0	0	0	0	0
	<i>Small and Biodigester</i>	3	0	0	3	0
	<i>Biodigester and Sanitation</i>	2	0	0	1	1
	<i>Biodigester and Strategy</i>	0	0	0	0	0
Sciello	<i>Family and Biodigester</i>	4	0	3	1	0
	<i>Small and Biodigester</i>	16	0	6	9	1
	<i>Biodigester and Sanitation</i>	25	1	3	15	6
	<i>Biodigester and Strategy</i>	10	0	0	9	1
Total		91	7	13	54	15

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Após a realização da etapa das exclusões, restaram 15 artigos que serão analisados neste estudo. A segunda fase da pesquisa consistiu na leitura e análise das bibliografias identificadas. De acordo com estas, verificou-se as estratégias aplicadas na utilização dos biodigestores

familiares e quais as principais finalidades de utilização, bem como se o biodigestor familiar é eficiente para o saneamento rural.

Para análise dos dados e verificação da relação dos títulos e principais variáveis estudadas, utilizou-se o *software* Ucinet®, que é um *software* livre de análise de dados em rede, o qual avalia as combinações em relação aos estudos analisados.

ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

O objetivo deste trabalho é analisar as características levantadas pelos estudos realizados quanto à utilização do biodigestor familiar como estratégia para o saneamento rural em pequenas propriedades. Assim, como descrito na metodologia, desenvolveu-se um levantamento bibliográfico de estudos sobre o tema.

Dos 91 artigos iniciais, utilizou-se para análise dos dados 15 artigos-bases, que elencam a temática, observando-se que os demais não estão relacionados ao assunto específico, visto que várias pesquisas sobre o biodigestor são relacionadas a questões de análises químicas.

O Quadro 1 apresenta os dados dos artigos selecionados, destacando-se que os estudos foram desenvolvidos em diversos países e distribuídos em várias revistas, a maioria em âmbito internacional.

Quadro 1 – Dados dos estudos selecionados

N	AUTORES	TÍTULO	RESULTADOS	PAÍS DO ESTUDO
BASE – WEB OF SCIENCE				
1	Hyman, Jasmine; Bailis, Rob.	<i>Assessment of the Cambodian National Biodigester Program</i>	A ampliação de novos projetos de instalação de biodigestores depende de políticas públicas. Os financiamentos pagos em dia são mecanismos de crédito que contribuem para novos projetos.	Cambodja
2	Li, Xue; Mupondwa, Edmund	<i>Commercial feasibility of an integrated closed-loop ethanol-feedlot-biodigester system based on triticale feedstock in Canadian Prairies.</i>	Os resultados sugerem ser necessário obter mais apoio político para melhorar a economia de digestores anaeróbicos no contexto de estratégias de tecnologia limpa.	Canadá
3	Muvhiiwa, Ralph et al.	<i>The impact and challenges of sustainable biogas implementation: moving towards a bio-based economy.</i>	Para garantir uma maior adoção da tecnologia de biogás na África do Sul, é necessário fornecer às comunidades-alvo programas educacionais e exposição a plantas-piloto.	África do Sul
4	Viquez, Carlos Saborio	<i>Technology transfers for development and operation of mesophilic biodigesters with manual agitation</i>	A pesquisa destaca que biodigestores com agitação de biomassa são mais eficazes, por causa de sua durabilidade e longevidade.	Costa Rica

5	Da Silva, Jose Edson; Correia, Lais Ariane	Biodigestor sertanejo como alternativa para a conservação do semiárido potiguar	Constatou que o biodigestor sertanejo propiciou ganho ambiental ao fornecer uma alternativa de combustível e também uma melhoria na qualidade de vida.	Brasil
6	Boeykens, Susana et al.	<i>Evaluation of an Organic Waste Composting Device to Household Treatment</i>	A compostagem usando o dispositivo projetado é um tratamento alternativo simples e adequado para resíduos orgânicos, do ponto de vista técnico, econômico, energético, cultural e ambiental, que pode ser facilmente executado e reduzindo o impacto ambiental.	Argentina
BASE – SciELO				
1	Bedi, Arjun S.; Sparrow, Robert; Tasciotti, Luca	<i>The impact of a household biogas programme on energy use and expenditure in East Java</i>	O uso dos biodigestores leva à redução com gastos relacionados à energia, lenha e gás, porém sem subsídio o retorno do investimento varia entre 11 e 14 anos.	Indonésia
BASE – SCOPUS				
1	Kelebe, Haftu Etsay	<i>Returns, setbacks, and future prospects of bio-energy promotion in northern Ethiopia: the case of family-sized biogas energy</i>	As famílias usuárias de biogás reduziram significativamente seu gasto de energia em comparação com as que não adotam o biogás. No entanto, a utilização da biomassa na lavoura em substituição de fertilizantes químicos não foi significativo.	Etiópia
2	Sibanda, G. et al.	<i>A Feasibility Study of Biogas Technology to Solving Peri-urban Sanitation Problems in Developing Countries. A Case for Harare, Zimbabwe</i>	A tecnologia de biogás tem o potencial de fornecer inúmeros benefícios ambientais e socioeconômicos, tais como problemas de saneamento de desmatamento e melhoria da qualidade do ar.	Zimbábue
3	Smith, Michael T.; Goebel, Jessica Schroenn; Bignaut, James N.	<i>The financial and economic feasibility of rural household biodigesters for poor communities in South Africa</i>	O biodigestor é uma ferramenta que contribui para o desenvolvimento sustentável, melhorando os padrões básicos de vida e a qualidade de vida nas áreas rurais pobres da África do Sul.	África do Sul
4	Kabyanga, Moris et al.	<i>Economic potential of flexible balloon biogas digester among smallholder farmers: A case study from Uganda</i>	Os altos custos de investimento impedem o acesso à tecnologia, mostram que essa tecnologia não é viável financeiramente e parece ser um investimento arriscado, mas comparando com outros modelos é viável.	Uganda

5	Hamid, R. G.; Blanchard, R. E.	<i>An assessment of biogas as a domestic energy source in rural Kenya: Developing a sustainable business model</i>	As áreas rurais do Quênia têm um potencial significativo de biogás para reduzir a pobreza energética, gerar renda e ajudar no desenvolvimento social.	Quênia
6	Rahman, Khondokar M. et al.	<i>Implementation of Bioenergy Systems towards Achieving United Nations' Sustainable Development Goals in Rural Bangladesh</i>	Uma usina de biogás tem um impacto significativo sobre o desenvolvimento da comunidade rural por meio do aumento da educação infantil e empoderamento das mulheres.	Bangladesh
7	Zheng, Lei et al.	<i>What Could China Give to and Take from Other Countries in Terms of the Development of the Biogas Industry?</i>	São necessárias mais pesquisas e melhorias tecnológicas para melhorar a flexibilidade, adaptabilidade e eficiência de uma planta de biogás de fermentação a seco.	China
8	Da Costa, Cinthia Cabral ; Guilhoto, Joaquim José Martins.	Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora	A instalação de fossas sépticas biodigestoras aponta retornos econômicos favoráveis comparando com gastos com o saneamento, bem como ocorreria um aumento de vagas de trabalho.	Brasil

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Observa-se que a maioria dos estudos foram desenvolvidos em países do Continente Africano (seis) e Asiático (quatro). Os demais subdividem-se no Continente Americano – um na América do Norte, um na América Central – e três na América do Sul, que são os dois estudos desenvolvidos no Brasil e um na Argentina.

Destaca-se que o continente africano, que apresentou o maior número de estudos, é um dos mais pobres e mais populoso, demonstrando a importância da instalação do biodigestor familiar para solucionar problemas ambientais, econômicos e sociais, auxiliando no saneamento, geração de energia e biogás.

Os estudos elencam a importância dos subprodutos oriundos dos biodigestores, como se pode observar com relação às palavras-chave encontradas nos trabalhos. As principais palavras e suas frequências estão relacionadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Palavras-chave

Palavras-chave	Quantidades	Palavras-chave	Quantidades
Biogás	11	Gases efeito estufa	1
Biodigestores	8	Pobreza	1
Energia renovável	6	População rural	1
Desenvolvimento sustentável	4	Impacto socioeconômico	1
Viabilidade econômica	4	Desmatamento	1
Biomassa	2	População indígena	1
Crédito de carbono	2	Sistema de agitação manual	1

Resíduos orgânicos e humanos	2	Engajamento da comunidade	1
Pequenos agricultores	2	Metano	1
Tratamento de resíduos	1	Áreas rurais	1
Compostagem	1	Sistemas integrados	1
Semiárido	1	Fábrica de etanol	1
Confinamento	1	Estrutura RE-AIM	

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Os principais termos utilizados como palavras-chave remetem aos subprodutos do biodigestor, ou seja, o biogás (11), a energia renovável (6) e a biomassa (2), além de destacar o próprio biodigestor (8) e sua relação com o desenvolvimento sustentável (3) e a viabilidade econômica na sua instalação. Vale ressaltar a palavra-chave “pobreza” presente em um trabalho, que remete à utilização do biodigestor para solucionar problemas sociais.

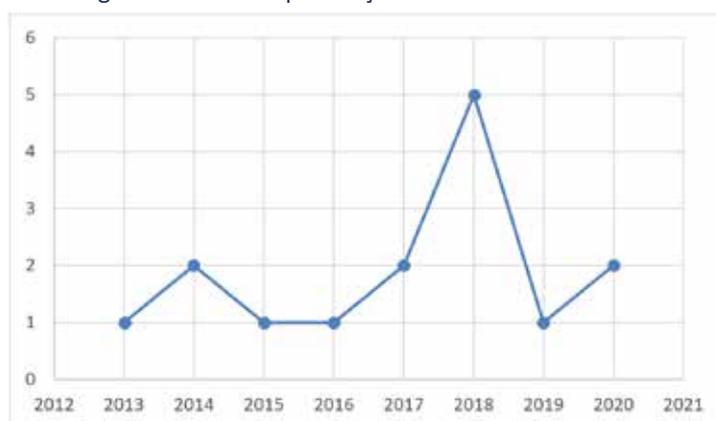
Para análise da qualificação das revistas, que publicaram os trabalhos analisados, utilizou-se como base o critério utilizado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). De acordo com a Capes (2014), é disponibilizada uma lista de classificação das revistas e, assim, afere-se a qualidade dos artigos publicados, com a classificação sendo realizada por área de atuação, podendo a mesma revista ser classificada com dois conceitos distintos se trabalhar com duas áreas diferentes. O indicativo de qualidade é dividido em Qualis A1 para o mais elevado grau de qualidade, seguido de A2, B1, B2, B3, B4 e C, o nível mais baixo.

Dos artigos selecionados, os periódicos classificados em A1, A2 e B1 apresentam três estudos cada, já na classificação B3 e B4 há um estudo em cada uma.

Destaca-se que quatro periódicos não foram encontrados na plataforma Sucupira com classificação. Os resultados demonstram o alto grau de qualificação dos periódicos e, conseqüentemente, dos estudos selecionados, visto que 40% dos trabalhos foram publicados em periódicos classificados no Qualis A, 20% no Qualis A1 e 20% no A2.

Quanto aos anos de publicação, percebe-se que apesar de a seleção ser dos últimos 15 anos, os estudos selecionados são mais recentes, ou seja, o mais antigo de 2013 e os mais recentes do ano de 2020. O Figura 1 apresenta a evolução dos anos de publicação em relação ao tema estudado.

Figura 1 – Anos de publicação dos estudos analisados



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

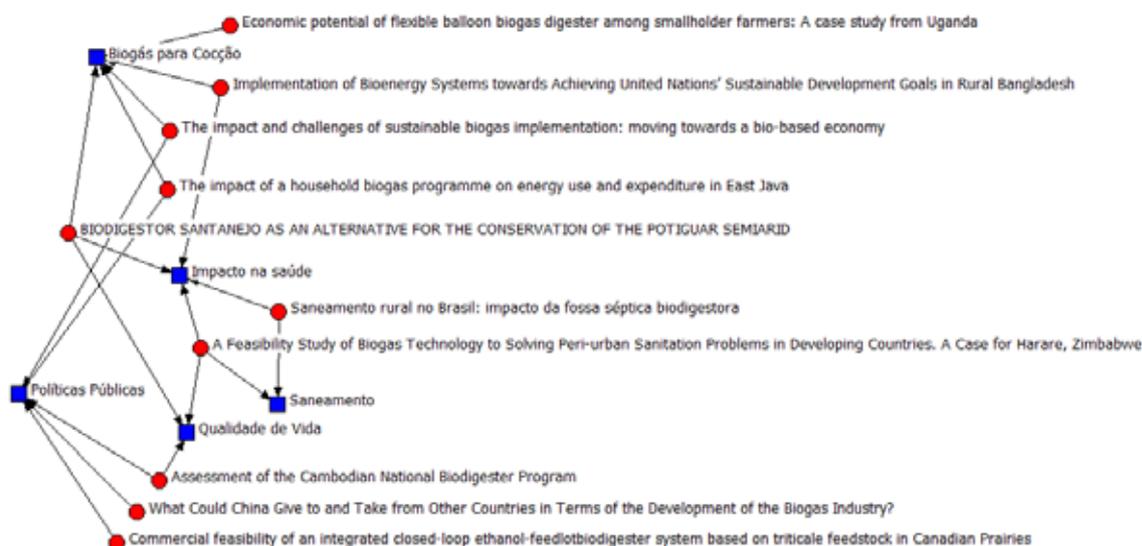
Percebe-se que, apesar de haver um maior número de publicações em 2018, em 2019 houve uma queda significativa em relação à quantidade das publicações, porém os resultados apontam a crescente dos estudos sobre o tema biodigestor nos últimos anos.

Em relação à metodologia utilizada pelos autores analisados, verificou-se que 60% (9) dos artigos referem-se a estudos de caso ou multicasos, analisando a instalação de biodigestores em comunidades ou propriedades rurais e indígenas. Dois trabalhos utilizaram dados bibliográficos para análise das instalações dos biodigestores, um dos trabalhos analisou indicadores de mensuração do impacto social com a instalação, outro caracteriza-se como estudo de campo. Houve um trabalho que utilizou a criação de três cenários para análise e outro com análise de conteúdo com discussão de grupo focal. Observa-se ainda que, dos trabalhos analisados, dois utilizaram o programa estatístico SPSS – *Statistical Package for the Social Sciences* – para análise dos dados e um utilizou a estrutura RE-AIM – dimensões de alcance, efetividade/eficácia, adoção, instituição e manutenção.

Outro ponto analisado refere-se às variáveis estudadas. As variáveis encontradas nos estudos são: o biogás para cocção (5), políticas públicas (5), impacto na saúde (4), qualidade de vida (3) e saneamento (2).

A Figura 2 apresenta a relação dos títulos dos estudos analisados com as variáveis apresentadas.

Figura 2 – Relação de títulos e principais variáveis estudadas



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Das variáveis estudadas destaca-se a questão da necessidade de *políticas públicas* para instalação de biodigestores, mencionada em cinco trabalhos, visto a enorme quantidade de seus benefícios. Assim, apesar das questões econômicas, que muitas vezes inviabilizam a instalação, as *políticas públicas* podem compensar financeiramente a instalação e disseminação do biodigestor devido aos valiosos benefícios sociais e ambientais advindos do biodigestor.

Para Bedi, Sparrow e Tasciotti (2017), a instalação de pequenos biodigestores é de suma importância para questões ambientais, sociais e econômicas, porém destacam que sem subsídio dificulta a sua adoção em pequenas propriedades, ou seja, as políticas públicas são fundamentais.

O biodigestor familiar tem sua principal utilização do *biogás para cocção* de alimentos nas pequenas propriedades, destacado em cinco trabalhos, contribuindo na redução do desmatamento, visto não haver mais necessidade de utilização de lenha para cozimento dos alimentos, além do empoderamento das mulheres, pois facilita o manuseio, e, conseqüentemente, melhorando o *impacto na saúde* da população, mencionado em quatro estudos.

O estudo de Hamid e Blanchard (2018) analisou a utilização do biogás como fonte de energia doméstica na zona rural, elencando que além do empoderamento das mulheres, o projeto de instalação apresentou um modelo de negócio lucrativo e viável, contribuindo para o desenvolvimento social.

Bedi, Sparrow e Tasciotti (2017) concluem que a redução da utilização da lenha para cocção é considerável, inclusive reduzindo o consumo de energia, no entanto, sem subsídios o retorno do investimento é longo, comprometendo a instalação.

Na mesma linha, no estudo de Rahman *et al.* (2019) conclui-se que a instalação de biodigestores familiares contribui para atingir os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODSs) e auxilia no desenvolvimento da comunidade local. Os autores destacam que os fogões a biogás são mais eficientes que os fogões a lenha, diminuindo a quantidade de CO² liberada na atmosfera.

Percebe-se que o *impacto na saúde* se relaciona com a *qualidade de vida* mencionada em três estudos, visto que a instalação do biodigestor familiar contribui para correta destinação dos dejetos, seja de animais ou humanos, e reduzindo o desmatamento por conta da geração do subproduto biogás.

A melhora da qualidade de vida e o benefício de cozinhar de uma forma mais cômoda são destacados como resultado nas pesquisas de Da Silva e Correia (2020) e Smith, Goebel e Blignaut (2014), defendendo a utilização do biodigestor para o desenvolvimento sustentável e social das comunidades mais pobres. Por sua vez, Hamid e Blanchard (2018) e Rahman *et al.* (2019) elencam também o empoderamento das mulheres, pois perderão menos tempo na busca de lenha para cocção dos alimentos.

Os estudos de Hyman e Bailis (2018) e Muvhiiwa *et al.* (2017) destacam que a instalação de biodigestores familiares seriam uma estratégia para diminuição da utilização da lenha, pois em Camboja, local do estudo, as famílias dependem fortemente de lenha e carvão. Os autores concluem que o programa de instalação dos biodigestores está focado no mercado de biogás para as pequenas famílias, porém destacam que é necessário realizar treinamentos de pós-instalação para não ocorrer abandono dos projetos.

Hyman e Bailis (2018) alertam que o treinamento dos pedreiros para instalação é de suma importância, e concluem que a disseminação na instalação dos biodigestores familiares é ampliada com incentivos de políticas públicas. Relatam, ainda, que os projetos nacionais de incentivo à instalação norteiam novos desenvolvedores de projetos e mencionam que para novos projetos deve-se concentrar no fornecimento de incentivos adequados para instalação.

Muvhiwa *et al.* (2017) corroboram na questão dos treinamentos para fortalecimentos nas instalações e disseminação dos projetos, e concluem em sua pesquisa que a instalação de plantas-piloto é fundamental para garantir maior adoção da tecnologia.

Da Silva e Correia (2020) finalizam o estudo destacando que a utilização do biodigestor familiar em comunidades mais carentes contribui para melhora na qualidade de vida, auxiliando principalmente na cocção dos alimentos, conservando o meio ambiente da região. Smith, Goebel e Blignaut (2014) também evidenciaram que a instalação do biodigestor contribui potencialmente para redução de custos com energia elétrica, melhorando a qualidade de vida e coopera para atingir o objetivo de desenvolvimento sustentável do milênio (ODS).

O tratamento dos dejetos humanos está relacionado com a utilização do biodigestor para o *saneamento rural*, destacado em dois trabalhos. Nos estudos de Sibanda *et al.* (2013) e Da Costa e Guilhoto (2014), a utilização do biodigestor familiar pode ser a solução para o saneamento rural, trazendo inúmeros benefícios como a redução de mortes, de infecções por doenças e, conseqüentemente, redução dos gastos públicos, haja vista a melhor qualidade de vida da população.

Sibanda *et al.* (2013) concluem que as regiões mais pobres têm falta de saneamento adequado e limitações no fornecimento de energia, assim o biodigestor resolveria os dois problemas. Os autores destacam, entretanto, que os dejetos humanos são insuficientes para abastecer o biodigestor, sugerindo para estudos futuros a criação de biodigestores centralizados, podendo ser utilizados em conjunto, com dejetos de animais e humanos.

Já no estudo de Da Costa e Guilhoto (2014) é mencionado que o biodigestor seria a solução para o saneamento rural, destacando como sugestão de estudos futuros analisar o efeito da utilização dos efluentes, oriundos do biodigestor, na produção agrícola. Na mesma linha Kelebe (2018) destaca que são necessários mais estudos para explorar a contribuição do biogás na produtividade das colheitas e para uma agricultura mais inteligente.

Viquez (2016) destaca em seu estudo que o biodigestor com agitador na biomassa tem maior durabilidade, concluindo que a inovação da utilização do biodigestor, principalmente em comunidades marginalizadas, deve estar presente com intuito de trazer benefícios sociais, ambientais e econômicos para a população, oferecendo a estas comunidades igualdades em termos tecnológicos. Por sua vez, Zheng *et al.* (2020) destacam que a adoção da inovação do biodigestor está atrasada em vários países e isso pode ser devido ao mau funcionamento em algumas localidades; assim, fica evidente a necessidade de acompanhamento pós-instalação mencionado no estudo de Hyman e Bailis (2018) e Muvhiwa *et al.* (2017).

Na análise de Zheng *et al.* (2020) é mencionada a importância de se reativar os biodigestores abandonados, e destaca que na falta de dejetos de animais em algumas propriedades, pode-se utilizar os resíduos de cozinha e dejetos humanos.

Apesar dos inúmeros benefícios na instalação dos biodigestores familiares, os autores Li e Mupondwa (2018) e Kabyanga *et al.* (2018) mencionam que a instalação se torna inviável pelos altos custos, podendo ser um investimento arriscado e com muitas incertezas, porém mencionam que o biodigestor é uma estratégia para agregar valor em produtos da atividade rural. Já no estudo de Kelebe (2018), o autor conclui que a instalação é viável, trazendo benefícios com a redução dos gastos mensais de energia e ainda aumentando a produção com a utilização do biofertilizante. Destaca, ainda, que os produtores que utilizam o biodigestor

recebem um prêmio de produção safra, mas o principal fator limitante para expansão das instalações refere-se a biodigestores com defeitos e mau funcionamento.

Nos resultados dos trabalhos destaca-se a importância da instalação dos biodigestores familiares para melhora nas questões ambientais, sociais e econômicas da população, elencando diversos benefícios. Percebe-se que há baixa utilização do biodigestor voltado ao saneamento, visto os poucos estudos encontrados sobre o tema, porém verificou-se que a sua utilização no saneamento, além de gerar os subprodutos como o biogás e energia, melhora a saúde da população e preserva o meio ambiente.

Zheng *et al.* (2020) destacam que é fundamental realizar futuras análises relacionadas a melhorias na tecnologia e não apenas copiar os modelos adotados em outros países. Já Li e Mupondwa (2018) mencionam que é necessário encontrar uma forma de superar as barreiras enfrentadas na comercialização dos biodigestores familiares, pois ainda existem regiões com pouco ou nenhum biodigestor instalado, apesar dos inúmeros benefícios oriundos destes.

Já para Muvhiwa *et al.* (2017), a construção de biodigestores-piloto em comunidades rurais iria auxiliar na exposição dos benefícios e vantagens da instalação desta tecnologia, sendo uma sugestão para disseminação dos projetos de estabelecimento em mais comunidades.

Complementando, Smith, Goebel e Blignaut (2014) sugerem que sejam feitos estudos mais aprofundados sobre a utilização do biodigestor em pequenas propriedades familiares, especificamente para tentar reduzir os custos de instalação e se tornar um projeto viável para pequenos produtores, tendo em vista seus enormes benefícios.

Em virtude das limitações encontradas, como pobreza, falta de conhecimento e indiferença em aceitar novas tecnologias, Rahman *et al.* (2019) sugerem pesquisas futuras para investigar as limitações para solucioná-las, bem como verificar algumas iniciativas positivas para medir se tiveram sucesso ou não.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das informações, a tecnologia do biodigestor, apesar de ter sido desenvolvida há mais de cem anos, apresenta sua disseminação com algumas dificuldades, sendo destacados como pontos principais a falta de conhecimento e custos elevados, e uma das soluções para torná-lo mais acessível é o biodigestor familiar. Por meio desta revisão sobre o tema, verificou-se que há um crescente número de estudos relacionados ao biodigestor, e que ele é utilizado para diversas finalidades.

Os estudos apontam que, apesar do resultado parcial do desenvolvimento sustentável em razão das questões econômicas, a instalação pode ser compensada por ações governamentais que colaboram financeiramente para a disseminação dos biodigestores, tendo em vista os valiosos benefícios sociais e ambientais.

Assim, atingiu-se o objetivo proposto e respondeu-se o problema de pesquisa, de analisar as características levantadas pelos estudos em relação à utilização do biodigestor familiar como estratégia para o saneamento rural em pequenas propriedades. Verificou-se que apenas dois trabalhos elencaram a utilização do biodigestor familiar como estratégia para o saneamento rural, porém todos os estudos destacam a importância do biodigestor para o desenvolvimento sustentável e a necessidade de políticas públicas para a disseminação dos biodigestores

familiares, bem como a importância de treinamentos e acompanhamentos para que os projetos não sejam abandonados.

As variáveis nos estudos destacam a relação do *saneamento rural* com o *impacto na saúde*, o *biogás para cocção* e com a *qualidade de vida*, demonstrando a importância da instalação de biodigestores, e as *políticas públicas* contribuindo para a sua disseminação, corroborando as questões financeiras e, assim, alcançando o tripé da sustentabilidade, ou seja, ambiental, econômico e social.

Os estudos sobre a utilização do biodigestor para saneamento indicaram que um está relacionado apenas para o tratamento dos dejetos em fossa séptica biodigestora, ou seja, não se avaliou a utilização do subproduto biogás e o segundo menciona a instalação em uma comunidade urbana levantando a questão da viabilidade econômica, sendo destacado que na área analisada seria inviável, pois não haveria dejetos suficientes para abastecer o biodigestor, sugerindo a utilização de forma centralizada.

Assim, identificou-se que nenhum estudo foi realizado na área de utilização do biodigestor familiar nas pequenas propriedades como forma estratégica de resolver problemas do saneamento rural e ao mesmo tempo contribuir com o tripé da sustentabilidade. Assim sendo, como sugestão de trabalhos futuros, propõe-se analisar a instalação do biodigestor familiar de baixo custo como estratégia para o saneamento rural brasileiro, visando a contribuir para o empoderamento das pequenas propriedades, haja vista os benefícios sociais, ambientais e econômicos advindos do biodigestor.

REFERÊNCIAS

- BEDI, Arjun S.; SPARROW, Robert; TASCIOTTI, Luca. The impact of a household biogas programme on energy use and expenditure in East Java. *Energy Economics*, v. 68, p. 66-76, 2017.
- BOEYKENS, Susana *et al.* Evaluation of an organic waste composting device to household treatment. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, v. 3, n. 3, p. 245-255, 2015.
- CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. *Classificação da produção intelectual*. Publicado: 6 março de 2009 e atualizado em 21 de maio de 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/assuntos/noticias/capes-aprova-a-nova-classificacao-do-qualis>. Acesso em: 8 jun. 2021.
- CHENG, S. *et al.* Development and application of prefabricated biogas digesters in developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 34, p. 387-400, 2014.
- DA COSTA, Cinthia Cabral; GUILHOTO, Joaquim José Martins. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, n. spe, p. 51-60, 2014.
- DA SILVA, Jose Edson; CORREIA, Lais Ariane. Biodigestor sertanejo como alternativa para a conservação do semiárido potiguar. *Holos*, v. 6, p. 1-11, 2020.
- GARFÍ, M. *et al.* Household anaerobic digesters for biogas production in Latin America: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 60, p. 599-614, 2016.
- GOMES, T. M da S.; RAIHER, P. A. Viabilidade econômica da produção de biogás de dejetos suínos: um estudo de caso. *Revista Ciências Administrativas*, v. 19, n. 2, 2013.
- HAMID, R. G.; BLANCHARD, R. E. An assessment of biogas as a domestic energy source in rural Kenya: Developing a sustainable business model. *Renewable Energy*, v. 121, p. 368-376, 2018.
- HYMAN, Jasmine; BAILIS, Rob. Assessment of the cambodian national biodigester program. *Energy for Sustainable Development*, v. 46, p. 11-22, 2018.
- KABYANGA, Moris *et al.* Economic potential of flexible balloon biogas digester among smallholder farmers: A case study from Uganda. *Renewable Energy*, v. 120, p. 392-400, 2017.
- KELEBE, Haftu Etsay. Returns, setbacks, and future prospects of bio-energy promotion in northern Ethiopia: the case of family-sized biogas energy. *Energy, Sustainability and Society*, v. 8, n. 1, p. 1-14, 2018.

- LI, Xue; MUPONDWA, Edmund. Commercial feasibility of an integrated closed-loop ethanol-feedlot-bio-digester system based on triticale feedstock in Canadian Prairies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 97, p. 401-413, 2018.
- MOLONEY, Rhona; MAGGS, Christopher. A systematic review of the relationships between written manual nursing care planning, record keeping and patient outcomes. *Journal of Advanced nursing*, v. 30, n. 1, p. 51-57, 1999.
- MUVHIIWA, Ralph *et al.* The impact and challenges of sustainable biogas implementation: moving towards a bio-based economy. *Energy, Sustainability and Society*, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2017.
- PROENÇA, Cláudio Amaral; MACHADO, Gustavo Carvalhaes Xavier Martins Pontual. Biodigestores como tecnologia social para promoção da saúde: estudo de caso para saneamento residencial em áreas periféricas. *Saúde em Redes*, v. 4, n. 3, p. 87-99, 2018.
- RAHMAN, Khondokar M. *et al.* Implementation of bioenergy systems towards achieving United Nations' sustainable development goals in rural Bangladesh. *Sustainability*, v. 11, n. 14, p. 3.814, 2019.
- RESENDE, Rachel G.; FERREIRA, Sindymara; FERNANDES, Luiz Flávio Reis. O saneamento rural no contexto brasileiro. *Revista Agrogeoambiental*, Pouso Alegre, v. 10, n. 1, p. 129-150, 2018.
- SANTOS, A. F.; PEREIRA, J. P. de C. N. Política Pública de Turismo e Desenvolvimento Local: análise sob o enfoque da escala humana. *Desenvolvimento em Questão*, [S. l.], v. 18, n. 52, p. 142-158, 2020. DOI: 10.21527/2237-6453.2020.52.142-158. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/7341>. Acesso em: 5 jul. 2021.
- SIBANDA, G. *et al.* A Feasibility Study of Biogas Technology to Solving Peri-urban Sanitation Problems in Developing Countries. A Case for Harare, Zimbabwe. *International Journal of Renewable Energy Development*, v. 2, n. 2, 2013.
- SMITH, Michael T.; GOEBEL, Jessica Schroenn; BLIGNAUT, James N. The financial and economic feasibility of rural household biodigesters for poor communities in South Africa. *Waste management*, v. 34, n. 2, p. 352-362, 2014.
- VIQUEZ, Carlos Saborio. Technology transfers for development and operation of mesophilic biodigesters with manual agitation. *Technology*, v. 16, n. 2, 2016.
- ZHENG, Lei *et al.* What could China give to and take from other countries in terms of the development of the biogas industry? *Sustainability*, v. 12, n. 4, p. 1.490, 2020.

Autora correspondente:

Elisiane Salzer

Universidade do Oeste do Paraná – Unioeste

Rua Pernambuco, 1777 – Bloco III – 4º Piso – Sala 42 – C.P. 91 – CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon/PR, Brasil

E-mail: s_elisiane@yahoo.com.br

Todo conteúdo da Revista Desenvolvimento em Questão
está sob Licença Creative Commons CC – By 4.0.