

DO RESÍDUO À ENERGIA: DIAGNÓSTICO E CAPACITAÇÃO DO USO DE BIODIGESTORES NA REGIÃO DO MACIÇO DE BATURITÉ

José Vinicius De Sousa Alves¹
Pedro Vinicius Barbosa²
Nathanael De Abreu Freitas³
Francisco Geilson Andrade Martins⁴
Rafaela Paula Melo⁵

RESUMO

As tecnologias sociais reúnem técnicas e metodologias construídas com as comunidades, articulando saberes populares e conhecimentos técnico-científicos em prol de transformações sociais. Entre essas tecnologias, o biodigestor converte resíduos da atividade agropecuária em biogás e biofertilizante, proporcionando à agricultura familiar ganhos energéticos, econômicos e ambientais simultâneos. Este trabalho apresenta resultados parciais da ação de extensão PJ0051-2026, intitulada “Do Resíduo à Energia: Diagnóstico e Capacitação do Uso de Biodigestores na Região do Maciço de Baturité”, desenvolvida na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) pelo Núcleo de Estudo em Máquinas Agrícolas (NEMA). A pesquisa tem como objetivo diagnosticar o uso de biodigestores e capacitar produtores rurais para a implantação, operação e manutenção desses sistemas na região do Maciço de Baturité. A execução no primeiro semestre de 2026 foi organizada em três frentes complementares: experimentação laboratorial com um protótipo de biodigestor bifásico; diagnóstico e georreferenciamento de propriedades em campo; e produção de materiais técnico-didáticos para ações formativas. Nos ensaios laboratoriais, o esterco de animais criados em confinamento apresentou menor produção de biogás, além de comportamento fermentativo mais lento e instável em comparação ao esterco de animais criados a pasto. A adição de materiais vegetais como cosubstrato, por sua vez, aumentou a estabilidade do processo. Em campo, foram visitadas cinco propriedades em Ocara-CE, entre maio e julho de 2026, das quais quatro foram caracterizadas e georreferenciadas. Todas utilizavam biodigestores do tipo sertanejo, alimentados com esterco suíno, distribuídos de forma dispersa em um raio de 14,5 km entre si. Todas as unidades encontravam-se desativadas, após períodos de operação que variaram entre três e dez anos. Os produtores atribuíram a interrupção do funcionamento à redução da disponibilidade de biomassa e ao aumento dos custos relacionados à alimentação animal. As duas frentes convergem para um mesmo condicionante: no laboratório, a qualidade do substrato influenciou o desempenho do processo; em campo, sua disponibilidade determinou a permanência da tecnologia. Desta forma, o biodigestor não opera como equipamento autônomo, mas como componente integrado ao sistema de criação animal, evidenciando a disponibilidade e a qualidade da biomassa como variáveis centrais para sua apropriação e permanência enquanto tecnologia social.

Palavras-chave: agricultura familiar; biogás; tecnologia social.

UNILAB, Ceará, Discente, j.vinicius@aluno.unilab.edu.br¹

UNILAB, Ceará, Discente, pedro.barbosa@aluno.unilab.edu.br²

UNILAB, Ceará, Discente, nathanaelabreu@aluno.unilab.edu.br³

UNILAB, Ceará, Discente, geilson_andrade@aluno.unilab.edu.br⁴

UNILAB, Ceará, Docente, rafaelapaula@unilab.edu.br⁵

INTRODUÇÃO

A tecnologia social pode ser definida como um conjunto de técnicas, produtos e metodologias desenvolvidos em interação com a comunidade, articulando saberes populares, organização social e conhecimentos técnico-científicos com vistas à transformação social (RODRIGUES; BARBIERI, 2008; MORAES, 2012). A definição de tecnologia social carrega, em sua própria formulação, uma promessa de transformação social (RODRIGUES; BARBIERI, 2008). Essa promessa, contudo, nem sempre é acompanhada de avaliações sobre sua permanência ao longo do tempo. A literatura sobre a difusão dessas tecnologias registra, com maior frequência, o número de equipamentos implantados, enquanto informações sobre quantos permanecem em funcionamento, onde estão localizados e quais fatores determinam sua descontinuidade são menos recorrentes. Investigar a permanência de uma tecnologia social significa, portanto, compreender em que medida a transformação pretendida se sustenta após sua implantação e quais condições são necessárias para sua continuidade.

Entre essas tecnologias, o biodigestor insere-se nessa categoria por converter, por meio da digestão anaeróbia, resíduos da atividade agropecuária em biogás e biofertilizante, possibilitando ganhos energéticos, econômicos e ambientais na unidade produtiva familiar (ANDRADE et al., 2002; FILHO; SANTANA; GATTAMORTA, 2018; HIJAZI et al., 2020). Além do aproveitamento energético dos resíduos, essa tecnologia pode contribuir para o manejo mais adequado da biomassa gerada nas propriedades rurais, articulando aspectos produtivos e ambientais.

O Maciço de Baturité reúne condições favoráveis à adoção dessa tecnologia, considerando a predominância da agricultura familiar e a geração de resíduos orgânicos provenientes da pecuária, da produção agrícola e do beneficiamento de frutas regionais. Parte desses resíduos, contudo, permanece subutilizada ou é descartada de forma inadequada, contribuindo potencialmente para impactos ambientais, como emissões de gases de efeito estufa e contaminação do solo e de corpos hídricos (BLEY JÚNIOR et al., 2009; JACOBI; BESEN, 2011).

A difusão da tecnologia de biodigestores no semiárido nordestino ocorreu, em grande parte, por meio da atuação de organizações não governamentais e de iniciativas de cooperação internacional. Barros et al., (2020) relatam a experiência do Centro de Estudos do Trabalho e de Assessoria ao Trabalhador e à Trabalhadora (CETRA), que implantou aproximadamente 300 unidades do modelo sertanejo em cerca de 20 municípios cearenses. No Maciço de Baturité, o levantamento realizado por Oliveira (2018) identificou a presença de biodigestores em apenas quatro dos treze municípios do território, destacando Ocara como o município com maior concentração de unidades implantadas.

Entretanto, esse levantamento evidencia apenas a presença dos biodigestores, não contemplando a situação de funcionamento das unidades identificadas. Segundo Barichello et al., (2015), no noroeste do Rio Grande do Sul, 33,33% das unidades instaladas encontravam-se desativadas, fato atribuído à insuficiência de assistência técnica continuada. Pereira (2011) associa a descontinuidade de projetos de biodigestores implantados no Brasil nas décadas de 1970 e 1980 às dificuldades operacionais e aos custos de manutenção. Praciano et al., (2020) corroboram essa perspectiva ao verificarem que a disponibilidade de biomassa animal, especialmente em sistemas de criação extensivos ou semi-intensivos, constitui um fator limitante para a alimentação regular dos biodigestores.

Dessa forma, embora a implantação de biodigestores possa estar associada a políticas públicas e iniciativas de promoção de tecnologias sociais, sua adoção não garante, por si só, a continuidade do funcionamento. As dificuldades de manutenção, a necessidade de assistência técnica e a disponibilidade de biomassa para alimentação do sistema constituem fatores que podem comprometer sua permanência nas propriedades

rurais. Nesse sentido, compreender as condições que favorecem ou limitam a continuidade dos biodigestores é fundamental para avaliar a efetividade dessas iniciativas para além de sua simples implantação.

Nesse contexto, a ação de extensão PJ0051-2026, “Do Resíduo à Energia: Diagnóstico e Capacitação do Uso de Biodigestores na Região do Maciço de Baturité”, vinculada à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), tem como objetivo diagnosticar o uso de biodigestores na região e capacitar produtores rurais para a implantação, operação e manutenção desses sistemas. A ação busca, assim, contribuir para a compreensão dos fatores associados à permanência da tecnologia nas propriedades rurais, articulando diagnóstico, experimentação e formação como estratégias para fortalecer sua apropriação e continuidade enquanto tecnologia social.

METODOLOGIA

A execução do primeiro semestre do projeto foi organizada em três frentes: experimentação laboratorial, diagnóstico em campo e produção de materiais técnico-didáticos. Na etapa laboratorial, foi utilizado um protótipo de biodigestor bifásico, com monitoramento de pH e salinidade em diferentes condições de alimentação. Em campo, foram visitadas propriedades rurais de Ocara-CE para identificação, caracterização e georreferenciamento dos biodigestores, além do levantamento de informações sobre seu funcionamento e descontinuidade. Paralelamente, foram produzidos materiais técnico-didáticos para subsidiar as ações de capacitação sobre implantação, operação e manutenção dos biodigestores.

A etapa laboratorial foi realizada no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da UNILAB, onde foi planejada, construída e operada uma unidade experimental de biodigestor com configuração bifásica, caracterizada pela separação das etapas acidogênica e metanogênica em compartimentos distintos. Foram realizados ensaios com diferentes substratos: esterco de animais criados em sistema de confinamento, esterco de animais criados a pasto e mistura de esterco com materiais vegetais, como capim e cana-de-açúcar, utilizados como cosubstratos. Os ensaios foram conduzidos em sucessivos ciclos de fermentação anaeróbia, com acompanhamento dos parâmetros de pH e salinidade dos substratos. Simultaneamente, foi realizada revisão bibliográfica sobre a digestão anaeróbia e sobre a anatomia e fisiologia digestiva de ruminantes, buscando relacionar o sistema de criação dos animais às características dos resíduos utilizados nos ensaios.

Na etapa de campo, adotou-se uma pesquisa exploratório-descritiva, delineada como estudo de caso (GIL, 2002), realizada no município de Ocara-CE, entre maio e julho de 2026. A identificação das propriedades iniciou-se com visitas técnicas à Secretaria de Agricultura do município, complementadas por indicações sucessivas dos próprios técnicos, em razão da inexistência de cadastro público das unidades implantadas.

Foram visitadas cinco propriedades que possuem ou possuíram biodigestores. Em quatro delas foi possível realizar a recepção pelos produtores e a coleta completa dos dados, enquanto a quinta não pôde ser caracterizada devido à ausência de responsável no momento da visita, não sendo incluída na análise. Nas propriedades caracterizadas, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os produtores responsáveis, contemplando informações sobre o histórico de implantação, instituição financiadora, biomassa utilizada, frequência de alimentação, produção de biogás, número de residências abastecidas, custo declarado de instalação e situação operacional atual.

Além disso, foram registradas as coordenadas geográficas das unidades por meio do GPS. Também foi realizada a caracterização do modelo construtivo identificado nas propriedades, o biodigestor do tipo “sertanejo”, com base no manual de referência do Projeto Dom Helder Câmara, em parceria com a Diaconia (MATTOS; FARIAS JÚNIOR, 2011). Essa caracterização permitiu comparar o modelo previsto no manual com



as configurações encontradas em campo. O biodigestor sertanejo consiste num tanque único de fermentação enterrado, construído com placas de concreto pré moldadas seguindo a mesma técnica de construção de cisternas, sobre o qual flutua uma caixa d'água convencional, que funciona como gasômetro armazenando o biogás e conduzindo-o por tubulação até as residências. A carga é abastecida por uma caixa de entrada, onde o esterco é diluído em água, e o efluente é retirado em forma de biofertilizante, coletado através de uma caixa de saída (MATTOS; FARIAS JÚNIOR, 2011).

Posteriormente, foram elaborados materiais técnico-didáticos, incluindo slides, maquetes, folders, cartilhas e questionários, para subsidiar as ações de capacitação. Os materiais foram utilizados em atividades com filhos de agricultores, estudantes da escola de rede estadual EEEP Maria Mosa da Silva, no Maciço de Baturité.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios com o protótipo bifásico mostraram que o esterco de bovinos criados em confinamento apresentou menor produção de biogás e fermentação mais lenta e instável em comparação ao esterco de bovinos criados a pasto. Esses resultados evidenciam que o desempenho da biodigestão depende não apenas da quantidade de resíduo, mas também do manejo e da alimentação dos animais. A adição de capim e cana-de-açúcar como co-substratos aumentou a estabilidade da fermentação, indicando que materiais vegetais podem melhorar a disponibilidade de matéria orgânica para os microrganismos. Além disso, o sistema bifásico permitiu observar com maior clareza o comportamento dos diferentes substratos em cada etapa da biodigestão.

No levantamento de campo, os agricultores entrevistados de Ocara-CE relataram terem sido contemplados com biodigestores em 2013 e 2016, por meio de uma parceria envolvendo a Fundação Share, a UNILAB e a Prefeitura Municipal de Ocara. Segundo os relatos, agentes rurais participaram da instalação e do acompanhamento inicial dos equipamentos. Entretanto, a pesquisa bibliográfica não encontrou documentação que confirmasse a participação da Fundação Share nesse processo, mencionada como principal órgão financiador. Dessa forma, o relato dos agricultores constitui um registro inicial sobre a origem dos biodigestores, sendo necessária a realização de novas pesquisas para sua confirmação documental.

As quatro propriedades caracterizadas, localizam-se respectivamente, nas seguintes coordenadas: 4°26'30,7"S 38°34'30,7"W (Propriedade 1); 4°34'46,7"S 38°33'48,1"W (Propriedade 2); 4°31'13,4"S 38°27'17,0"W (Propriedade 3); 4°28'57,5"S 38°25'23,1"W (Propriedade 4). O conjunto abrange uma área com amplitude aproximada de 15,3 km no sentido norte-sul e 16,7 km no sentido leste-oeste e distância média de 14,5 km entre as propriedades, tratando-se portanto, de um padrão espacialmente disperso, o que dificulta a realização de ações coletivas, como o manejo compartilhado de biomassa animal, mutirões de manutenção e assistência técnica em rota única. Em um município de 763,08 km² (IBGE, 2026), a distância entre as unidades aumenta os custos e desestimula o acompanhamento pós-instalação, o que reforça a necessidade de estratégias de assistência técnica adaptadas à realidade de cada propriedade. As unidades utilizavam o modelo sertanejo, alimentado com esterco suíno, reconhecido pelo elevado potencial de produção de biogás. Os gasômetros, constituídos por caixas d'água convencionais, apresentavam volumes de 5.000 L na propriedade 1, 2.000 L na propriedade 3 e 1.000 L nas propriedades 2 e 4, totalizando uma capacidade de 9.000 L para atender às seis residências. Observou-se maior autonomia com o aumento do volume dos gasômetros. Entretanto, essa relação não era proporcional, indicando que o substrato se tornava um fator limitante em unidades de maior volume. Além disso, observou-se que o dimensionamento influenciava a frequência de recarga e, consequentemente, a carga de trabalho doméstico associada ao uso da tecnologia. Nesse contexto, a continuidade das unidades foi limitada pela redução do esterco suíno, pelo aumento dos

custos da alimentação animal e pela demanda de trabalho para manutenção dos biodigestores. Apesar dos benefícios na produção de energia e no uso do efluente como adubo, esses fatores comprometem a sustentabilidade da tecnologia.

No momento do levantamento, todas as unidades caracterizadas estavam desativadas. Esse percentual supera expressivamente os resultados registrados por Barichello et al. (2015), que identificaram a desativação de 33,33% das unidades avaliadas no noroeste do Rio Grande do Sul. Destaca-se, ainda, a elevada dispersão dos tempos de operação entre as unidades. Embora tecnicamente idênticas e implantadas pelo mesmo programa, no mesmo município, essas unidades apresentaram tempos de operação bastante distintos, sendo o maior período de funcionamento superior a três vezes o menor, não se limitando exclusivamente ao desenho construtivo, mas também as condições particulares de cada unidade familiar.

Paralelamente ao levantamento de campo, foram realizadas atividades em escolas profissionalizantes da rede estadual, junto a filhos de agricultores, incluindo uma oficina e uma palestra sobre biodigestores. As ações abordaram o funcionamento dos sistemas, a produção de biogás, o uso de biofertilizantes e os benefícios ambientais e econômicos da tecnologia.

Também foi realizada uma reunião com a Secretaria de Agricultura de Ocara-CE, que contribuiu para a consolidação da articulação institucional necessária às etapas seguintes. A parceria possibilitou o primeiro contato com as propriedades contempladas com biodigestores neste estudo, evidenciando que, diante da ausência de um cadastro público dessas unidades, a articulação com o poder público municipal constitui uma condição metodológica fundamental para a realização do diagnóstico.

Portanto, os resultados evidenciam que a qualidade e a disponibilidade do substrato constituem fatores determinantes para a eficiência operacional e a sustentabilidade funcional dos biodigestores. Nesse sentido, a viabilidade técnica desses sistemas está condicionada às características produtivas específicas de cada unidade familiar, o que reforça a necessidade de um manejo adequado do rebanho, da avaliação de co-substratos alternativos e do dimensionamento dos biodigestores de acordo com as condições socioeconômicas e territoriais de cada propriedade.

CONCLUSÕES

Conclui-se que a ação PJ051-2026 evidenciou a importância da adequação dos biodigestores à realidade de cada unidade familiar, uma vez que os resultados demonstraram que a qualidade e a disponibilidade do substrato são fatores essenciais para o funcionamento e a permanência da tecnologia. Dessa forma, o planejamento, o acompanhamento e a capacitação dos agricultores constituem elementos fundamentais para fortalecer a sustentabilidade dos biodigestores e ampliar sua contribuição para a agricultura familiar.

Por fim, o tema da SEMUNI relaciona-se diretamente ao trabalho ao considerar as diferentes realidades das famílias agricultoras. A diversidade está nas condições de cada propriedade, a inclusão na aproximação com as comunidades rurais e a transformação social na busca por uma tecnologia acessível e sustentável.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho contou com o apoio da Pró-Reitoria de Extensão, Arte e Cultura (PROEX/UNILAB), por meio da concessão de bolsa de extensão. Os autores agradecem às famílias agricultoras de Ocara-CE pela colaboração e à Secretaria de Agricultura de Ocara pelo apoio institucional.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. A. N. et al. Biodigestores rurais no contexto da atual crise de energia elétrica brasileira e na perspectiva da sustentabilidade ambiental. Florianópolis: Coordenadoria de Gestão Ambiental, UFSC, 2002.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Evolução dos preços de GLP: R\$/botijão de 13 kg — 2026. Brasília, DF: ANP, 2026.
- BARICHELO, R.; HOFFMANN, R.; SILVA, S. O. C. da; DEIMLING, M. F.; CASAROTTO FILHO, N. O uso de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região Noroeste do Rio Grande do Sul. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 8, n. 2, p. 333-355, maio/ago. 2015.
- BARROS, G. C.; FARIAS JÚNIOR, M.; SANTOS, M. N. F.; NASCIMENTO, F. C.; PASCOAL, C. D.; DUARTE, M. D. S. Biogás e agricultura familiar no nordeste brasileiro: a experiência da ONG CETRA apoiada pela cooperação internacional no semiárido cearense. *Revista RedBioLAC*, v. 4, p. 39-43, 2020.
- BLEY JÚNIOR, C. J.; LIBÂNIO, J. C.; GALINKIN, M.; OLIVEIRA, M. M. Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais. 2. ed. rev. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional; Brasília: FAO, 2009.
- FILHO, A. C. F.; SANTANA, C. O. S.; GATTAMORTA, M. A. Utilização de biodigestores para geração de energia elétrica a partir de dejetos de suínos no Brasil. *INOVAE - Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation*, v. 6, 2018.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- HIJAZI, O.; ABDELSALAM, E.; SAMER, M. et al. Life cycle assessment of the use of nanomaterials in biogas production from anaerobic digestion of manure. *Renewable Energy*, v. 148, p. 417-424, abr. 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades@: Ocara, Ceará. Rio de Janeiro: IBGE, 2026.
- JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. *Estudos Avançados*, v. 25, p. 135-158, 2011.
- MATTOS, L. C.; FARIAS JÚNIOR, M. Manual do biodigestor sertanejo. Recife: Projeto Dom Helder Câmara, 2011.
- MORAES, C. A. Representações sociais da comunidade científica brasileira sobre tecnologia social. 2012. Tese (Doutorado em Psicologia) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2012.
- OLIVEIRA, J. de. Produção de biogás a partir de substratos orgânicos em biodigestores: estudo na macrorregião do Maciço de Baturité-CE. 2018. Dissertação (Mestrado em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis) - UNILAB, Redenção, 2018.
- PEREIRA, G. Viabilidade econômica da instalação de um biodigestor em propriedades rurais. *Revista de Administração e Ciências Contábeis do IDEAU*, v. 6, n. 12, p. 1-13, 2011.
- PRACIANO, A. C.; ALBIERO, D.; POSSUELO, O. de M.; SANTOS, L. F. A. dos; MONTEIRO, L. de A. Contribuição de biodigestores para a agricultura familiar. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 35, n. 1, p. 95-106, jan./mar. 2020.
- RODRIGUES, I.; BARBIERI, J. C. A emergência da tecnologia social: revisitando o movimento da tecnologia apropriada como estratégia de desenvolvimento sustentável. *Revista de Administração Pública*, v. 42, n. 6, p. 1069-1094, 2008.