

CAPÍTULO 4

USO DO BIODIGESTOR ANAERÓBICO PRODUZIDO EM PEAD (POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE) PARA TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO UNIFAMILIAR

Tainá dos Santos

Trabalho de Conclusão de Curso 2025/2, curso de Engenharia Civil
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM, unidade Bonsucesso
taina.silva@souunisuam.com.br

Rafael Guanabara

Trabalho de Conclusão de Curso 2025/2, curso de Engenharia Civil
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM, unidade Bonsucesso
rafaelguanabara@souunisuam.com.br

Matheus Hermida

Trabalho de Conclusão de Curso 2025/2, curso de Engenharia Civil
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM, unidade Bonsucesso
matheushermida@souunisuam.com.br

Rachel Cristina Santos Pires

Mestre em Desenvolvimento Local, Engenheira Civil
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM, unidade Bonsucesso
rachelpireseng@gmail.com

Everton Rangel Bispo

Professor Doutor em Engenharia de Materiais e Processos Metalúrgicos
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM, unidade Bonsucesso
evertonbispo@souunisuam.edu.br

Igor Charles Siqueira Leite

Doutor em Engenharia Civil
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM, unidade Bonsucesso
Igor.leite@unisuam.edu.br

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento e a aplicação de um protótipo de biodigestor anaeróbico confeccionado em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), voltado para o tratamento de esgoto doméstico unifamiliar em áreas não atendidas por rede pública de esgotamento sanitário. A proposta surge como uma alternativa tecnológica acessível, compacta e sustentável para o saneamento básico descentralizado, promovendo a melhoria das condições sanitárias e a proteção ambiental. O sistema opera por meio da digestão anaeróbica, processo em que microrganismos decompõem a matéria

orgânica na ausência de oxigênio, gerando dois subprodutos valiosos: o biogás, com potencial para uso energético, e o lodo estabilizado, com aplicação como biofertilizante. A pesquisa incluiu revisão bibliográfica, análise da eficiência do sistema, conformidade com normas técnicas e ambientais vigentes, além da relação com a Agenda 2030 da ONU, especialmente com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (Água potável e saneamento).

Palavras-chave: esgoto sanitário; saneamento; sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a falta de tratamento e destinação do esgoto sanitário vem se agravando desde o período chamado "milagre econômico" da década de 1970, momento da urbanização acelerada, mas com pouco planejamento urbano e ambiental (Spindler, 2018).

A ausência de saneamento básico adequado está diretamente associada à propagação de diversas doenças, principalmente aquelas de veiculação hídrica, que resultam do contato com água contaminada, esgoto não tratado e condições inadequadas de higiene. Entre as principais estão: ascaridíase, leptospirose, cólera, hepatite A, esquistossomose, entre outras (Fávero & Cunha, 2019).

Com isso, o biodigestor anaeróbico surge como uma alternativa viável, acessível e ecologicamente correta para famílias e pequenas propriedades rurais, permitindo o tratamento do esgoto diretamente no local onde é gerado. Os principais modelos biodigestores incluem o indiano, o chinês, a batelada, canadense, o tubular, o UASB e o industrial. O biodigestor industrial destaca

se pela alta capacidade de processamento, automação e uso em larga escala, como em agroindústrias e aterros sanitários (Lima, 2020).

A técnica propõe a implantação de um biodigestor anaeróbico unifamiliar em PEAD para tratamento de esgoto doméstico em áreas sem rede pública, alinhado aos princípios da sustentabilidade e ao ODS 6 – Água potável e saneamento, que visa garantir acesso universal à água e saneamento e reduzir a poluição (ONU - Nações Unidas Brasil, 2025). O sistema destaca-se pela praticidade e eficiência: os efluentes, após a caixa de gordura, são conduzidos ao biodigestor, onde bactérias anaeróbicas decompõem a matéria orgânica, e o efluente passa por um filtro de sólidos antes de ser liberado.

A metodologia empregada neste estudo fundamentou-se em uma pesquisa bibliográfica, buscando reunir e analisar informações existentes sobre o funcionamento e a viabilidade do biodigestor anaeróbico em PEAD (polietileno de alta densidade) como uma alternativa eficiente para o tratamento de efluentes domésticos.

DESENVOLVIMENTO

Funcionamento

Os biodigestores são estruturas fechadas e à prova de vazamentos (Figura 1), projetadas para receber matéria orgânica e promover sua decomposição na ausência de oxigênio, em um processo conhecido como digestão anaeróbica. Durante o tempo de retenção dentro do sistema, ocorrem reações bioquímicas que resultam na geração de gases e um subproduto líquido ou pastoso com potencial uso como biofertilizante (Magalhães, 1986).

Figura 1 - Modelo de Biodigestor industrial em PEAD.



Fonte: Site da Fortlev, 2025.

O tratamento inicial do esgoto ocorre quando os efluentes domésticos são conduzidos pelo sistema de esgoto sanitário até a tubulação de entrada do biodigestor. O esgoto da cozinha também pode ser direcionado ao biodigestor, contanto que passe previamente pela caixa de gordura (Fortlev, 2024).

Conforme figura 2, ao chegar no biodigestor, o esgoto é conduzido até a parte inferior do reservatório, onde ocorre o tratamento por meio de um fluxo ascendente, do fundo para a superfície, promovido pela ação de bactérias anaeróbicas. As bactérias presentes no lodo são responsáveis por decompor a matéria orgânica contida no esgoto, para iniciar o processo de tratamento, é necessário apenas o próprio esgoto como fonte de matéria orgânica (Fortlev, 2019).

Figura 2 - Início da digestão anaeróbica.



Fonte: Vídeo – Conheça o Biodigestor Fortlev, 2019.

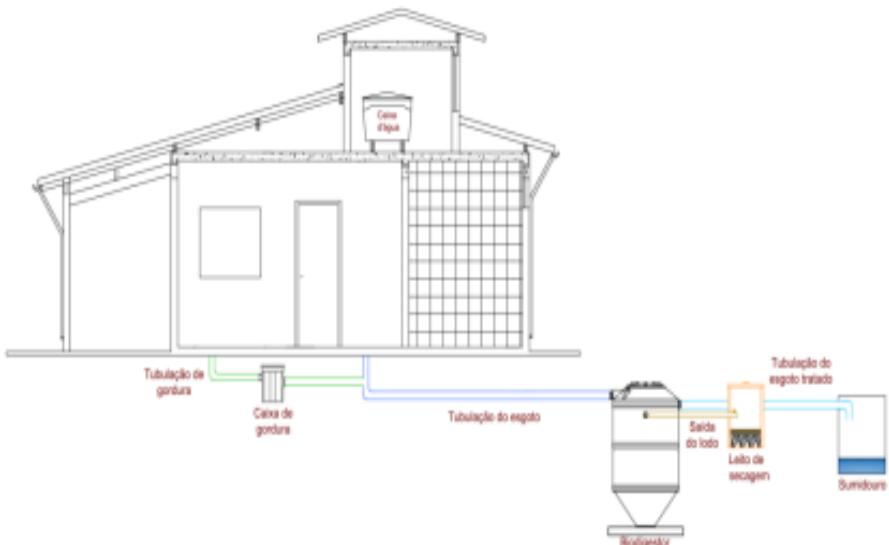
O efluente tratado atravessa o filtro de sólidos, que tem como função reter a matéria orgânica residual e garantir maior eficiência na separação dos sólidos suspensos e sedimentáveis. Na sequência, o líquido é encaminhado para a saída do sistema (Fortlev, 2024).

A destinação final ou o uso do efluente tratado são etapas cruciais que devem ser rigorosamente alinhadas às exigências da legislação ambiental aplicável, garantindo a proteção dos ecossistemas e da saúde pública, abaixo algumas das saídas mais comuns incluem:

Infiltração no solo: o efluente tratado pode ser direcionado para o solo para infiltração. Isso só é possível se o solo tiver uma permeabilidade adequada e se as normas ambientais permitirem. Corpo d'água: Se permitido pelas regulamentações, o efluente pode ser lançado em um rio, lago ou outro corpo d'água. Desde que o efluente atenda aos padrões de qualidade exigidos. Reuso: Após passar por um tratamento secundário adicional para remover mais poluentes antes do uso, o esgoto tratado pode ser reutilizado para diversas finalidades, dependendo do nível de purificação e das regulamentações. Os principais usos incluem: irrigação de lavouras, limpeza de ruas, recarga de aquíferos e ambiental.

A seguir, apresenta-se uma ilustração do fluxograma do Sistema de Esgotamento Sanitário (Figura 3), abrangendo desde a captação dos efluentes até o descarte final no sumidouro.

Figura 3 - Fluxo do tratamento de esgoto.



Fonte: Autores, 2025.

Durante esse processo são liberados dois subprodutos: o lodo e o biogás. O biogás, composto principalmente por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), pode ser utilizado como fonte de energia renovável, especialmente em áreas rurais para cocção, aquecimento e iluminação, quando produzido em quantidade suficiente (Lima, 2020). Já o lodo resultante da biodigestão, após estabilização, pode servir como biofertilizante rico em nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, desde que seu uso atenda às normas sanitárias e ambientais da Resolução CONAMA nº 375/2006.

Eficiência do sistema

A eficiência do sistema de tratamento é avaliada com base na remoção da carga orgânica e na significativa redução de patógenos presentes no efluente. A interação sinérgica entre os processos anaeróbios que ocorrem no biodigestor e a ação do filtro anaeróbio garante uma degradação progressiva da matéria orgânica, culminando em uma diminuição dos parâmetros indicadores de poluição.

Entre os principais índices de eficiência observados neste sistema, destaca-se a redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que ocorre por meio da degradação anaeróbica da matéria orgânica, este processo atinge índices de remoção entre 70% e 80% e a redução de Sólidos Suspensos Totais (SST) é promovida pela sedimentação e filtração biológica no filtro anaeróbio, resultando em uma remoção eficiente de sólidos particulados e, consequentemente, na diminuição da turbidez do efluente.

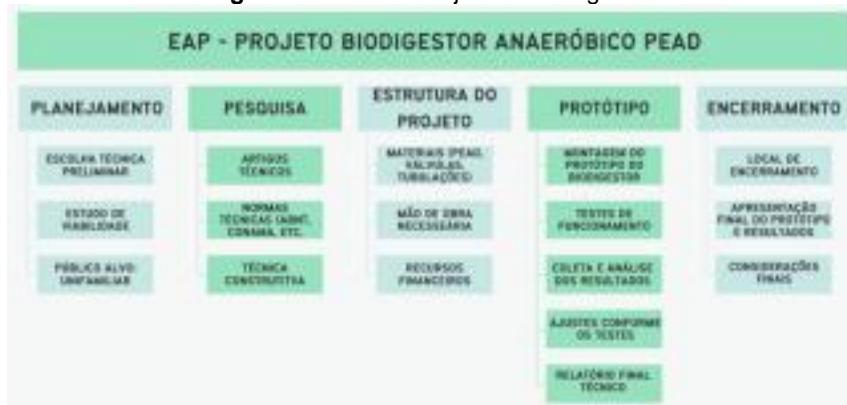
tratado (Innovent Engenharia & Planep Engenharia, 2025).

Outro ponto crucial é a redução de Coliformes Totais. O ambiente anaeróbio inerente ao sistema dificulta significativamente a proliferação de microrganismos patogênicos, proporcionando uma redução que varia entre 80% e 90% na contagem desses indicadores. Isso minimiza o potencial poluente do efluente e o prepara de forma adequada para possíveis etapas de pós-tratamento ou para uma disposição final ambientalmente segura (Innovent Engenharia & Planep Engenharia, 2025).

Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

A Estrutura Analítica do Projeto (EAP) é a base do planejamento e da gestão eficaz de qualquer projeto. Sua principal função é transformar um objetivo amplo em partes menores, comprehensíveis e gerenciáveis, o que permite maior controle, clareza e eficiência durante a execução do projeto (Figura 4).

Figura 4 – EAP do Projeto de Biodigestor.



Fonte: Adaptação no site Canva, 2025.

Cronograma Físico-Financeiro

O cronograma físico-financeiro (Gráfico 1) é essencial para o planejamento e controle de projetos, integrando etapas físicas e custos de forma organizada. Em obras como a implantação de um biodigestor anaeróbico em PEAD, permite otimizar recursos, garantir prazos e assegurar a execução dentro do orçamento, desde a aquisição de materiais até a entrega final do sistema.

Gráfico 1 – Cronograma físico-financeiro.



Fonte: Autores, 2025

Com base nas pesquisas realizadas, suas principais vantagens dos biodigestores em PEAD são a alta resistência química e mecânica do material, que é imune à corrosão e à degradação por substâncias presentes nos efluentes, garantindo durabilidade e longa vida útil ao equipamento. O PEAD também facilita o transporte e a instalação devido à sua leveza, sendo especialmente útil em áreas de difícil acesso. Sua impermeabilidade assegura um ambiente hermético para a digestão anaeróbica, prevenindo vazamentos e aumentando a eficiência do processo.

Aspectos positivos e negativos

Os biodigestores de PEAD oferecem baixa manutenção e uma vida útil superior a 20 anos, proporcionando benefícios ambientais e econômicos, como a redução da carga orgânica e a produção de biogás (fonte de energia) e lodo estabilizado (biofertilizante).

No entanto, o sistema tem menor capacidade de processamento

(ideal para uso unifamiliar impacto ou perfuração, exigindo cuidado na instalação. O funcionamento eficiente depende da ou pequenas comunidades) e o custo inicial pode ser alto. O material PEAD é vulnerável a danos por remoção periódica do lodo e do correto dimensionamento. Além disso, a viabilidade da reutilização dos subprodutos (biogás e biofertilizante) pode ser afetada por restrições legais.

Conformidades e Inconformidades Normativas

O projeto e a operação dos biodigestores anaeróbicos são regidos por rigorosas normas brasileiras. As principais normativas da ABNT são a NBR 7.229 (tanques sépticos) e a NBR 13.969 (tratamento complementar e disposição final de efluentes).

No âmbito ambiental, o CONAMA nº 375/2006 regulamenta o uso agrícola do lodo tratado (biofertilizante), enquanto o CONAMA nº 430/2011 estabelece padrões de qualidade para o lançamento de efluentes em corpos hídricos (DBO, SST, etc.).

A instalação deve seguir o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), respeitando as Áreas de Preservação Permanente (APPs). O sistema se alinha ao novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020), que incentiva soluções descentralizadas, desde que em conformidade com as exigências sanitárias e ambientais.

O não cumprimento dessas regras, incluindo a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998), implica em sanções. A adesão às normas é indispensável para garantir a eficácia do sistema, a proteção ambiental e a regularização do empreendimento.

Cumprimento da Agenda 2030 e ODS-6

A Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) estabelece 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), entre os quais destaca-se o ODS 6, que busca “garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos”. Nesse contexto, os biodigestores anaeróbicos em Polietileno de Alta Densidade (PEAD) configuram-se como uma solução tecnológica eficaz e alinhada aos princípios dessa agenda.

Esses sistemas contribuem para a meta 6.2, ao oferecer tratamento de esgoto descentralizado e acessível, beneficiando áreas rurais e periféricas, e para a meta 6.3, ao reduzir a carga orgânica dos efluentes e evitar a contaminação dos corpos hídricos. Também favorecem a meta 6.6, ao proteger ecossistemas aquáticos e prevenir a degradação ambiental. Além do ODS 6, o uso do biodigestor contribui com o ODS 3 (Saúde e bem-estar), ODS 7 (Energia limpa e acessível), ODS 11 (Cidades e comunidades sustentáveis) e ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima) (ONU - Nações Unidas Brasil, 2025).

Confecção do Protótipo

A partir das pesquisas e estudos realizados, foi possível desenvolver um protótipo com o objetivo de compreender melhor a dinâmica de funcionamento do biodigestor. A Figura 5 apresenta o modelo do biodigestor instalado, composto por um reservatório principal confeccionado em polietileno de alta densidade (PEAD), no qual ocorre a decomposição anaeróbia da matéria orgânica presente no esgoto doméstico. O sistema está equipado com uma saída para o lodo e outra para a água tratada, ambos os efluentes estão direcionados para recipientes plásticos identificados, que simulam os pontos de coleta ou descarte.

A representação facilita a visualização do processo de separação e do funcionamento básico do sistema. Além de uma visão interna do protótipo, onde é possível observar as tubulações de saída e o material utilizado para simular a presença de microrganismos responsáveis pela digestão anaeróbia. Esses microrganismos transformam a matéria orgânica presente no esgoto em gases e resíduos estabilizados, promovendo o tratamento do efluente de forma eficiente.

Figura 5 - Protótipo de biodigestor anaeróbio.



Fonte: Autores, 2025.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adoção do biodigestor anaeróbico fabricado em PEAD representa uma solução promissora e tecnicamente viável para o tratamento do esgoto doméstico, especialmente em regiões rurais ou urbanas carentes de infraestrutura sanitária. Sua eficiência no processo de digestão anaeróbica, aliada à durabilidade do material e à facilidade de instalação, torna esse sistema uma alternativa acessível e sustentável. Além disso, o reaproveitamento de subprodutos, como o biogás e o lodo estabilizado, contribui para o cumprimento das metas do ODS 6 da Agenda 2030.

Contudo, a tecnologia apresenta desafios que necessitam de atenção. A capacidade de processamento dos biodigestores em PEAD,

embora eficaz para unidades residenciais e pequenas propriedades, pode ser limitada para demandas maiores, exigindo, em alguns casos, múltiplos sistemas ou soluções complementares. O custo inicial de aquisição e instalação, apesar dos benefícios a longo prazo, pode ser uma barreira para famílias de baixa renda ou municípios com orçamentos restritos.

Por fim, embora o sistema apresente desempenho satisfatório, ainda há espaço para aprimoramentos. A inclusão de etapas complementares de filtragem pode aumentar a qualidade do efluente final, ampliando seu potencial de reuso e reduzindo impactos ambientais. Investimentos em técnica e políticas públicas de incentivo também são fundamentais para garantir a disseminação e efetividade dessa solução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229:1993. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.** Rio de Janeiro, 1993. Disponível em: <https://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortalezaonline/servletrepositoriolegislacao?arquivo=N_BR_7229_1993.pdf&pasta=legislacaoGeral>. Acesso: 24 de maio de 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969:1997. Tanques sépticos — Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos.** Disponível em: <<https://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/NBR-13969-97-TS-Unid-trat-complem-e-dispos%C3%A7%C3%A7%C3%A3o-final.pdf>>. Acesso: 24 de maio de 2025.
- BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Acesso: 24 de maio de 2025.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jan. 2007. Acesso: 25 de maio de 2025.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa (Código Florestal). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2012. Acesso: 23 de maio de 2025.
- BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Acesso: 23 de maio de 2025.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 ago. 2006. Acesso: 23 de maio de 2025.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementando e alterando a Resolução nº 357/2005. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 maio 2011. Acesso: 25 de maio de 2025.

O SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL EM 6 GRÁFICOS | AOS FATOS. Disponível em: <<https://www.aosfatos.org/noticias/o-saneamento-basico-no-brasil-em-6-graficos/>>. Acesso: 17 de maio de 2025.

LIMA, H. PORTAL ENERGIA E BIOGÁS – BIOGÁS. Disponível em: <<https://biogaseenergia.com.br/biogas>>. Acesso: 17 de maio de 2025.

ONU. OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL | AS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso: 17 de maio de 2025.

LIMA, H. BIODIGESTOR – MODELOS E CONFIGURAÇÕES. Disponível em: <<https://biogaseenergia.com.br/biodigestor-modelos-e-configuracoes>>. Acesso: 18 de maio de 2025.

FOSSA SÉPTICA FORTLEV. Disponível em: <https://www.fortlev.com.br/wp-content/uploads/2024/08/manual_tecnico_fortlev_fossa-septica.pdf.pdf>. Acesso: 18 de maio de 2025.

FORTLEV. MANUAL DE INSTALAÇÃO DO BIODIGESTOR. Disponível em: <<https://www.fortlev.com.br/videos/manual-instalacao-biodigestor/>>. Acesso: 18 de maio de 2025.

FORTLEV. CONHEÇA O BIODIGESTOR FORTLEV. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=p7Yz_xULDzE>. Acesso: 18 de maio de 2025.

SPINDLER, K. S. OS BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DE BIODIGESTORES NO TRATAMENTO DE EFLUENTE ORIUNDO DO ESGOTO DOMÉSTICO: UMA FERRAMENTA PARA GESTÃO AMBIENTAL. Revista Educacional Interdisciplinar - REDIN, v. 7, n. 1, 2018. Acesso: 16 de maio de 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Uso do biodigestor anaeróbico produzido em PEAD (polietileno de alta densidade) para tratamento de esgoto doméstico unifamiliar

A PARTIR DE RESÍDUOS ORGÂNICOS UTILIZANDO BIODIGESTOR ANAERÓBICO. Uberlândia, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20292/3/Produ%C3%A7%C3%A3oBiog%C3%A1sRes%C3%ADduos.pdf>>. Acesso: 16 de maio de 2025.

INNOVENT; PLANNEP. ENGENHARIA – INNOVENT E PLANNEP ENGENHARIA - PROPOSTA TÉCNICA. Disponível em: <<https://www.innovent.eng.br/>> e <<https://www.planep.com.br>>. Acesso: 07 de maio de 2025.