



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA EM AMBIENTE
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENERGIA E AMBIENTE

GIOVANNE RAFAEL DE OLIVEIRA

TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO COMO SOLUÇÃO COMPLEMENTAR E
SUSTENTÁVEL PARA O SANEAMENTO EM COMUNIDADES RIBEIRINHAS:
Estudo de Caso na Comunidade Mojó

São Luís – MA

2025

GIOVANNE RAFAEL DE OLIVEIRA

**TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO COMO SOLUÇÃO COMPLEMENTAR E
SUSTENTÁVEL PARA O SANEAMENTO EM COMUNIDADES RIBEIRINHAS:**

Estudo de Caso na Comunidade Mojó

Dissertação de conclusão final apresentado ao
Programa de Pós-Graduação em Energia e
Ambiente da Universidade Federal do Maranhão

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Magalhães
Nascimento

São Luís – MA

2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Oliveira, Giovanne Rafael de.

Tanque de Evapotranspiração como solução complementar e sustentável para o saneamento em comunidades ribeirinhas : estudo de Caso na Comunidade Mojó / Giovanne Rafael de Oliveira. - 2025.

90 p.

Orientador(a): Ulisses Magalhães Nascimento.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Energia e Ambiente/ccet, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2025.

1. Saneamento Ecológico. 2. Evapotranspiração. 3. Comunidades Ribeirinhas. 4. Tecnologia Social. 5. Sustentabilidade. I. Nascimento, Ulisses Magalhães. II. Título.

GIOVANNE RAFAEL DE OLIVEIRA

**TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO COMO SOLUÇÃO COMPLEMENTAR E
SUSTENTÁVEL PARA O SANEAMENTO EM COMUNIDADES RIBEIRINHAS:**

Estudo de Caso na Comunidade Mojó

Dissertação de conclusão final apresentado ao
Programa de Pós-Graduação em Energia e
Ambiente da Universidade Federal do Maranhão

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ulisses Magalhães Nascimento
Doutor em Química Analítica – Universidade de São Paulo (USP)
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Orientador

Prof. Dr. Paulo Henrique da Silva Leite Coelho
Doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Membro Interno

Prof. Dr. Cláudio Luis de Araújo Neto
Doutor em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande
Universidade Federal do Maranhão (UFMA) – Campus Balsas
Membro Externo

Dedico ao mundo.

“O problema é a solução.”

Bill Mollison

RESUMO

O presente trabalho analisa a viabilidade técnica, ambiental e econômica do Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) como solução complementar e sustentável para o saneamento básico em comunidades ribeirinhas, tendo como estudo de caso a comunidade do Mojó, situada no município de Paço do Lumiar – MA. Também conhecido como fossa de bananeira, o TEVAP é um sistema de tratamento de esgoto doméstico baseado em princípios naturais, que combina processos de evaporação, transpiração e retenção física, evitando o lançamento de efluentes brutos no solo ou em corpos hídricos e promovendo segurança sanitária e proteção ao meio ambiente. A metodologia adotada integrou pesquisa de campo com levantamento de dados primários, aplicação de entrevistas semiestruturadas a dez famílias locais, análise socioeconômica, dimensionamento técnico conforme diretrizes da NBR 17076:2024, orçamento detalhado do sistema e comparação com um modelo de biodigestor pré-moldado. O sistema TEVAP demonstrou ser viável de ser construído com materiais amplamente disponíveis, como tijolos cerâmicos, areia, brita, cimento e pneus reciclados, utilizando mão de obra comunitária, o que resultou em um custo estimado de R\$ 3.198,73. O biodigestor, por sua vez, apresentou um custo de R\$ 4.443,32, evidenciando uma economia de aproximadamente 28% na adoção do TEVAP. Além disso, esse sistema dispensa o uso de insumos químicos e exige manutenção simples, fatores que favorecem sua replicação em territórios de infraestrutura limitada. Como desdobramento da pesquisa, foi desenvolvida a cartilha educativa “Quintais Limpos, Mangue em Pé”, voltada à educação ambiental popular, com conteúdo didático e ilustrações acessíveis, fortalecendo a compreensão comunitária e o protagonismo local. Conclui-se que o TEVAP se apresenta como uma tecnologia social de baixo custo, tecnicamente robusta e ambientalmente eficaz, capaz de promover justiça ambiental e inclusão sanitária em áreas historicamente negligenciadas pelas políticas públicas de saneamento.

Palavras-chave: Saneamento descentralizado; Tecnologia social; Justiça ambiental; Educação ambiental; Biodigestor.

ABSTRACT

This study analyzes the technical, environmental, and economic feasibility of the Evapotranspiration Tank (TEVAP) as a complementary and sustainable solution for basic sanitation in riverside communities, using the Mojó community, located in the municipality of Paço do Lumiar – MA, as a case study. Also known as the banana tree pit, TEVAP is a domestic sewage treatment system based on natural principles that combines evaporation, transpiration, and physical retention processes. It prevents the discharge of raw effluents into the soil or water bodies, thereby promoting sanitary safety and environmental protection. The methodology combined field research with the collection of primary data, application of semi-structured interviews with ten local families, socioeconomic analysis, technical design according to the guidelines of NBR 17076:2024, a detailed system budget, and a comparison with a pre-molded biodigester model. The TEVAP system proved feasible to build using widely available materials such as ceramic bricks, sand, gravel, cement, and recycled tires, employing community labor, which resulted in an estimated cost of R\$ 3,198.73. The biodigester, in turn, presented a cost of R\$ 4,443.32, indicating a savings of approximately 28% with the adoption of TEVAP. Furthermore, this system requires no chemical inputs and demands only simple maintenance, which favors its replication in territories with limited infrastructure. As an outcome of the research, the educational booklet “Clean Backyards, Standing Mangrove” was developed, aimed at popular environmental education, with didactic content and accessible illustrations, strengthening community understanding and local engagement. It is concluded that TEVAP stands out as a low-cost, technically robust, and environmentally effective social technology capable of promoting environmental justice and sanitary inclusion in areas historically neglected by public sanitation policies.

Keywords: Decentralized sanitation; Social technology; Environmental justice; Environmental education; Biodigester.

.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Ícones de cada ods impactado com a disseminação do tanque de evapotranspiração..	16
Figura 2- Fluxograma de um Sistema de Esgotamento residencial.....	25
Figura 3 - Ilustração da estrutura e camadas do TEVAP.....	31
Figura 4 - Câmara anaeróbia construída com pneus reutilizados na TEVAP da Pousada Vila Ronquinha, São Luís (MA).....	34
Figura 5 - Camada de suporte na TEVAP na da ONG Arte Mojó.....	35
Figura 6 - Camada de filtração na TEVAP do Instituto Tricomas.....	36
Figura 7 - Camada de filtração na TEVAP na da ONG Arte Mojó.....	36
Figura 8 – TEVAP finalizado na Pousada Vila Ronquinha, com mudas plantadas e cercado de varinhas para proteção e delimitação da área.....	37
Figura 9 - Biodigestor	38
Figura 10 - Mapa de situação da comunidade mojó inserida no contexto da grande ilha de São Luís.....	42
Figura 11 - Mapa da comunidade mojó ilustrando a distância da ONG Arte Mojó até o rio.....	43
Figura 12 – Fossa séptica artesanal registrada em residência de entrevistado na Comunidade Mojó.....	47
Figura 13– Estrutura sanitária observada em domicílio de um entrevistado na Comunidade Mojó.....	48
Figura 14 – Sistema individual de esgotamento sanitário registrado na Comunidade Mojó....	48
Figura 15 – Registro de banheiro improvisado utilizado como estrutura de apoio no Porto do Mojó.....	49
Figura 16 – Mapa cedido pela ONG Arte Mojó que mapeia os pontos de esgoto despejado em corpos d'água aos arredores da comunidade Mojó.....	57
Figura 17 - Fluxograma demonstrando a hipótese de sistema com Tanque de Evapotranspiração.....	55
Figura 18 - Fluxograma demonstrando a hipótese de sistema Com Biodigestor.....	56
Mapa 1 - Mapa cedido pela ONG Arte Mojó que mapeia os pontos de esgoto despejado em corpos d'água aos arredores da comunidade Mojó.....	50

LISTA DE TABELAS/ QUADRO

Tabela 1 - Doenças relacionadas ao descarte irregular de efluentes sanitários.....	17
Tabela 2 – Resultados das análises físico-químicas do efluente em três sistemas diferentes.	52
Tabela 3 - Comparativa de Custos - Biodigestores Pré-Moldados.....	54
Tabela 4 - Orçamento referente a mão de obra de instalação de um biodigestor.....	54
Tabela 5 - Comparativo entre TEVAP e Biodigestor Pré-moldado.....	57
Quadro 1 - Etapas do Tratamento.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CCUs	Composições de Custos Unitários
CEF	Caixa Econômica Federal
CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de carbono
EMBASA	Empresa Baiana de Águas e Saneamento
ETEs	Estações de Tratamento de Esgoto
GEE	Gases de Efeito Estufa
H. pylori	Helicobacter pylori
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua
SBC	Sistema Brasileiro de Custos
SEINFRA	Secretaria de Infraestrutura do Estado da Bahia
SETOP	Secretaria de Transportes e Obras Públicas
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SIURB	Sistema de Orçamentos e Infraestrutura Urbana
TEVAP	Tanque de Evapotranspiração
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância

S U M Á R I O

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivos Específicos.....	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 Saneamento Básico e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).....	16
3.1.1 ODS 6: Água Potável e Saneamento.....	16
3.1.2 ODS 3: Saúde e Bem-Estar.....	17
3.1.3 ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis.....	18
3.1.4 ODS 13: Ação Climática e Redução de Gases de Efeito Estufa no Saneamento.....	19
3.2 Marco Regulatório do Saneamento Básico no Brasil.....	20
3.2.1 Análise crítica dos desafios para a implementação do marco regulatório em áreas periurbanas, rurais e remotas.....	21
3.3 Sistema Sépticos: Definição, Funcionamento e Tipos de Tratamento.....	22
3.3.1 Tipos de Efluentes Residenciais.....	23
3.3.2 Tratamento Primário.....	25
3.3.4 Tratamento Secundário.....	26
3.3.4.1 Filtro Aeróbio.....	26
3.3.4.2 Filtro de Areia.....	27
3.3.4.3 Vala de Filtração.....	27
3.3.4.4 Escoamento Superficial.....	27
3.3.4.5 Desinfecção.....	27
3.3.5 Disposição Final do Efluente.....	28
3.4 Tanque de Evapotranspiração: Uma Solução Eficiente, Ecológica e de Baixo Custo	28
3.4.1 Princípios de Funcionamento do TEVAP.....	31
3.4.2 Dimensionamento do TEVAP.....	32
3.4.3 Processo de Execução do TEVAP.....	33
3.4.3.1 Construção do Tanque.....	33
3.4.3.2 Preparo da Câmara Anaeróbia.....	34
3.4.3.3 Camada de Suporte com Materiais Granulares de Maior Granulometria.....	34
3.4.3.4 Instalação das Camadas de Filtração.....	35
3.4.3.5 Plantio das Bananeiras e Outras Espécies Vegetais.....	36

3.5 Biodigestor.....	37
4 METODOLOGIA.....	40
4.1 Coleta de Dados.....	40
4.2 Caracterização da Área de Estudos.....	41
4.3 Tanque de Evapotranspiração (TEVAP).....	44
4.4 Orçamento para Execução: Tanque de Evapotranspiração Versus Biodigestor.....	45
5 RESULTADO E DISCUSSÕES.....	46
5.1 Coleta de Dados.....	46
5.2 Tanque de Evapotranspiração: Dimensionamento e Custos de Implantação.....	51
5.2.1 Definição dos Parâmetros e Dimensionamento do Sistema.....	51
5.3 Dimensionamento e Orçamento do Biodigestor Pré Moldado.....	53
5.4 Análise Entre os Sistemas Tanque de Evapotranspiração e Biodigestor Pré Moldado.....	55
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
6.1 Viabilidade do TEVAP em Contextos Populares e Contribuições da Pesquisa.....	58
6.2 Instrumentos de Apoio e Caminhos para Replicação Comunitária.....	59
7 CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIA.....	62
APÊNDICES.....	67
APÊNDICE A - Orçamento detalhado para Construção Modelo do Tanque de Evapotranspiração.....	68
APÊNDICE B - Cotação Biodigestores.....	70
APÊNDICE C - Cotação Biodigestor Hydrotech.....	71
APÊNDICE D - Cartilha “Quintais Limpos, Mangue em Pé”.....	72
APÊNDICE E - Anexo Digital A.....	74
APÊNDICE F - Entrevistas de Campo.....	75
APÊNDICE G - O projeto técnico executivo do TEvap padrão para a comunidade Mojó.....	89

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um dos pilares fundamentais para garantir a saúde pública, o bem-estar social e a preservação ambiental. Em comunidades ribeirinhas, onde os habitantes convivem diretamente com corpos d'água e dependem desses recursos naturais para sua subsistência, a ausência de sistemas adequados de saneamento traz sérios riscos de contaminação hídrica e consequentes problemas de saúde (Brasil, 2019). De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2023), com base no ano de referência 2022, apenas 52,2% do esgoto gerado no Brasil é tratado de maneira adequada. Esse déficit se torna ainda mais crítico em regiões rurais e comunidades ribeirinhas, como Mojó e outras áreas próximas a corpos d'água, onde a infraestrutura de saneamento é insuficiente, gerando impactos graves na saúde e no meio ambiente.

A comunidade de Mojó, situada no município de Paço do Lumiar, Maranhão, encontra-se a apenas 400 metros do Rio Santo Antônio, um afluente que deságua no Rio Paciência, evidenciando os desafios enfrentados pelas populações ribeirinhas da região. Com uma economia tradicionalmente baseada na pesca, Mojó é uma comunidade ribeirinha que sofre com a falta de sistemas adequados de tratamento de esgoto, o que coloca em risco tanto a saúde dos moradores quanto a qualidade ambiental dos corpos d'água que sustentam a economia local (Maciel, 2024). Atualmente, a maioria das residências rurais e periurbanas utiliza fossas sépticas convencionais, amplamente adotadas como solução básica de esgotamento em áreas sem rede pública. No entanto, sua efetividade pode ser comprometida por falhas de execução, ausência de manutenção adequada ou inadequação às condições geológicas locais, como a presença de solos muito permeáveis, que aumentam o risco de contaminação do solo e dos lençóis freáticos (Silveira et al., 2023).

Em Mojó, essa prática compromete a qualidade da água utilizada para consumo e pesca, afetando diretamente a saúde pública e a economia local (Maciel, 2024). Além disso, a manutenção de fossas sépticas convencionais, incluindo a limpeza periódica, pode representar um custo significativo para as famílias, especialmente aquelas em situação de vulnerabilidade socioeconômica (Silva; Moreira, 2019).

Diante deste cenário, o Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) surge como uma solução complementar ao saneamento descentralizado, garantindo a disposição final segura dos efluentes tratados. De acordo com a ABNT (2024) a norma NBR 17076:2024 (*Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte — Requisitos*), que revoga e unifica as diretrizes das normas NBR 7229:1993 e NBR 13969:1997, o TEVAP não substitui o tratamento

primário, mas atua na destinação final do efluente proveniente de tanques sépticos. O funcionamento de um TEVAP baseia-se na evapotranspiração de plantas, como bananeiras, mamoeiros, taiobas e outras espécies que possuem alta capacidade de absorção hídrica, evitando a infiltração no solo e minimizando impactos ambientais.

O sistema não só ajuda a garantir o destino final seguro do esgoto, como também realiza um tratamento complementar, pois sua estrutura conta com câmara anaeróbica, entulho e brita capa que atuam como biofiltros, e filtro de área, que favorece a remoção adicional de materiais orgânicos e sólidos em suspensão. O TEVAP não apenas reduz os efeitos ambientais, mas também se destaca como um sistema sustentável e produtivo. O uso da vegetação no processo de evapotranspiração absorve carbono atmosférico por meio da fotossíntese, o que ajuda a reduzir as emissões de gases de efeito estufa. A biomassa vegetal pode ser usada para uma variedade de propósitos, como a produção de alimentos, medicamentos e arte, aumentando o potencial socioeconômico do sistema. pelo seu baixo custo, eficiência e benefícios ambientais, o TEVAP é uma alternativa viável para áreas ribeirinhas onde a sustentabilidade e a preservação dos recursos hidrológicos são cruciais (Almeida et al., 2019; ABNT, 2024).

A proposta do Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) se alinha às práticas e ao contexto da comunidade de Mojó, oferecendo uma solução acessível e ambientalmente adequada. Sua adoção ganha relevância simbólica por dialogar com a plantação de bananeiras já existente na ONG Arte Mojó, voltada à produção artesanal com fibras vegetais. Embora esse bananal não seja utilizado diretamente no sistema, a presença da planta fortalece o vínculo entre a tecnologia social do saneamento ecológico e os saberes locais, incentivando práticas que integram cuidado ambiental, saúde e geração de renda.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade técnica e financeira Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) como alternativa complementar, sustentável e de baixo custo para o saneamento básico em comunidades ribeirinhas, a partir de um estudo de caso na comunidade do Mojó (Paço do Lumiar – MA).

2.2 Objetivos Específicos

- Investigar as condições socioambientais e de infraestrutura sanitária da comunidade do Mojó.
- Dimensionar um sistema padrão de TEVAP com base em dados primários da realidade local.
- Realizar um orçamento detalhado do sistema TEVAP, utilizando composições de custos reais e adaptadas à região.
- Comparar tecnicamente e economicamente o TEVAP com o biodigestor pré-moldado, analisando aspectos de manutenção, replicabilidade e acessibilidade.
- Avaliar o TEVAP como tecnologia social, considerando sua viabilidade ecológica, autonomia comunitária e alinhamento com práticas de sustentabilidade.
- Produzir um material educativo voltado à formação popular sobre saneamento ecológico, contribuindo para a replicação da tecnologia em outras localidades.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Saneamento Básico e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

O saneamento básico é uma questão central para o desenvolvimento sustentável e a promoção da saúde pública. O acesso adequado a sistemas de saneamento está diretamente relacionado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU). Dentro dessa agenda, quatro ODS são especialmente relevantes para o saneamento: o ODS 6 (Água Potável e Saneamento), o ODS 3 (Saúde e Bem-Estar), o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e o ODS 13 (Ação Contra a Mudança Climática)(ONU, 2025).

Figura 1 - Ícones de cada ods impactado com a disseminação do tanque de evapotranspiração



Fonte: BiologiaNet (2025)

3.1.1 ODS 6: Água Potável e Saneamento

O ODS 6 tem como objetivo garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todos até 2030. Essa meta é especialmente crítica para comunidades ribeirinhas e áreas remotas, onde a infraestrutura de saneamento é inexistente ou precária. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), cerca de 2,2 bilhões de pessoas não possuem acesso à água potável, e mais de 4 bilhões carecem de sistemas adequados de saneamento básico (OMS, 2019).

Dados mais recentes do WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme (2023) reforçam essa realidade, destacando que bilhões de pessoas ainda vivem sem acesso seguro a esses serviços essenciais, o que compromete diretamente o alcance das metas do ODS 6.

3.1.2 ODS 3: Saúde e Bem-Estar

A falta de saneamento básico adequado é um dos principais fatores que comprometem a saúde pública, especialmente em regiões de baixa renda. A meta do ODS 3, Saúde e Bem-Estar, é assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, sendo o saneamento seguro uma peça-chave na prevenção de doenças transmitidas pela água, como diarreia, cólera e outras doenças gastrointestinais. Estudo do Instituto Trata Brasil (2022) aponta que, associada à pobreza e a outros fatores de risco, a falta de saneamento básico afeta principalmente a população de baixa renda (Instituto Trata Brasil, 2022).

O efluente *in natura* contém altos teores de matéria orgânica, nutrientes e substâncias inorgânicas, e seu descarte inadequado resulta na redução do oxigênio dissolvido, no processo de eutrofização e em consequentes impactos negativos, como alteração na cor, sabor e odor da água; proliferação excessiva de algas; morte de organismos aquáticos; e aumento do assoreamento, entre outros problemas (Abrahão, 2007). Além disso, o lançamento irregular de efluentes sanitários representa riscos significativos à saúde pública, conforme apresentado na Tabela 1, que elenca diversas doenças relacionadas à contaminação hídrica.

Tabela 1 - Doenças relacionadas ao descarte irregular de efluentes sanitários

Grupo de Doenças	Doenças	Transmissão	Prevenção
Feco-oral	Cólera; Desintéria amebiana; Giardíase; Hepatite (Tipo A); Poliomielite; Febre tifóide.	Ingestão de organismo patogênico	Implantar sistema de tratamento de água; Melhorar instalações sanitárias; Proteger os recursos hídricos da contaminação.
Ausência de higienização	Ancilostomíase; Ascaridíase; Tricuríase; Salmonelose; Escabiose	Ingestão ou contato com organismo patogênico	Higienizar instalações sanitárias; Implantar abastecimento de água e de tratamento de esgoto.
Contato com água	Esquistossomose; Leptospirose	Contato da pele com a água contaminada pelo organismo patogênico	Combater o hospedeiro transmissor da doença; Evitar contato com a água contaminada; Implantar sistema de esgotamento sanitário; Melhorar instalações sanitárias.
Transmitidas por vetores	Filariose (elefantíase); Malária; Dengue	Picada do inseto contaminado	Controlar insetos transmissores

Fonte: Adaptado de Araújo (2022)

Além das infecções gastrointestinais bem documentadas, a infecção por *Helicobacter pylori* (*H. pylori*) também é uma preocupação de saúde pública entre as doenças ligadas ao

saneamento precário. A contaminação por matéria fecal da água e dos alimentos é apontada como uma via significativa de transmissão da bactéria, especialmente em áreas sem sistemas adequados de descarte sanitário. O consumo de água e alimentos contaminados, bem como o contato com fezes e saliva de indivíduos infectados, podem disseminar *H. pylori*, segundo estudos epidemiológicos, e são favorecidos por condições básicas de higiene e saneamento (Bellack *et al.*, 2006).

A relação entre saneamento inadequado e prevalência de *H. pylori* em populações expostas a fontes de água não tratadas é reforçada pela literatura científica. Segundo estudo recente, condições socioeconômicas e moradia são fatores que determinam a incidência de infecção (Fey; Fey; Rocha, 2024). Diante disso, é crucial utilizar soluções complementares às convencionais de saneamento para reduzir os riscos de contaminação ambiental e seus efeitos diretos na saúde pública. Um papel fundamental na prevenção dessas doenças é desempenhado pelo uso de soluções efetivas de esgotamento sanitário. A integração de sistemas complementares com tratamento primário de esgoto auxilia na redução da disseminação de patógenos e melhora das condições sanitárias, apoiando os objetivos do ODS 3.

3.1.3 ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis

O crescimento urbano desordenado, especialmente em áreas de proteção ambiental, impõe desafios à sustentabilidade das cidades, conforme estabelecido pelo ODS 11. Em regiões como os arredores do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, o aumento do turismo e da população exige soluções que equilibrem desenvolvimento urbano, preservação ambiental e infraestrutura de saneamento (Santos; Bahl, 2017).

Silva e Moreira (2019) destacam que:

A adoção de sistemas descentralizados de esgotamento sanitário, especialmente em áreas rurais e de pequeno porte, representa uma solução viável para o controle da poluição hídrica, contribuindo para a melhoria da saúde pública e redução de desigualdades sociais. Além de eficientes, esses sistemas apresentam menor custo de implantação e manutenção, sendo adaptáveis às realidades locais.

Além dos benefícios ambientais, investir em saneamento tem impacto econômico positivo ao diminuir os gastos com saúde pública. Segundo Sant'Anna e Rocha (2021), a entrada em operação de investimentos em saneamento básico está associada a reduções significativas nas taxas de internação hospitalar, especialmente entre bebês de até um ano de idade, indicando uma melhora substancial na saúde da população e, conseqüentemente, uma diminuição nos custos relacionados aos serviços de saúde.

Isso mostra que ampliar o acesso a sistemas eficazes não só previne doenças como também fortalece as políticas de saúde pública e sustentabilidade financeira nos municípios. Ao oferecer uma solução descentralizada, ecológica e de baixo custo para a disposição final de águas residuais tratadas, o TEVAP se alinha ao ODS 11 e possibilita uma solução mais inclusiva e personalizada às realidades das comunidades ribeirinhas. Além disso, sua implementação diminui a dependência de grandes infraestruturas de saúde centralizadas, tornando-se uma solução viável para áreas com acesso limitado.

3.1.4 ODS 13: Ação Climática e Redução de Gases de Efeito Estufa no Saneamento

Conforme estabelecido pelo ODS 13, o desenvolvimento sustentável desempenha um papel crítico na mitigação das mudanças climáticas. O tratamento insuficiente de esgoto é uma fonte significativa de emissões de gases de efeito estufa (GEE), como dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4), que contribuem para o aquecimento global. Segundo Mendonça (2021), as estações de tratamento de esgoto (ETEs) possuem emissões diretas de importantes GEE, como metano e óxido nitroso, que contribuem para as recentes mudanças climáticas, causando o aquecimento global e desastres naturais em todo o mundo (Mendonça, 2021).

Por outro lado, a Bacia de Evapotranspiração (TEVAP), que incorpora plantas com altas taxas de evapotranspiração, como bananas, taiobas e helicônias, funciona não apenas como uma solução de disposição final para águas residuais tratadas, mas também como um dispositivo de captura de carbono. Por meio do processo de fotossíntese, a vegetação encontrada na superfície dessas bacias absorve CO_2 da atmosfera, ajudando a diminuir sua concentração na atmosfera. Além disso, uma menor necessidade de infraestruturas intensivas em energia para dar suporte à sua operação diminui a quantidade de carbono vinculada à sustentabilidade. Em sistemas convencionais de tratamento de esgoto, o uso de bombas, difusores para aeração e agitadores aumenta significativamente as emissões de GEE, destruindo alternativas naturais como a TEVAP, que são mais sustentáveis a longo prazo (Almeida *et al.*, 2019).

Em larga escala, a TEVAP pode contribuir significativamente para a remoção de CO_2 , tornando-se uma tecnologia sustentável que alia saneamento descentralizado e controle de emissões de carbono. Estudos indicam que as perdas por gases e a adsorção pelo substrato cerâmico também contribuem para a remoção de poluentes no sistema, sugerindo que a TEVAP pode desempenhar um papel relevante na mitigação de gases de efeito estufa (Reis, 2022). Dessa forma, seu uso em comunidades ribeirinhas e periurbanas pode representar uma estratégia eficaz na adaptação às mudanças climáticas, promovendo a resiliência ambiental e

social dessas populações. Seu reconhecimento pela NBR 17076:2024 reforça a necessidade de ampliar estudos sobre sua eficiência não apenas na disposição final de efluentes, mas também como solução para redução de gases de efeito estufa no setor de saneamento

3.2 Marco Regulatório do Saneamento Básico no Brasil

O marco regulatório do saneamento básico no Brasil foi atualizado pela Lei nº 14.026, sancionada em julho de 2020, com o objetivo de modernizar e ampliar o acesso aos serviços de saneamento no país. Esta legislação estabelece um novo cenário para a gestão dos serviços de água e esgoto, com metas ambiciosas de universalização, prevendo que até 2033, 99% da população tenha acesso à água potável e 90% à coleta e tratamento de esgoto (Silva; Bocchiglieri, 2020).

Conforme Tuchinski *et al.* (2023), a Lei nº 14.026/2020 trouxe a centralização da regulação no âmbito federal, por meio da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o que visa uniformizar as regras para os operadores, públicos e privados, que oferecem serviços de saneamento. Um dos principais objetivos dessa centralização é melhorar a eficiência e a qualidade dos serviços, promover a competição entre os operadores e atrair investimentos para o setor, especialmente em áreas deficitárias, como as regiões rurais e ribeirinhas.

Além disso, a nova lei estipula que os contratos de prestação de serviços devem estar alinhados aos planos regionais ou municipais de saneamento, incluindo metas de eficiência e expansão dos serviços. Quaisquer concessões que não atendam a esses requisitos podem sofrer penalidades, que podem incluir a rescisão do contrato. Dessa forma, a lei estabelece um mecanismo para incentivar o investimento em soluções que suportem a expansão da infraestrutura, principalmente em áreas mais remotas e distantes (Tuchinski *et al.*, 2021).

A universalização do saneamento básico, conforme estabelecida pela Lei nº 14.026/2020, na análise de Tuchinski *et al.* (2021), impõe metas desafiadoras para o Brasil, sobretudo em áreas rurais e regiões de difícil acesso, como comunidades ribeirinhas. Para alcançar as metas de 99% de cobertura de água potável e 90% de coleta e tratamento de esgoto até 2033, será necessário um investimento massivo, estimado em cerca de R\$ 700 bilhões até o prazo final (Fundação Getúlio Vargas, 2020).

O reflexo dessas metas demonstra as disparidades regionais e de acesso desigual aos serviços de saneamento. No entanto, segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD), publicada pelo IBGE em 2020, 16,3% dos brasileiros ainda não tinham acesso à água encanada, e mais de 50% não tinham acesso a serviços adequados de coleta de

esgoto. Diante disso, as metas estabelecidas pela nova legislação se tornam particularmente desafiadoras em áreas rurais e de difícil acesso (IBGE, 2020).

3.2.1 Análise dos desafios para a implementação do marco regulatório em áreas periurbanas, rurais e remotas

A implementação do marco regulatório do saneamento básico em regiões periurbanas, rurais e remotas enfrenta obstáculos estruturais, econômicos e operacionais que comprometem a universalização do acesso ao esgotamento sanitário. Nessas áreas, caracterizadas por baixa densidade populacional, dispersão geográfica e infraestrutura limitada, a expansão dos sistemas centralizados de saneamento se torna economicamente inviável. O custo elevado para a implantação de redes de coleta e estações de tratamento de esgoto, aliado à dificuldade de manutenção em locais de difícil acesso, representa um desafio significativo para a viabilidade desses sistemas (Vieira *et al.*, 2024).

A predominância dos modelos centralizados de saneamento nas cidades evidencia a desigualdade na distribuição dos serviços. Esses sistemas, planejados para atender grandes centros urbanos, tornam-se inviáveis para localidades rurais e remotas, onde há menor demanda concentrada e maiores dificuldades logísticas. Em regiões como a Amazônia Legal e o semiárido nordestino, onde comunidades ribeirinhas e periurbanas enfrentam desafios ambientais e geográficos específicos, a falta de planejamento adequado agrava a exclusão sanitária (Silva, 2017).

Diante dessas dificuldades, modelos descentralizados surgem como alternativas técnicas viáveis para garantir o cumprimento do marco regulatório nessas regiões. Tecnologias de saneamento individual ou coletivo, como tanques sépticos e wetlands construídos, vêm sendo cada vez mais consideradas, pois demandam menor infraestrutura de redes e são adaptáveis a diferentes realidades geográficas. Além disso, a adoção de soluções sustentáveis, que integram processos naturais no tratamento dos efluentes, pode reduzir impactos ambientais e custos operacionais, favorecendo sua aceitação por órgãos reguladores e comunidades locais (Moraes, 2014).

O sucesso da implementação do marco regulatório, segundo Moraes (2014), nessas áreas dependerá do desenvolvimento de políticas públicas que incentivem modelos de saneamento mais flexíveis e adaptáveis à realidade periurbana e rural. Incentivos financeiros, normativas específicas para áreas de baixa densidade populacional e regulamentação adequada de sistemas descentralizados são fatores que podem facilitar a ampliação do acesso ao

saneamento nessas localidades. Além disso, é fundamental que haja participação das comunidades no processo de escolha e implementação das soluções sanitárias, garantindo que os modelos adotados sejam tecnicamente viáveis, economicamente acessíveis e ambientalmente sustentáveis .

Para Moraes (2014), a exigência de assistência técnica e fiscalização contínuas também apresenta um desafio na implementação do arcabouço regulatório em áreas de difícil acesso. A manutenção e o monitoramento inadequados de sistemas de saneamento descentralizados podem comprometer a eficácia das soluções implementadas e criar riscos ambientais e de saúde pública . As políticas de saneamento também devem incluir estratégias para treinamento de agentes locais e o desenvolvimento de mecanismos de gestão comunitária para sistemas instalados.

3.3 Sistema Sépticos: Definição, Funcionamento e Tipos de Tratamento

Os sistemas sépticos são amplamente utilizados em áreas remotas, rurais ou sem acesso a redes centralizadas de esgotamento sanitário. Eles são uma solução descentralizada eficaz para esgoto doméstico, particularmente em áreas ambientalmente sensíveis como comunidades ribeirinhas e destinos turísticos como as orlas dos Lençóis Maranhenses. Compreendendo vários estágios de tratamento, esses sistemas podem ser aprimorados por tecnologias suplementares que melhoram a qualidade do produto final, dependendo das condições locais e do nível de tratamento necessário.

3.3.1 Tipos de Efluentes Residenciais

Os efluentes residenciais, gerados pelas atividades cotidianas, são comumente divididos em duas categorias principais: águas cinzas e esgoto doméstico. A distinção entre esses tipos de efluentes é fundamental para o projeto e escolha de sistemas de tratamento adequados, de acordo com a carga poluente e a necessidade específica de tratamento de cada tipo de resíduo.

3.3.1.1 Águas Cinzas

Conforme Busico (2019), as águas cinzas são efluentes gerados em atividades domésticas como banho, lavagem de roupas e uso de pias de cozinha, contendo geralmente sabão, detergentes e pequenas partículas de sujeira. Essas águas apresentam um nível de

patógenos inferior ao do esgoto doméstico, o que reduz a necessidade de tratamentos complexos. Por esse motivo, recomenda-se que sejam direcionadas diretamente para um sumidouro ou sistema similar de disposição final, desde que passem previamente por mecanismos de decantação, como caixas de gordura ou filtros anaeróbios simples, que removem óleos e partículas sólidas. Assim, não há necessidade de incluir as águas cinzas em sistemas sépticos convencionais ou de evapotranspiração, reservados para o tratamento de efluentes sanitários de alta carga orgânica.

Além disso, segundo Silva (2021), as águas cinzas têm potencial para reutilização em fins não potáveis, como irrigação de jardins e descargas sanitárias, após tratamentos adequados. Contudo, o tratamento prévio para remoção de gorduras e óleos provenientes de pias de cozinha é essencial para evitar problemas no sistema séptico ou no sumidouro, que podem ser causados pelo acúmulo dessas substâncias.

3.3.1.2 Esgoto doméstico

O esgoto doméstico é oriundo principalmente dos vasos sanitários e inclui resíduos fecais e urina. Esse tipo de efluente apresenta alta carga de matéria orgânica, nutrientes e uma quantidade significativa de microrganismos patogênicos, exigindo sistemas de tratamento mais robustos. Normalmente, passa por sistemas como tanques sépticos e tratamentos complementares, incluindo filtros anaeróbios ou aeróbios, para reduzir os riscos ambientais e sanitários. A presença de patógenos também demanda métodos adicionais de desinfecção quando o efluente tratado é destinado ao solo ou corpos d'água próximos (Andrade Neto, 2008).

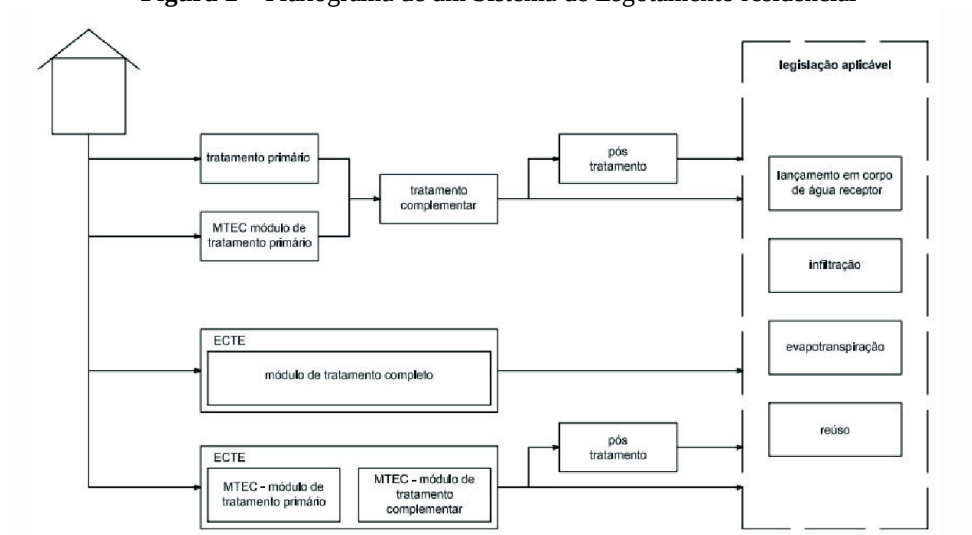
Ainda conforme Andrade Neto, 2008, para garantir a eficiência do tratamento e a durabilidade do sistema, é essencial implementar componentes que promovam o pré-tratamento adequado das águas cinzas. A instalação de uma caixa de gordura nas saídas das cozinhas é fundamental para reter óleos e gorduras, prevenindo problemas como entupimentos e acúmulo de substâncias graxas que poderiam comprometer sistemas como sumidouros ou outras formas de disposição final. Esse pré-tratamento assegura que as águas cinzas sejam descartadas de maneira eficiente, sem a necessidade de passar por sistemas mais complexos, como tanques sépticos ou fossas de bananeira, que são reservados ao tratamento de efluentes sanitários de alta carga orgânica.

A implementação de sistemas de tratamento de esgoto em regiões remotas apresenta desafios significativos devido às dificuldades de manutenção regular. Nesses contextos, a instalação de caixas de inspeção em pontos estratégicos é fundamental, pois facilita o acesso

para monitoramento e manutenção periódica, permitindo a correção de obstruções e garantindo o funcionamento contínuo do sistema de forma prática e acessível. De acordo com o Manual de Operações e Especificações Técnicas da Prefeitura de Goiânia (2021), as caixas de inspeção são essenciais para a limpeza, manutenção e desobstrução das tubulações internas do imóvel, especialmente em locais de junção de tubulações, mudanças de direção ou inclinação.

A separação das águas cinzas e seu direcionamento direto para a disposição final com pré-tratamentos simples não apenas otimiza o desempenho geral dos sistemas, mas também reduz custos operacionais, oferecendo uma solução eficiente e sustentável para comunidades com infraestrutura limitada. Essa distinção no manejo dos efluentes destaca a necessidade de compreender e aplicar corretamente as etapas de tratamento, como o tratamento primário, secundário e a disposição final dos efluentes, que serão detalhadas a seguir.

Figura 2 – Fluxograma de um Sistema de Esgotamento residencial



Fonte: ABNT (2024).

3.3.2 Tratamento Primário

De acordo com a ABNT (2024), a NBR 17076:2024, o tanque séptico é considerado uma das principais soluções de saneamento descentralizado, especialmente em áreas rurais e remotas que carecem de sistemas centralizados de esgotamento sanitário. O tratamento primário começa no tanque séptico, onde ocorre a separação inicial dos sólidos e líquidos contidos no esgoto doméstico. Este reservatório subterrâneo desempenha um papel crucial ao proporcionar um ambiente onde a matéria orgânica possa ser estabilizada, minimizando os impactos ambientais associados ao lançamento de esgoto bruto no solo ou em corpos d'água.

Ao entrar no tanque, o esgoto é dividido em três camadas principais: os sólidos mais densos se depositam no fundo, formando o lodo; os sólidos mais leves, como óleos e graxas, flutuam, criando uma camada superficial chamada espuma; e os líquidos, ou efluentes, ocupam a camada intermediária, de onde serão direcionados para o tratamento posterior (ABNT NBR 17076:2024).

A decomposição dos sólidos ocorre de maneira anaeróbica, isto é, em um ambiente sem oxigênio. Nesse processo, as bactérias anaeróbicas transformam a matéria orgânica presente no esgoto em gases como metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), além de lodo estabilizado. Essa estabilização é essencial para reduzir a carga orgânica dos efluentes, minimizando o risco de contaminação imediata do solo e das águas subterrâneas.

A ABNT NBR 17076:2024, que regulamenta o projeto e a construção de tanques sépticos no Brasil, especifica que o dimensionamento desse equipamento deve ser feito com base no número de usuários e no tempo de detenção dos sólidos no tanque, que é, em média, de 24 a 30 horas. Para um tanque séptico bem dimensionado, o volume deve ser suficiente para garantir a separação eficiente das três camadas mencionadas, proporcionando a estabilização do lodo sem que ocorra o arraste de sólidos para as etapas seguintes.

Conforme Cruz (2013), essa etapa é essencial, pois qualquer falha no dimensionamento ou na manutenção do tanque séptico pode resultar no transporte inadequado de resíduos para o tratamento secundário, comprometendo a eficácia geral do sistema. A eficiência do tanque séptico reside na simplicidade do processo e no baixo custo de instalação e manutenção. Em áreas remotas, onde a infraestrutura para sistemas de tratamento centralizado é inviável economicamente, o tanque séptico representa uma alternativa prática e acessível, podendo ser complementado por tecnologias de tratamento secundário e terciário.

3.3.4 Tratamento Secundário

Embora o tanque séptico desempenhe um papel significativo no tratamento, o efluente ainda contém materiais orgânicos que são perdidos e estão suspensos. Como tratamento suplementar, filtros anaeróbios são frequentemente usados por sistemas sépticos para tratar essa condição residual. Eles são feitos de materiais porosos (como brita ou materiais sintéticos) que suportam o crescimento de biofilmes bacterianos. A degradação do material orgânico é continuada pelas bactérias anaeróbicas encontradas em nossos filtros. Antes de seu descarte final, esta etapa é crucial para melhorar a qualidade das águas residuais (Cruz, 2013). Ao usar filtros anaeróbios, a quantidade de materiais orgânicos, sólidos suspensos e microrganismos

patogênicos é significativamente reduzida, tornando as águas residuais mais seguras para o meio ambiente.

Além do tanque séptico e do filtro anaeróbio, outros processos de tratamento complementar podem ser implementados para aumentar a eficiência do sistema, dependendo das exigências locais e das características ambientais. Entre os métodos mais utilizados estão:

3.3.4.1 Filtro Aeróbio

Segundo Cruz (2013), em contraste com os filtros anaeróbios, os filtros aeróbios utilizam oxigênio para promover a decomposição da matéria orgânica. Este processo é mais eficiente na remoção de matéria orgânica e nutrientes, mas exige uma fonte de aeração, seja natural ou mecânica. O uso de filtros aeróbios é recomendado em áreas ambientalmente sensíveis, onde há necessidade de maior controle de poluentes antes da disposição final.

3.3.4.2 Filtro de Areia

O filtro de areia é uma camada de material granular que remove sólidos suspensos, matéria orgânica e patógenos do efluente. Funciona como uma barreira física e biológica, onde o esgoto é filtrado lentamente. Esse sistema é frequentemente utilizado em áreas com restrições ambientais severas, onde é necessário garantir uma maior qualidade do efluente tratado (Cruz, 2013).

3.3.4.3 Vala de Filtração

Consiste em um canal ou vala escavada no solo e preenchida com cascalho ou areia, por onde o efluente tratado passa e é absorvido pelo solo. A remoção de poluentes ocorre pela filtração física e pela ação dos microrganismos presentes no substrato (CRUZ, 2013). Essa solução é simples e eficaz, sendo amplamente aplicada em áreas com solo permeável e baixo risco de contaminação.

3.3.4.4 Escoamento Superficial

É uma técnica que permite que o efluente seja liberado em áreas vegetadas, onde ele é absorvido e utilizado pelas plantas. Essa solução também utiliza o processo de evapotranspiração para reduzir o volume de água residual (NBR 17076:2024). Este método é ideal para áreas onde há abundância de espaço, como fazendas e áreas rurais.

3.3.4.5 Desinfecção

Conforme Cruz (2013), em algumas situações, pode ser necessário desinfetar o efluente para eliminar microrganismos patogênicos. Métodos como a cloração ou a aplicação de radiação ultravioleta são comumente usados. A desinfecção é particularmente importante em áreas onde o efluente tratado será liberado em corpos hídricos ou próximos a populações humanas.

3.3.5 Disposição Final do Efluente

A disposição final dos efluentes tratados em sistemas descentralizados de saneamento depende fortemente das características locais, incluindo a permeabilidade do solo, a proximidade de corpos d'água e as regulamentações ambientais aplicáveis. A NBR 17076:2024 regulamenta diferentes formas de disposição final do esgoto tratado, sendo a Bacia de Evapotranspiração (TEVAP) reconhecida recentemente pela norma como uma das soluções viáveis, desde que receba apenas efluentes previamente vindo de um tratamento primário, como o tanque séptico para decantação da parte sólida (NBR, 2024).

3.3.5.1 Poço Absorvente/Infiltração em solo (Sumidouro)

Uma das técnicas mais comuns para a disposição final de efluentes é o poço absorvente, ou sumidouro. Esse método é particularmente eficaz em áreas com solos altamente permeáveis, como arenosos, onde o efluente tratado pode ser infiltrado diretamente no solo. O princípio desse sistema é que, ao ser liberado no solo, o efluente passa por um processo de depuração natural, à medida que os microrganismos presentes no solo continuam a degradar a matéria orgânica residual. No entanto, a viabilidade do sumidouro depende da profundidade do lençol freático e da composição do solo. Em áreas onde há risco de contaminação de aquíferos, este método pode ser inadequado (Silva; Gomes, 2020).

3.3.5.2 Vala de Infiltração

Outra alternativa comum ao poço absorvente é a vala de infiltração, que se diferencia por distribuir o efluente ao longo de uma área maior, aumentando a superfície de contato entre o efluente e o solo. Este método é especialmente adequado para solos com permeabilidade moderada, onde a capacidade de infiltração é limitada. A vala de infiltração também tem a vantagem de evitar o acúmulo excessivo de efluente em um único ponto, o que pode saturar o solo e reduzir sua capacidade de filtração. Além disso, como a superfície de contato com o solo é maior, há um aumento na eficiência de remoção de patógenos e poluentes restantes (ABNT, 2024). No entanto, este método requer uma área disponível maior, o que pode ser um desafio em regiões urbanas densamente povoadas.

3.3.5.3 Corpo de Água

Em algumas situações, especialmente em áreas próximas a corpos d'água como rios e lagos, o efluente tratado pode ser liberado diretamente nesses sistemas hídricos, desde que cumpra os padrões de qualidade exigidos pelas regulamentações ambientais. A Resolução CONAMA nº 430/2011 dispõe sobre as condições, parâmetros, padrões e diretrizes para o lançamento de efluentes em corpos de água receptores, complementando e alterando a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Este método é mais frequentemente utilizado quando o corpo de água possui capacidade de diluição suficiente para assimilar os efluentes sem causar impacto ambiental significativo. Contudo, para garantir a segurança desse procedimento, é necessário que o efluente tenha passado por tratamentos complementares rigorosos, como filtros anaeróbios ou aeróbios, para reduzir a carga de nutrientes e patógenos. O lançamento direto em corpos de água deve ser cuidadosamente monitorado, especialmente em áreas de proteção ambiental, onde os ecossistemas podem ser particularmente sensíveis à presença de poluentes (BrasiL, 2011).

3.3.5.4 Sistema Público

Conforme Sousa (2019), em áreas urbanas onde há redes públicas de esgoto, os efluentes tratados por sistemas sépticos podem ser redirecionados para essas redes. Nesses casos, os efluentes passam por um tratamento adicional nas estações de tratamento de esgoto antes de serem liberados no meio ambiente. Essa solução híbrida, que combina o tratamento

descentralizado inicial com o tratamento centralizado posterior, é uma alternativa eficiente em locais onde as redes públicas de saneamento estão em expansão, mas ainda não cobrem a totalidade da área urbana. Embora essa solução seja ideal em termos de eficiência e controle de qualidade do tratamento, a infraestrutura necessária pode ser cara e complexa de implementar em regiões rurais ou remotas.

3.4 Tanque de Evapotranspiração: Uma Solução Eficiente, Ecológica e de Baixo Custo

O TEVAP é uma tecnologia sustentável para o tratamento de águas negras provenientes de vasos sanitários. Galbiati (2009) explica que consiste em um sistema fechado e impermeável, preenchido com camadas de materiais como brita e areia, sobre as quais são cultivadas espécies vegetais de crescimento rápido e alta demanda hídrica, como bananeiras. Nesse ambiente, ocorre a decomposição anaeróbia da matéria orgânica, enquanto as plantas absorvem nutrientes e promovem a evapotranspiração da água, evitando a liberação de efluentes no solo ou em corpos hídricos próximos.

Figura 3 - Ilustração da estrutura e camadas do TEVAP.



Fonte: Autor (2025)

O estudo de Rezende *et al.* (2021) demonstra que o TEVAP é eficaz na remoção de poluentes e patógenos dos efluentes domésticos, contribuindo para a preservação ambiental e a saúde pública. Além disso, sua implementação é relativamente simples e de baixo custo, sendo uma solução acessível para comunidades rurais e regiões afastadas dos centros urbanos.

Além do aspecto sanitário, o TEVAP também pode ser integrada a práticas agroecológicas, com aproveitamento da biomassa vegetal gerada no processo. Estudos como o de Rezende (2019) demonstram ganhos de produtividade com o uso desse sistema, enquanto

análises microbiológicas (Coelho, Reinhardt e Araújo, 2018) atestam a segurança do cultivo de alimentos em sua superfície, desde que observadas boas práticas de higiene.

No que se refere à eficiência de tratamento, pesquisas comparativas reforçam o desempenho do TEVAP frente a outros sistemas descentralizados. Oliveira et al. (2018), por exemplo, analisaram parâmetros físico-químicos como Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), sólidos totais e nitrogênio amoniacal em três tecnologias diferentes: TEVAP, fossa séptica convencional e wetland. Os resultados indicaram maior eficiência da TEVAP na remoção de poluentes, evidência que corrobora seu potencial sanitário e ambiental, especialmente em contextos vulneráveis. Os dados detalhados podem ser visualizados na Tabela 2, a ser incluída a seguir.

Tabela 2 – Resultados das análises físico-químicas do efluente em três sistemas diferentes

Parâmetros Analisados	TEVAP		Efic. %	Fossa Séptica		Efic. %	Wetland		Efic. %
	Entrada	Saída		Entrada	Saída		Entrada	Saída	
DBO (mg/L)	893	44,6	95	1427	185,5	87	107	12	89
DQO (mg/L)	1723	137,8	92	1067	117,3	89	241	27	88
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	104,2	11,98	88	110	35,2	68	45	20	56
Sólidos Totais (mg/L)	1137,5	11,37	99	969,7	90	92	240	17	93

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2018).

Embora o foco desta pesquisa seja o TEVAP, reconhece-se que outras tecnologias descentralizadas, como o biodigestor pré-moldado, também têm sido utilizadas no Brasil, especialmente em áreas rurais e periurbanas. Contudo, por se tratar de uma solução industrializada e com menor acessibilidade, sua implementação em comunidades com infraestrutura limitada pode enfrentar obstáculos logísticos e financeiros. Essa comparação será retomada no capítulo de Discussões. A seguir, será abordado o funcionamento do TEVAP e sua adequação às demandas socioambientais de comunidades ribeirinhas.

3.4.1 Princípios de Funcionamento do TEVAP

O TEVAP é composta por uma câmara receptora impermeável, preenchida com camadas de diferentes materiais filtrantes. Nesta câmara que recebe o esgoto doméstico, conforme estudo de Machado *et al.* (2019), ocorre uma primeira etapa de degradação da matéria orgânica. Esse processo é realizado por microrganismos anaeróbios, que transformam a matéria

orgânica em gás e lodo estabilizado, enquanto as camadas de substrato facilitam a filtragem do efluente líquido, permitindo que ele seja absorvido e transpirado pelas plantas do sistema, principalmente bananeiras, sem contato com o solo. O sistema passa por etapas que tratam o efluente, apresentadas no Quadro 1:

Quadro 1 - Etapas do Tratamento

Fermentação	O efluente é decomposto pelo processo de fermentação (digestão anaeróbia) realizado pelas bactérias na câmara bio-séptica de pneus (neste caso) e nos espaços criados entre as pedras e tijolos colocados ao lado da câmara.
Filtração	Visto que a água está presa na bacia, ela se move por meio de capilaridade de baixo para cima, ocorrendo uma filtração ao passar pelas camadas superiores, como a brita, areia e solo, chegando as plantas.
Evapotranspiração	Nesse processo é possível observar o tratamento final que a água recebe, onde só sairá do sistema em forma de vapor e sem nenhum contaminante. A evapotranspiração é realizada pelas plantas que foram colocadas na parte superior da TEVAP e além desse processo, as mesmas efetuam um segundo auxílio ao sistema, consumindo os nutrientes em seu processo de crescimento, permitindo que a bacia não encha. Os principais processos biológicos, químicos e físicos envolvidos no funcionamento do TEvap são: degradação microbiana anaeróbia, decomposição aeróbia; precipitação e sedimentação de sólidos; movimentação da água por capilaridade; absorção de água e nutrientes pelas plantas.

Fonte: Heitor *et al.* (2020, p. 4)

Segundo Heitor *et al.* (2020), como não há como garantir a eliminação completa dos microorganismos patógenos, os mesmo ficam enclausurados no sistema. Pode ser observado, visto que a bacia é um sistema fechado. É necessário ter espaços livres para o volume total de água e resíduos recebidos durante um dia, deverá ser construído de uma maneira que evite as infiltrações causadas pela chuva e os vazamentos causados pelo excesso de efluente dentro da câmara. Sendo assim, a necessidade do auxílio e acompanhamento de um engenheiro ou técnico qualificado, para garantir que seja uma unidade totalmente vedada (Heitor *et al.*, 2020, p.4).

Segunda a publicação de Silva (2023), a evapotranspiração desempenha diversos papéis importantes:

- 1) Ciclo da água: Quando a água é evaporada da superfície do solo e das plantas, formando nuvens e eventualmente retornando à terra na forma de chuva, isso ajuda a manter o equilíbrio hídrico do sistema permacultural.

- 2) **Regulação da temperatura:** Quando a água evapora das plantas e do solo, ela retira calor do ambiente, resfriando-o. Isso é especialmente importante em climas quentes, onde a evapotranspiração pode ajudar a reduzir a temperatura e criar um ambiente mais confortável para as plantas e os seres vivos.
- 3) **Umidade do ar:** Aumentada ao liberar vapor de água na atmosfera. Isso é benéfico para as plantas, pois ajuda a evitar o ressecamento e a desidratação. Além disso, a umidade do ar pode atrair polinizadores e beneficiar a biodiversidade no sistema permacultural.
- 4) **Nutrientes e ciclagem de água:** Também facilita a ciclagem de nutrientes no sistema permacultural. À medida que a água evapora, os nutrientes dissolvidos na água são transportados para as plantas, onde são utilizados para o crescimento e desenvolvimento. Quando as plantas transpiram, esses nutrientes são devolvidos ao solo, enriquecendo-o e promovendo a fertilidade (Silva, 2023).

3.4.2 Dimensionamento do TEVAP

O Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) passou a contar, a partir de 2024, com diretrizes normativas específicas por meio da norma NBR 17076:2024 já mencionada aqui no estudo, que estabelece os critérios técnicos mínimos para seu dimensionamento, construção e operação. A normatização, conforme ABNT (2024), trouxe maior padronização e segurança ao uso dessa tecnologia em contextos de saneamento descentralizado.

Segundo a ABNT (2024), o dimensionamento do TEVAP deve considerar principalmente o número de pessoas que utilizarão o sistema, a área mínima necessária para retenção e evapotranspiração dos efluentes e a taxa de acumulação de lodo prevista ao longo dos anos. A área útil da base do tanque deve ser de, no mínimo, 2 m² por usuário permanente, considerando condições climáticas médias brasileiras e a presença de vegetação com alta capacidade de transpiração, como a bananeira. A profundidade recomendada é de 1 metro, permitindo a adequada disposição das camadas internas.

Outro aspecto relevante que se evidencia na ABNT (2024) é a frequência de limpeza, que influencia no cálculo do volume de lodo. Em regiões com temperaturas médias acima de 20 °C, como o Norte e Nordeste do Brasil, a norma sugere o uso de uma taxa de acumulação de 217 litros por pessoa ao ano, para intervalos superiores a cinco anos entre limpezas.

Internamente, o tanque deve conter uma câmara de pneus ou caixa de inspeção, camada de entulho ou brita, manta geotêxtil, areia, terra vegetal e, por fim, cobertura vegetal. Essa

configuração, estabelecida na ABNT (2024) permite a retenção dos sólidos, a filtragem do líquido e a sua evaporação por meio das plantas. A entrada do esgoto é feita por tubo PVC, normalmente de 100 mm de diâmetro, e deve ser posicionada de forma a permitir a distribuição do efluente na parte inferior da bacia.

A norma, conforme ABNT (2024), também define distâncias mínimas para instalação em relação a construções, poços e limites de terreno, visando prevenir contaminações e impactos estruturais. Entre elas: pelo menos 1,5 m de construções, 3,0 m de árvores e 15 m de corpos hídricos ou poços freáticos. Portanto, o dimensionamento do TEVAP deve respeitar esses critérios técnicos básicos, ajustando-se às condições locais e à quantidade de usuários prevista, sempre com foco na eficiência do tratamento, na durabilidade do sistema e na segurança ambiental.

3.4.3 Processo de Execução do TEVAP

A construção do Tanque de Evapotranspiração (TEVAP), conforme Gonçalves e Rodrigues (2020), segue um processo simples e adaptável, permitindo sua implementação em diferentes contextos geográficos e socioeconômicos. O método de construção pode variar conforme a disponibilidade de materiais locais e as necessidades da comunidade, garantindo um sistema eficiente e de baixo custo. A seguir, detalha-se o processo de execução do TEVAP, considerando todas as etapas essenciais para sua funcionalidade.

3.4.3.1 Construção do Tanque

O tanque do TEVAP, em conformidade com Gonçalves e Rodrigues (2020), pode ser construído utilizando diferentes materiais, como ferro-cimento, alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto e, em alguns casos, até mesmo com lona de alta densidade. A escolha do material depende das condições locais e da necessidade de garantir resistência estrutural e impermeabilização do sistema. Para reforçar a vedação e evitar infiltrações indesejadas no solo, pode-se aplicar impermeabilizantes poliméricos na superfície interna do tanque, aumentando sua durabilidade e eficiência.

3.4.3.2 Preparo da Câmara Anaeróbia

A câmara anaeróbia, segundo Gonçalves e Rodrigues (2020), componente essencial do sistema, pode ser construída com materiais como tijolos, blocos de concreto ou pneus reciclados. Essa câmara deve ter profundidade suficiente para armazenar o volume de esgoto produzido e permitir a sedimentação dos sólidos. Sua principal função é promover a decomposição anaeróbia da matéria orgânica, iniciando o processo de purificação dos efluentes (Ferreira *et al.*, 2020).

Figura 4 - Câmara anaeróbia construída com pneus reutilizados na TEVAP da Pousada Vila Ronquinha, São Luís (MA).



Fonte: Registro do autor (2024)

3.4.3.3 Camada de Suporte com Materiais Granulares de Maior Granulometria

Na lateral da câmara anaeróbia, é necessário instalar uma camada de suporte composta por materiais de maior granulometria, como entulho reciclado, pedras ou brita de grande diâmetro. Essa camada, com base no estudo de Gonçalves e Rodrigues (2020), tem a função de distribuir o efluente de maneira uniforme, criando um meio adequado para a infiltração controlada e a retenção de partículas suspensas. Além disso, ela proporciona um ambiente ideal para a fixação de microrganismos responsáveis pela decomposição anaeróbia complementar.

Figura 5 - Camada de suporte na TEVAP na da ONG Arte Mojó



Fonte: Registro do autor (2024)

3.4.3.4 Instalação das Camadas de Filtração

Sobre a camada de suporte, para Leal (2014) devem ser dispostas camadas de brita e areia. A brita tem a função de proporcionar um meio adequado para a colonização de microrganismos anaeróbios, auxiliando na continuidade da decomposição biológica dos resíduos orgânicos. A camada de areia, por sua vez, atua como um filtro físico, removendo partículas suspensas e melhorando a qualidade do efluente antes de sua absorção pelas plantas. A composição e espessura dessas camadas podem variar conforme as características do solo e a demanda hidráulica da comunidade.

Figura 6 - Camada de filtração na TEVAP do Instituto Tricomas.



Fonte: Registro do autor (2024).

Figura 7 - Camada de filtração na TEVAP na da ONG Arte Mojó



Fonte: Registro do autor (2024)

3.4.3.5 Plantio das Bananeiras e Outras Espécies Vegetais

Segundo a orientação da cartilha de Gonçalves e Rodrigues (2020), após a instalação das camadas filtrantes, aplica-se uma camada de terra preta para garantir um solo fértil. A superfície deve ser modelada com uma leve elevação central para evitar a entrada de águas pluviais e direcionar o escoamento. Em seguida, ainda na análise de Gonçalves e Rodrigues

(2020), realiza-se o plantio de bananeiras e outras espécies vegetais de alta taxa de evapotranspiração, responsáveis por absorver o efluente tratado e contribuir para sua evaporação. Além de proteger a erosão, a cobertura vegetal também estabiliza o solo, regula a umidade e favorece o funcionamento sustentável do TEVAP.

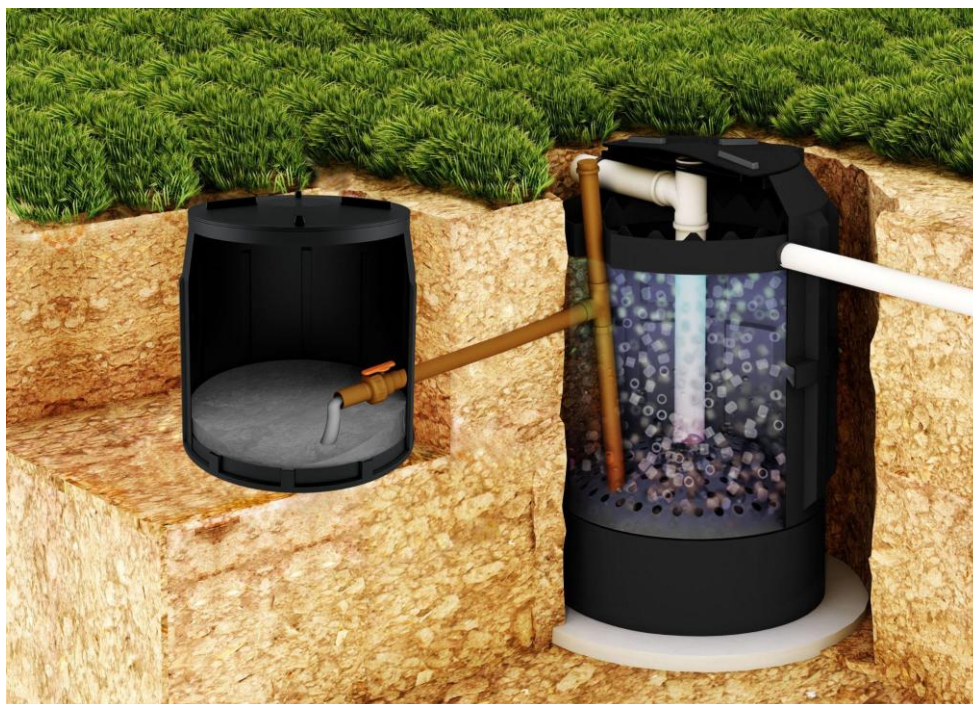
Figura 8 – TEVAP finalizado na Pousada Vila Ronquinha, com mudas plantadas e cercado de varinhas para proteção e delimitação da área.



Fonte: Registro do autor (2024).

3.5 Biodigestor

O biodigestor, segundo Marchi (2012) também surge como uma solução inovadora e sustentável para o tratamento de efluentes, com especial relevância em áreas de baixa cobertura sanitária e comunidades onde o saneamento básico tradicional não está plenamente acessível. Este dispositivo, amplamente utilizado em zonas rurais e periurbanas, realiza a decomposição anaeróbica da matéria orgânica presente nos resíduos domésticos, resultando na produção de biogás e em um efluente tratado com menor impacto ambiental. Em contextos sensíveis, como comunidades ribeirinhas, o biodigestor apresenta-se como alternativa tecnológica que minimiza o risco de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos e promove a sustentabilidade local.

Figura 9 – Biodigestor

Fonte: Fortlev (2022)

Para Silva (2020), biodigestor aplica o princípio da digestão anaeróbica, onde microrganismos decompõem a matéria orgânica na ausência de oxigênio, gerando biogás e um efluente com reduzida carga orgânica. Internamente, o sistema é projetado com câmaras que promovem a sedimentação e a fermentação dos sólidos, produzindo um efluente que pode ser direcionado a leitos de secagem ou tratamentos complementares, conforme a destinação final desejada.

Esses sistemas requerem manutenção periódica para garantir seu funcionamento adequado. Entre os cuidados necessários, destaca-se no estudo de Silva (2020), a remoção do lodo acumulado nos compartimentos, que deve ser feita a cada 6 a 12 meses, dependendo da carga orgânica e do uso diário. Além disso, é comum a adoção de cloração do efluente tratado a cada 15 dias ou conforme orientação técnica, com o objetivo de eliminar microrganismos patogênicos remanescentes e aumentar a segurança sanitária antes da disposição final ou reuso do líquido (Marchi, 2012). Essa rotina demanda fornecimento regular de insumos químicos e, idealmente, acompanhamento técnico, o que pode representar entraves em regiões com acesso limitado a produtos e serviços especializados.

Com a crescente demanda por soluções de saneamento sustentáveis, o biodigestor pré-moldado tem se consolidado no mercado. Grandes empresas do setor ambiental têm investido no desenvolvimento e comercialização desse equipamento, posicionando-o como uma solução

eficaz para o saneamento descentralizado em áreas que exigem alternativas práticas e ambientalmente seguras (Silva, 2020).

4 METODOLOGIA

Esta pesquisa enquadra-se na categoria de estudos aplicados, direcionados à criação de soluções práticas para desafios reais, com foco no saneamento básico em comunidades ribeirinhas. Metodologicamente, adota uma abordagem mista, combinando elementos quantitativos e qualitativos. A vertente quantitativa foi essencial para o dimensionamento de uma fossa padrão para a comunidade, bem como para a elaboração de um orçamento executivo detalhado. Além disso, foi realizado um comparativo de custos e eficiência entre o Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) e outros modelos sustentáveis de tratamento de esgoto pontual, como o biodigestor pré-moldado, garantindo maior precisão e suporte técnico às propostas apresentadas (Ramos; Ramos; Busnello, 2003).

A abordagem qualitativa, por sua vez, possibilitou uma compreensão abrangente do contexto social e ambiental da comunidade, incluindo percepções dos moradores sobre as condições de saneamento e a relação com o rio Santo Antônio. No que se refere aos objetivos, a pesquisa tem caráter exploratório, permitindo a identificação detalhada de problemas e a proposição de soluções inovadoras, como o TEVAP, adaptadas às especificidades da comunidade do Mojó (Gil, 2002). Com isso, busca-se integrar aspectos técnicos, sociais e ambientais, promovendo práticas sustentáveis que alinhem viabilidade técnica e impacto positivo na qualidade de vida local.

4.1 Coleta de Dados

A pesquisa foi conduzida entre os meses de março e agosto de 2024, tendo como área de estudo a comunidade ribeirinha do Mojó, localizada no município de Paço do Lumiar, Maranhão, cuja população estimada é de aproximadamente 120 famílias, conforme informações obtidas junto à liderança local.

O processo metodológico teve início com um levantamento bibliográfico que embasou teoricamente o trabalho e orientou a construção da abordagem adotada. Foram consultados artigos científicos, dissertações, teses, periódicos especializados e documentos oficiais, incluindo Normas Brasileiras de Regulamentação, como a NBR 7229/1993, que trata do projeto, dimensionamento e operação de sistemas de tanques sépticos. Esses materiais forneceram suporte técnico e conceitual tanto para a formulação das perguntas aplicadas nas entrevistas quanto para o desenvolvimento das análises e dimensionamentos do sistema proposto.

Na etapa de campo, foram coletados dados primários por meio da realização de visitas técnicas à sede da ONG Arte Mojó e ao entorno da comunidade. Foram aplicadas entrevistas semiestruturadas a dez famílias previamente selecionadas com base em critérios de disponibilidade, diversidade socioeconômica e representatividade espacial, buscando garantir uma amostra qualitativa capaz de refletir diferentes realidades do território. Também foram registrados dados fotográficos utilizando câmera digital e aparelho celular com geolocalização, com o objetivo de documentar as condições sanitárias existentes e os sistemas observados nas residências. Além disso, foram considerados dados secundários extraídos de relatórios técnicos, bases institucionais e literatura acadêmica, ampliando a compreensão sobre os desafios enfrentados pelas comunidades ribeirinhas em relação ao saneamento descentralizado.

Os dados primários foram obtidos através de entrevistas semiestruturadas realizadas com dez famílias residentes nas proximidades do rio Santo Antônio, na comunidade do Mojó. O questionário foi elaborado para abordar múltiplos aspectos, como a composição familiar, fontes de renda, tipos de sistemas de saneamento utilizados e as dificuldades enfrentadas com esses sistemas. Além disso, foram incluídas questões que exploram a percepção das famílias sobre tecnologias sustentáveis, como o Tanque de Evapotranspiração (TEVAP), e seu potencial impacto na melhoria das condições de saneamento local.

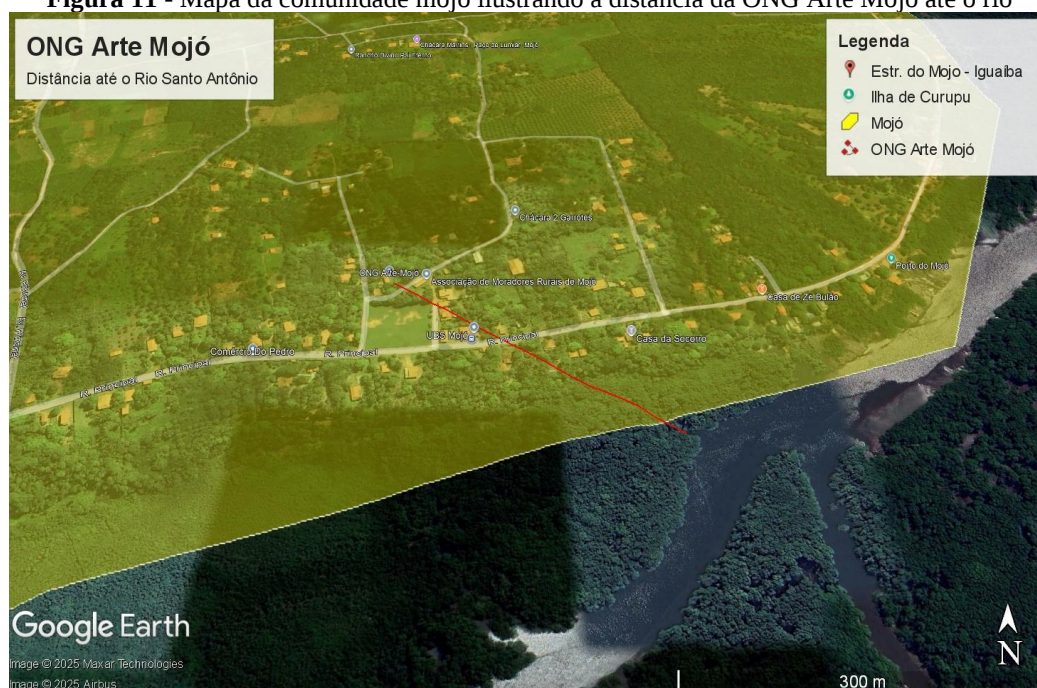
A metodologia adotada combinou abordagens quantitativa e qualitativa, permitindo um levantamento abrangente que integra dados numéricos e análises mais profundas das perspectivas e comportamentos das famílias. As entrevistas foram realizadas utilizando dois métodos complementares: parte da amostragem foi feita de forma aleatória, abrangendo moradores diversos para garantir representatividade, enquanto outra parte seguiu o método de "bola de neve" (snowball sampling), no qual um entrevistado indica o próximo. Esse método foi particularmente útil para alcançar moradores em áreas de difícil acesso ou com maior relutância em participar espontaneamente.

O objetivo principal da coleta de dados foi traçar um panorama detalhado das condições socioeconômicas e de saneamento na comunidade, fornecendo subsídios para avaliar a relação entre as práticas de saneamento básico e os impactos no rio Santo Antônio. A investigação focou em compreender como os sistemas de saneamento existentes interagem com o cotidiano das famílias e com o meio ambiente, destacando a necessidade de soluções adaptadas às especificidades culturais e ambientais da região. Essa abordagem reforça a importância de integrar a percepção local ao desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, ampliando o potencial de impacto social e ambiental das soluções propostas.

Essa etapa foi fundamental para compreender a realidade da comunidade e estabelecer

manguezais e planícies fluviomarinhas, que servem como importantes fontes de recursos naturais para atividades como a pesca artesanal e a coleta de mariscos — incluindo camarões, caranguejos — elementos fundamentais tanto para a economia local quanto para a segurança alimentar das famílias (Araújo, 1997). Ressalta-se que a sede da ONG Arte Mojó, onde foi implantado um sistema piloto de fossa ecológica (Tanque de Evapotranspiração), encontra-se a uma distância aproximada de 389 metros em linha reta do leito do Rio Santo Antônio conforme figura 11,, demonstrando a estreita relação entre as soluções de saneamento implementadas e os corpos hídricos da região.

Figura 11 - Mapa da comunidade mojó ilustrando a distância da ONG Arte Mojó até o rio



Fonte: Retirada de Google Earth Pro

Além do seu papel econômico, o rio Santo Antônio e os manguezais adjacentes possuem relevância ambiental significativa. Esses ecossistemas abrigam uma rica biodiversidade e exercem funções ecológicas indispensáveis, como a proteção contra a erosão costeira, a regulação climática e a manutenção da qualidade da água (Cavalcanti, 2018). No entanto, essas áreas também sofrem pressões antrópicas, como o descarte inadequado de resíduos sólidos e efluentes, que comprometem a saúde ambiental e a qualidade de vida da comunidade (Prefeitura Municipal de Paço do Lumiar, 2024).

Do ponto de vista geomorfológico, a área é composta por planícies aluviais e ambientes de transição entre sistemas fluviais e marinhos. Essa característica cria condições favoráveis para a preservação de manguezais e o desenvolvimento de atividades econômicas tradicionais (Cavalcanti, 2018). A paisagem local reflete uma interação histórica e cultural com o ambiente,

conferindo à comunidade uma identidade profundamente vinculada à natureza.

A caracterização da área de estudo foi complementada com levantamentos bibliográficos e informações de órgãos oficiais, como o IBGE e a Prefeitura de Paço do Lumiar. Esses dados permitiram descrever a comunidade do Mojó como um território tradicional ribeirinho, habitado por famílias que vivem, majoritariamente, da pesca artesanal, do extrativismo, da agricultura familiar e da produção de artesanato com fibras vegetais. A população local possui forte vínculo cultural com os manguezais e demais elementos naturais do território.

O clima predominante é o tropical úmido, com uma estação chuvosa marcada entre os meses de janeiro e junho, e um período seco de julho a dezembro. A elevada pluviosidade típica da região acentua os riscos de contaminação ambiental em contextos sem infraestrutura sanitária adequada. Esses elementos foram fundamentais para contextualizar a dinâmica local e embasar tecnicamente as análises e propostas deste trabalho. Assim, o estudo enfatiza a importância de alinhar soluções de saneamento sustentável às especificidades socioeconômicas e ambientais da comunidade Mojó, promovendo benefícios duradouros para os moradores e para o ecossistema.

4.3 Tanque de Evapotranspiração (TEVAP)

No sistema proposto, o esgoto doméstico será direcionado diretamente das residências para um Tanque de Evapotranspiração (TEVAP), responsável pela disposição final segura dos efluentes tratados. Essa tecnologia, também conhecida como Bacia de Evapotranspiração, alia princípios ecológicos à eficiência sanitária, oferecendo uma solução descentralizada, de baixo custo e com mínimo impacto ambiental. A sua adoção tem se mostrado especialmente adequada para comunidades rurais ou em áreas com baixa densidade populacional, onde o acesso a sistemas convencionais de esgotamento é limitado ou inexistente

Antes da publicação da ABNT NBR 17076:2024, não havia regulamentação brasileira específica voltada ao dimensionamento e à operação de sistemas de tratamento de esgoto de menor porte, como o TEVAP. Atualmente, a tecnologia está contemplada nessa norma — *Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte — Requisitos* — que estabelece diretrizes para o dimensionamento, implantação e operação de sistemas descentralizados de tratamento de esgoto. A norma determina, entre outros pontos, que a TEVAP deve ser precedida por uma unidade de tratamento primário, como um tanque séptico, caracterizando-se, portanto, como uma solução complementar voltada à disposição final dos efluentes já tratados.

O dimensionamento da TEVAP segue parâmetros técnicos definidos pela ABNT NBR 17076:2024 – *Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte — Requisitos*, levando em consideração a quantidade diária de esgoto gerado por habitante, as condições climáticas locais, a capacidade de evapotranspiração das espécies vegetais utilizadas e as características do solo. A norma adota como referência uma geração diária de esgoto doméstico estimada em 100 litros por habitante, valor compatível com o consumo médio de água em domicílios de pequeno porte.

Segundo a ABNT (2024, p. 14), “a área da bacia de evapotranspiração deve ser dimensionada de forma a garantir a evaporação total da vazão diária de esgoto bruto que nela for lançada”. Para atender a esse requisito, recomenda-se que a área da TEVAP varie entre 2,0 m² e 4,0 m² por habitante, sendo os valores mais elevados indicados para regiões com menor radiação solar, solos com baixa drenagem natural ou espécies vegetais com menor capacidade de transpiração. Esse critério permite adaptar o sistema às especificidades ambientais do local, garantindo seu funcionamento adequado mesmo em contextos climáticos adversos.

A inclusão do dimensionamento da TEVAP na ABNT NBR 17076:2024 – *Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte — Requisitos* representa um avanço significativo na padronização e validação desta tecnologia no Brasil. Até a publicação dessa norma, a construção das bacias de evapotranspiração baseava-se majoritariamente em referências empíricas, experiências práticas ou estudos acadêmicos pontuais. A normatização confere maior respaldo técnico à aplicação do sistema, ampliando sua confiabilidade e facilitando sua incorporação em políticas públicas voltadas ao saneamento ecológico e descentralizado, especialmente em contextos vulneráveis e de alta sensibilidade ambiental.

4.4 Orçamento para Execução: Tanque de Evapotranspiração Versus Biodigestor

Tanto o TEVAP quanto o biodigestor foram dimensionados a partir dos dados coletados na entrevista com as dez famílias da comunidade do Mojó, garantindo a adaptação dos sistemas às reais necessidades locais e respeitando a média de contribuintes por domicílio. A elaboração do orçamento para a implementação do Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) foi fundamentada em um levantamento detalhado de custos, considerando insumos, serviços e mão de obra, com base no projeto executivo da fossa ecológica descrito Apêndice A.

As Composições de Custos Unitários (CCUs) foram elaboradas com base nos preços fornecidos pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), vinculado à Caixa Econômica Federal (CEF), utilizando os valores médios

praticados no estado do Maranhão, o que assegura aderência às condições regionais. Em virtude da ausência de bases estaduais detalhadas para alguns insumos, foram utilizadas referências complementares provenientes da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA) e da Secretaria de Infraestrutura do Estado da Bahia (SEINFRA), cujos dados públicos e atualizados permitiram ajustes em função da disponibilidade de materiais e variações locais. Sistemas auxiliares como o Sistema Brasileiro de Custos (SBC) e o Sistema de Orçamentos e Infraestrutura Urbana (SIURB) também foram utilizados para ampliar a consistência orçamentária e técnica.

O levantamento de preços foi complementado com prints e registros fotográficos das cotações, reunidos no Apêndice B deste trabalho, assegurando transparência e validação metodológica. Todos os valores foram coletados entre fevereiro e março de 2025, por meio de pesquisa de mercado com fornecedores regionais e nacionais. Para fins de comparação técnica e econômica, foram analisados três modelos de biodigestores pré-moldados: Fortlev, Hydrotech Brasil e Bakof, considerando os custos de aquisição dos equipamentos, o valor do leito de secagem (quando necessário) e o frete até o município de Paço do Lumiar – MA, onde se localiza a comunidade estudada.

As estimativas incluíram não apenas o valor dos equipamentos e o transporte, mas também os custos de instalação, como a mão de obra necessária em horas trabalhadas. A análise comparativa entre o TEVAP e o biodigestor buscou avaliar a viabilidade econômica, a adequação técnico-operacional e os impactos ambientais de cada sistema, a fim de identificar a alternativa mais vantajosa para comunidades ribeirinhas, considerando suas condições socioeconômicas e limitações de infraestrutura.

5 RESULTADO E DISCUSSÕES

A presente seção aborda os resultados e as análises obtidas a partir da aplicação do estudo na comunidade do Mojó, estruturada de forma a permitir uma compreensão abrangente das etapas de coleta de dados, dimensionamento e análise comparativa das tecnologias propostas. Com base nas informações coletadas e nos critérios técnicos estabelecidos, as informações foram organizadas em quatro subitens, cada um com um enfoque específico, mas interconectados na construção de uma solução sustentável para o saneamento na região.

5.1 Coleta de Dados

A coleta de dados realizada na comunidade do Mojó forneceu uma base robusta para compreender as condições socioeconômicas, culturais e ambientais que influenciam diretamente as práticas de saneamento local. Foram entrevistadas dez famílias residentes na região, com o objetivo de traçar um panorama detalhado das necessidades e desafios enfrentados pela comunidade. Essa etapa foi fundamental para o dimensionamento e a avaliação de tecnologias sustentáveis, como o Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) e o biodigestor pré-moldado, buscando alternativas viáveis para solucionar os problemas de saneamento.

As entrevistas revelaram que a composição média das famílias é de 3 pessoas por domicílio, sendo 67% compostas por dois adultos e uma criança. A presença de crianças, que correspondem a 30% do total de moradores, reforça a necessidade de soluções sanitárias que minimizem a exposição a agentes patogênicos, considerando a maior vulnerabilidade desse grupo às doenças relacionadas à água contaminada. A maioria dos entrevistados possui ocupações vinculadas à pesca, coleta de mariscos e atividades agrícolas, demonstrando uma dependência significativa dos recursos hídricos locais. No entanto, 60% dos entrevistados mencionaram que a poluição do rio Santo Antônio, decorrente de resíduos sólidos como plásticos, é percebida como o principal impacto negativo na pesca, com pouca ou nenhuma associação ao descarte inadequado de efluentes oriundos dos sistemas de saneamento locais. A versão completa da entrevista com perguntas e respostas encontra-se no Apêndice F.

O sistema de saneamento predominante na comunidade do Mojó é composto por fossas rudimentares de alvenaria, geralmente com divisórias internas e fundo de brita, porém sem vedação adequada e sem a presença de filtro anaeróbico, elemento fundamental para o tratamento complementar do efluente. Embora 70% dos moradores tenham relatado não enfrentar problemas significativos de mau cheiro ou necessidade de manutenção frequente, a ausência desses componentes compromete a eficiência sanitária do sistema, favorecendo a infiltração de contaminantes no solo e a possível contaminação dos lençóis freáticos.

Com o intuito de complementar a análise qualitativa, foram registrados visualmente alguns sistemas sanitários presentes nas residências da Comunidade Mojó, compondo o acervo da pesquisa de campo. As figuras 12, 13 e 14 ilustram fossas sépticas artesanais observadas nos quintais das casas dos entrevistados, caracterizadas pela ausência de vedação e de filtro anaeróbico, comprometendo a eficiência no tratamento dos efluentes. Embora cumpram minimamente a função de contenção, essas estruturas não garantem o nível de segurança

sanitária necessário, especialmente em áreas ribeirinhas.

Figura 12 – Fossa séptica artesanal registrada em residência de entrevistado na Comunidade Mojó.



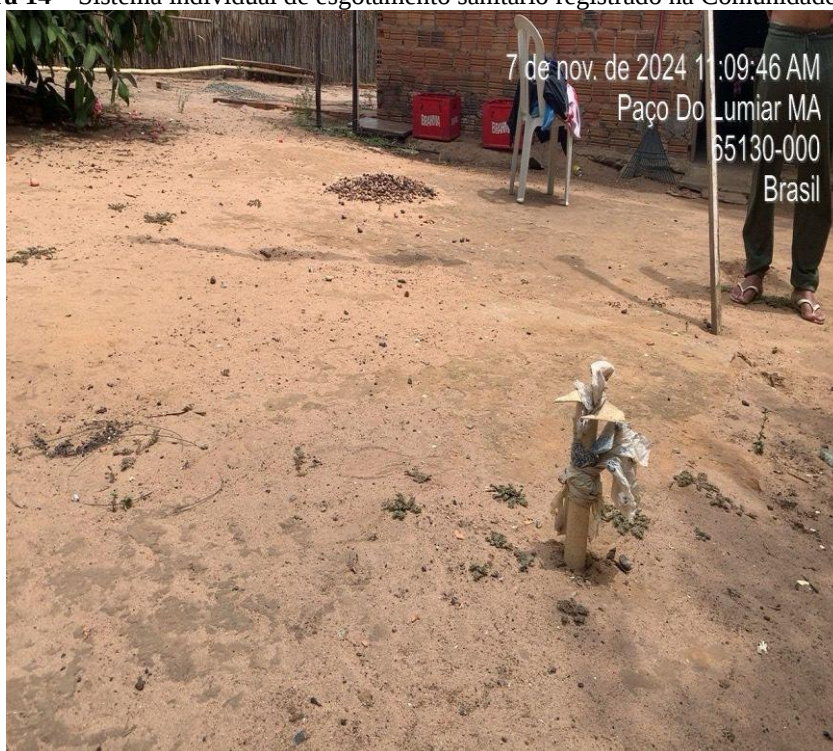
Fonte: Registro do autor (2024)

Figura 13– Estrutura sanitária observada em domicílio de um entrevistado na Comunidade Mojó.



Fonte: Registro do autor (2024)

Figura 14 – Sistema individual de esgotamento sanitário registrado na Comunidade Mojó.



Fonte: Registro do autor (2024)

A figura 15, por sua vez, mostra um banheiro improvisado instalado na área de apoio do Porto do Mojó, evidenciando a carência de infraestrutura sanitária pública adequada. Ressalta-se que, embora o uso de brita no fundo das fossas não seja visível nas imagens, essa informação foi relatada pelos moradores nas respostas dos questionários aplicados, conforme

registrado no Apêndice F.

Figura 15 – Registro de banheiro improvisado utilizado como estrutura de apoio no Porto do Mojó.



Fonte: Registro do autor. (2024)

Essa realidade, associada aos relatos de infecção por *Helicobacter pylori* em 20% dos entrevistados, frequentemente não associadas ao consumo de água contaminada, evidencia a necessidade de aprimoramento com mais eficazes, como o TEVAP, que oferece tratamento correto, seguro e produtivo. Além disso, os entrevistados frequentemente percebem a poluição do rio como um problema causado principalmente por fontes externas, como condomínios residenciais situados em áreas mais afastadas.

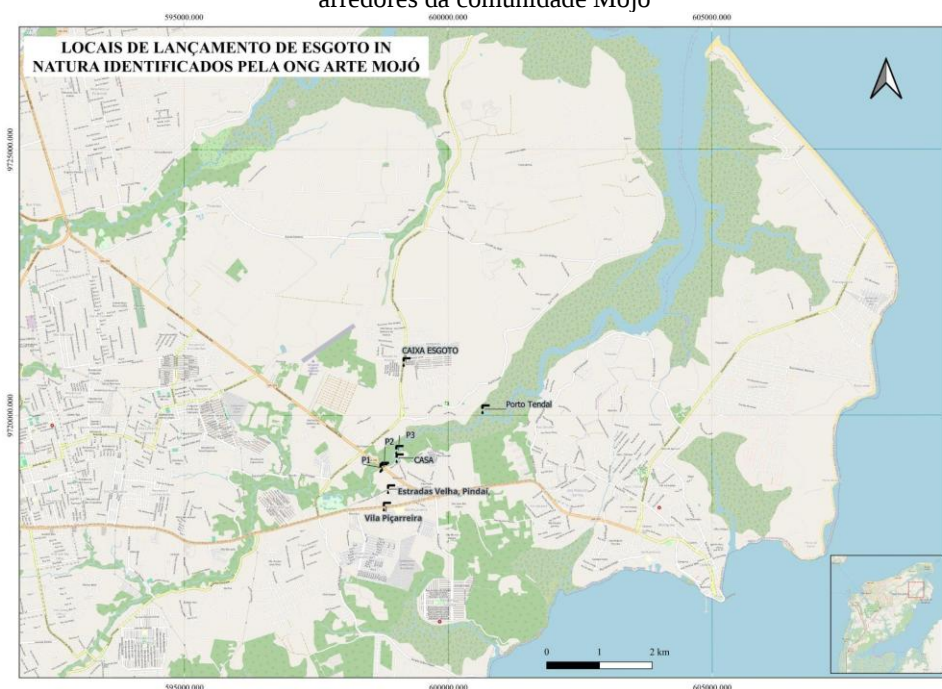
Além das anotações e registros escritos, as entrevistas foram também registradas em vídeo, com autorização prévia dos participantes, mediante assinatura de um termo de consentimento específico que garantiu a voluntariedade, o sigilo e o uso acadêmico das informações coletadas. Esse material foi compilado em um vídeo-registro documental, disponível para consulta como Anexo Digital A desta dissertação (Apêndice E). Para facilitar o acesso ao conteúdo audiovisual, um QR Code foi inserido na página correspondente ao referido anexo.

Os entrevistados assinaram individualmente o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, assegurando a legitimidade da coleta de dados. Como forma de comprovação documental, um modelo representativo desse termo encontra-se disponibilizado no Apêndice E, conforme orientação ética adotada para pesquisas com participação direta de sujeitos.

Durante a pesquisa, um dos entrevistados mencionou um levantamento realizado pela ONG Arte Mojó em 2024, intitulado "Rios em Agonia". Essa inspeção identificou, por meio de

coordenadas GPS, pontos suspeitos de lançamento de esgoto diretamente no rio Santo Antônio. O trabalho, conduzido por uma equipe técnica liderada por um geógrafo, resultou na elaboração do mapa apresentado na figura 16. Os pontos mapeados sugerem possíveis despejos realizados por condomínios residenciais localizados nas proximidades, mas fora da área da comunidade do Mojó, evidenciando a necessidade de uma abordagem regional e integrada para a gestão do saneamento.

Figura 16 - Mapa cedido pela ONG Arte Mojó que mapeia os pontos de esgoto despejado em corpos d'água aos arredores da comunidade Mojó



Fonte: Adaptado do autor (2025)

Do ponto de vista qualitativo, as entrevistas destacaram o interesse da comunidade por tecnologias ecológicas de saneamento. O TEVAP foi amplamente reconhecido como uma solução viável e de fácil implementação, especialmente após o projeto piloto realizado na sede da ONG Arte Mojó. A percepção positiva está associada à possibilidade de reduzir a contaminação do solo e do rio, além de gerar benefícios adicionais, como o uso de bananeiras no aproveitamento agrícola.

Quantitativamente, a análise dos dados permitiu estabelecer um padrão de consumo de água característico de comunidades de baixa renda, com contribuição diária estimada em 100 litros por pessoa, valor consistente com as recomendações da NBR 7229/1993. Esse parâmetro servirá de base para o dimensionamento do sistema de saneamento proposto. Essa realidade reflete um perfil de consumo que reforça a viabilidade do TEVAP como solução adaptada às especificidades locais, atendendo tanto às demandas sanitárias quanto às condições econômicas da comunidade.

5.2 Tanque de Evapotranspiração: Dimensionamento e Custos de Implantação

5.2.1 Definição dos Parâmetros e Dimensionamento do Sistema

O dimensionamento do Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) é uma etapa essencial para garantir o bom desempenho do sistema frente às condições reais de uso e ambientais da localidade. Neste estudo, os parâmetros técnicos foram definidos com base na ABNT NBR 17076:2024, que estabelece os critérios mínimos para projeto, implantação e operação de sistemas do tipo TEVAP.

Considerou-se, como referência, a média de 3,5 usuários por residência, conforme os dados levantados nas entrevistas realizadas com as famílias da comunidade do Mojó. Para esse número de usuários, a norma indica uma área mínima de 2 m² por pessoa, totalizando 7 m² de área útil interna. Optou-se por uma configuração com 2,0 m de largura, 3,5 m de comprimento e 1,0 m de profundidade, totalizando 7 m³ de volume. O projeto técnico modelo do TEVAP para este estudo foi elaborado pela empresa Curiá Construções Sustentáveis e está disponível no Apêndice G, contendo as plantas, cortes e especificações construtivas do sistema. Em conformidade com a ABNT NBR 17076:2024, o modelo contempla um tanque séptico como unidade de tratamento primário anterior à bacia, garantindo a separação e estabilização dos sólidos antes da disposição final por evapotranspiração.

Internamente, a bacia é composta por diferentes camadas que asseguram a retenção de sólidos, a filtragem dos líquidos e o estímulo à evapotranspiração. A primeira camada é formada por pneus reciclados que compõem a câmara de dispersão. Sobre essa base, são dispostas, de forma sequencial, camadas de entulho da construção civil, brita, manta geotêxtil, areia lavada e terra preta arenosa. Essa última camada recebe as espécies vegetais de alta evapotranspiração, como a bananeira (*Musa spp.*), essenciais para o funcionamento do sistema.

A entrada do efluente é feita por meio de tubo de PVC DN 100 mm, direcionado para a base da bacia. Para inspeção e eventual manutenção, foram previstos três dutos verticais em PVC DN 50 mm, posicionados nas diferentes camadas filtrantes. A profundidade mínima de 1,0 m foi respeitada para garantir o tempo de detenção adequado e a acumulação do lodo ao longo dos anos, considerando uma taxa de 100 L/pessoa.ano, conforme recomenda a norma para regiões com temperatura média acima de 20 °C e intervalos superiores a cinco anos entre limpezas.

Além do aspecto sanitário, o TEVAP também pode ser integrada a práticas agroecológicas, com aproveitamento da biomassa vegetal gerada no processo. Estudos como o

de Rezende (2019) demonstram ganhos de produtividade com o uso desse sistema, enquanto análises microbiológicas (Coelho, Reinhardt e Araújo, 2018) atestam a segurança do cultivo de alimentos em sua superfície, desde que observadas boas práticas de higiene.

No que se refere à eficiência de tratamento, pesquisas comparativas reforçam o desempenho do TEVAP frente a outros sistemas descentralizados. Oliveira et al. (2018), por exemplo, analisaram parâmetros físico-químicos como Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), sólidos totais e nitrogênio amoniacal em três tecnologias diferentes: TEVAP, fossa séptica convencional e wetland. Os resultados indicaram maior eficiência da TEVAP na remoção de poluentes, evidência que corrobora seu potencial sanitário e ambiental, especialmente em contextos vulneráveis. Os dados detalhados podem ser visualizados na Tabela 2, a ser incluída a seguir.

5.2.2 Levantamento de Custos e Orçamento da Implantação

Com base no dimensionamento definido para o Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) modelo, foi elaborado o orçamento estimativo para sua implantação na Comunidade Mojó. O levantamento considerou os custos diretos com materiais e serviços necessários para a execução do sistema, bem como os encargos indiretos e de mão de obra. A estimativa foi construída a partir de composições do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), complementadas por preços praticados regionalmente.

Dado o caráter de tecnologia acessível e adaptável, os materiais utilizados são comuns em qualquer loja de construção civil, o que favorece sua aquisição em localidades afastadas de centros urbanos. O uso de pneus reciclados e entulho da construção civil também colaborou para a redução de custos, sem comprometer a eficiência funcional do sistema.

O valor total da implantação do TEVAP foi estimado em R\$ 3.198,73, incluindo escavação, fundação, estrutura em alvenaria, materiais de preenchimento interno, tubulação, mudas vegetais e serviços auxiliares. Cada etapa do processo foi quantificada com base na Memória de Cálculo, detalhada no Apêndice A, garantindo a precisão na estimativa dos valores e otimizando os recursos disponíveis para a execução do projeto.

Entre os insumos utilizados na implantação do TEVAP, o item que apresentou maior custo foi a alvenaria com tijolos cerâmicos, devido à necessidade de materiais estruturais e ao volume de mão de obra envolvido na execução das paredes de contenção da bacia. Por outro lado, os pneus reciclados utilizados no fundo da estrutura representaram o menor custo, uma vez que foram obtidos por meio de reaproveitamento local, sem custo de aquisição,

contribuindo significativamente para a economia e a sustentabilidade do projeto.

5.3 Dimensionamento e Orçamento do Biodigestor Pré Moldado

A viabilidade técnica e econômica do uso de biodigestores pré-moldados em comunidades ribeirinhas foi avaliada neste estudo a partir de um levantamento de mercado focado em três marcas amplamente conhecidas no setor: Fortlev, Hydrotech Brasil e Bakof. As cotações foram obtidas por meio de contato direto com os fabricantes ou representantes comerciais, além de buscas em sites de venda de materiais de construção e plataformas de e-commerce, como Mercado Livre.

Durante a pesquisa, constatou-se que nenhuma das principais redes de varejo local disponibiliza biodigestores em estoque. Diante dessa limitação, tornou-se necessário considerar opções de aquisição interestadual, o que implicou a inclusão dos custos de frete na análise. A transportadora Jadlog foi utilizada como referência para todos os modelos, por ter sido a única empresa que apresentou orçamento detalhado com disponibilidade de entrega para o município de Paço do Lumiar – MA, local da comunidade em estudo.

A Opção 1, da marca Fortlev, foi orçada em R\$ 2.525,44, já incluindo o leito de secagem. Com o acréscimo do frete fornecido pela transportadora Jadlog (R\$ 1.459,82), o custo total estimado foi de R\$ 3.985,26 (três mil novecentos e oitenta e cinco reais e vinte e seis centavos). A Opção 2, da Hydrotech Brasil, foi cotada junto à empresa JMC Brasil Ltda por meio de atendimento de televendas, com valor do biodigestor de R\$ 2.528,90, leito de secagem no valor de R\$ 1.100,00, e frete para o Maranhão orçado em R\$ 2.000,00. Dessa forma, o custo total da opção Hydrotech foi de R\$ 5.628,90 (cinco mil seiscentos e vinte e oito reais e noventa centavos). A Opção 3, da marca Bakof, teve seu valor de aquisição identificado por meio da plataforma Mercado Livre, no montante de R\$ 2.290,00. Somados o custo estimado do leito de secagem (R\$ 420,91) e o valor de frete (R\$ 1.459,82), o custo total da opção foi de R\$ 4.170,73 (quatro mil cento e setenta reais e setenta e três centavos).

Tabela 3 - Comparativa de Custos - Biodigestores Pré-Moldados

OPÇÃO	MARCA	VALOR DO BIODIGESTOR (COM LEITO DE SECAGEM)	FRETE	TOTAL
1	Fortlev	R\$ 2.525,44	R\$ 1.459,82	R\$ 3.985,26
2	Hydrotech Brasil	R\$ 2528,90	R\$ 2.000,00	R\$ 4.528,90

3	Bakof	R\$ 2.710,91 (R\$ 2.290,00 + R\$ 420,91)	R\$ 1.459,82	R\$ 4.170,73
---	-------	--	--------------	--------------

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir dos dados apresentados, verifica-se que a opção de aquisição mais econômica foi a da Fortlev, totalizando R\$ 3.985,26 (três mil, novecentos e oitenta e cinco e vinte e seis centavos).

Para estimativa do custo de instalação, foi utilizada como base a composição “Fossa Séptica Biodigestora Fundo Cônico Acqualimp”, disponível no banco de dados do Sistema de Custos de Obras (SBC). Embora se trate de outro fabricante, essa composição foi considerada tecnicamente compatível com a instalação do modelo em questão. A parte referente exclusivamente à mão de obra e aos insumos totalizou R\$ 458,06.

Tabela 4 - Orçamento referente a mão de obra de instalação de um biodigestor

BASE	DATA	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	TIPO	UNID	VALOR UNIT	QUANT.	VALOR TOTAL
MÃO DE OBRA INSTALAÇÃO - FOSSA SÉPTICA BIODIGESTOR ACQUALIMP (Mão de Obra Instalação)								R\$ 458,06
SBC	10/2024	99050	PEDREIRO	Mão de Obra	m³	R\$ 19,78	13,258	R\$ 262,24
SBC	10/2024	99900	SERVENTE	Mão de Obra	m²	R\$ 14,77	13,258	R\$ 195,82
TOTAL								R\$ 458,06

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, somando os custos de aquisição e transporte (R\$ 3.985,26) ao valor estimado de instalação (R\$ 458,06), o orçamento total do sistema completo da Fortlev com leito de secagem instalado foi de R\$4.443,32 (Quatro mil, quatrocentos e quarenta e três reais e trinta e dois centavos.)

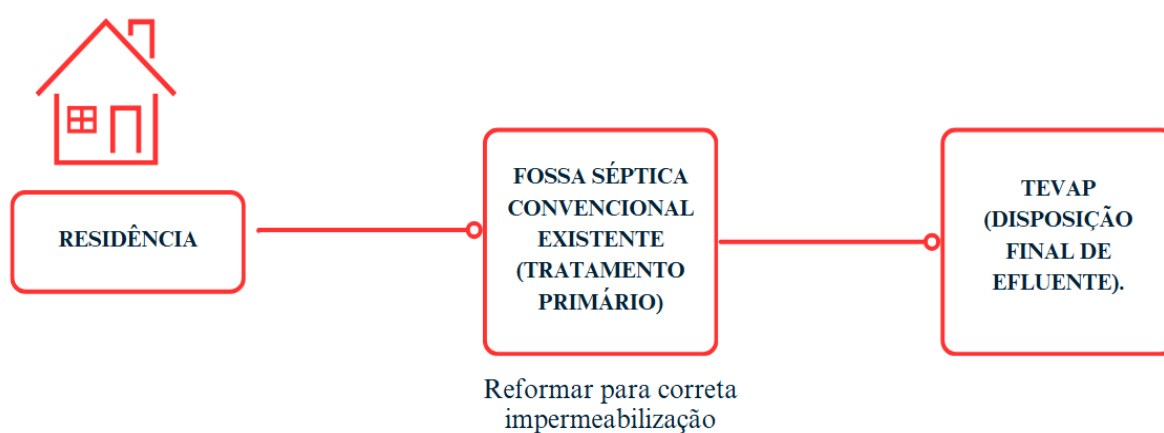
5.4 Análise Entre os Sistemas Tanque de Evapotranspiração e Biodigestor Pré Moldado

A análise comparativa entre o Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) e o biodigestor pré-moldado é fundamental para orientar decisões técnicas e estratégicas em contextos onde o acesso ao saneamento convencional é limitado. Ambos os sistemas atendem a diretrizes da norma NBR 17076:2024, que orienta a implementação de soluções descentralizadas de esgotamento sanitário, especialmente em áreas rurais e comunidades tradicionais.

De acordo com essa norma, os sistemas de saneamento devem ser organizados em três etapas: (i) tratamento primário (remoção de sólidos e decantação), (ii) tratamento complementar (filtragem ou processos biológicos adicionais) e (iii) disposição final do efluente tratado. Neste contexto, os dois sistemas analisados se encaixam em arranjos distintos, ainda que ambos estejam tecnicamente em conformidade. Na proposta aplicada à sede da ONG Arte Mojó, o fluxo adotado foi:

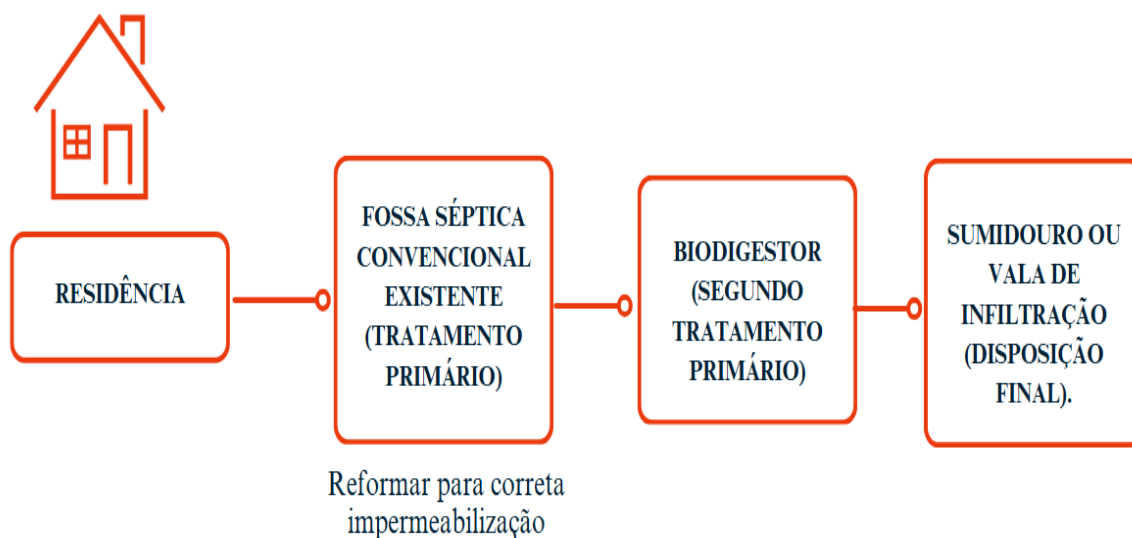
Figura 17 - Fluxograma demonstrando a hipótese de sistema com Tanque de Evapotranspiração

Sistema com TEVAP



Fonte: Elaborado pelo autor

Nesse arranjo, o TEVAP funciona conforme previsto pela NBR 17076:2024, sendo classificado como tecnologia de disposição final, com a evapotranspiração como principal mecanismo de eliminação do líquido. A câmara formada por pneus reciclados, os substratos granulares (brita, areia e entulho) e o plantio de espécies vegetais de alta evapotranspiração cumprem o papel de promover o destino adequado do efluente, sem lançamento no solo ou em corpos d'água. Embora o sistema também favoreça a formação de biofilmes e processos filtrantes, esta função complementar ainda não é formalmente classificada como etapa de tratamento secundário pela norma — hipótese que pode ser aprofundada em estudos futuros. Entretanto, vale destacar que em regiões de alta pluviosidade, como a Amazônia maranhense, a eficiência do sistema pode ser comprometida temporariamente, caso o volume de água exceda a capacidade de evaporação e transpiração da bacia, exigindo cuidados adicionais com o dimensionamento e a escolha adequada de espécies vegetais. No caso do biodigestor pré-moldado, o arranjo técnico seria:

Figura 18 - Fluxograma demonstrando a hipótese de sistema com Biodigestor

Fonte: Elaborado pelo autor

Este modelo também atende à lógica de três etapas, mas apresenta maior complexidade operacional. O biodigestor requer controle técnico mais rigoroso, com necessidade de limpeza periódica do lodo, possível uso de cloro, e previsão de infraestrutura complementar para disposição do efluente tratado, o que impõe exigências adicionais de manutenção e suporte técnico.

Em termos de custos, a implantação do TEVAP na Comunidade Mojó foi orçada em R\$ 3.198,73, enquanto o biodigestor apresentou custo de R\$ 4.443,32, incluindo transporte e instalação — uma diferença de R\$ 1.244,59, o que representa uma economia de aproximadamente 28% com a adoção do TEVAP. O TEVAP também se mostrou mais acessível logisticamente, podendo ser construído com materiais amplamente disponíveis, como tijolos, areia e pneus reaproveitados, além de permitir o uso de mão de obra local. A seguir, a Tabela 5 resume comparativamente os dois sistemas, conforme os critérios estabelecidos pela NBR 17076:2024.

Tabela 5 - Comparativo entre TEVAP e Biodigestor Pré-moldado

Item	Tanque de Evapotranspiração (TEVAP)	Biodigestor Pré-Moldado
1. Tratamento Primário	Fossa séptica convencional existente (decantação e digestão anaeróbia)	Fossa séptica convencional existente + Biodigestor (2ª etapa primária)
2. Tratamento Complementar	Não se aplica formalmente pela norma (mas há biofilme e filtração física no substrato do TEVAP)	Realizado no biodigestor através da fermentação anaeróbia e decantação adicional

3. Disposição Final	TEVAP como destino final do efluente por evapotranspiração e retenção física	Sumidouro ou vala de infiltração no solo
Manutenção	Baixa: apenas poda, controle da vegetação e inspeção dos dutos	Alta: remoção de lodo, cloração e manutenção de leito de secagem
Custo estimado (implantação)	R\$ 3.198,73	R\$ 4.443,32
Materiais utilizados	Materiais comuns de construção civil e reaproveitados (tijolos, pneus, etc.)	Equipamento industrial pré-moldado + insumos adicionais
Exigência técnica	Baixa – pode ser autoconstruído com capacitação básica	Alta – requer instalação especializada e fornecimento externo

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Por fim, o arranjo com o TEVAP mostra-se mais compatível com os princípios de autonomia comunitária e sustentabilidade, ao passo que o biodigestor, embora tecnicamente eficaz, demanda maior estrutura de suporte, insumos externos e custo de manutenção.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Viabilidade do TEVAP em Contextos Populares e Contribuições da Pesquisa

Os dados obtidos ao longo deste trabalho evidenciaram que o Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) pode ser uma solução compatível com realidades de comunidades tradicionais, rurais e ribeirinhas, onde o acesso a tecnologias convencionais de saneamento é limitado. O modelo se destacou não apenas por sua simplicidade de execução, mas pela possibilidade de integração com elementos locais, como a mão de obra da própria comunidade e o uso de materiais comuns ou reaproveitados.

Ao adotar uma abordagem que articulou aspectos técnicos, sociais e ambientais, a pesquisa avançou para além de um estudo de viabilidade. O processo metodológico permitiu aprofundar a compreensão sobre como o saneamento descentralizado precisa ser pensado em diálogo com as condições culturais, econômicas e ambientais dos territórios. A coleta de dados primários e o contato direto com os moradores possibilitaram identificar barreiras e oportunidades reais para a implementação de soluções como o TEvap.

O caráter interdisciplinar do estudo — que envolveu engenharia sanitária, educação ambiental e práticas sociais — contribui para o campo acadêmico ao apresentar uma proposta concreta de tecnologia sustentável com foco em justiça territorial. Além disso, ao sistematizar uma metodologia aplicável a outras regiões com características semelhantes, este trabalho oferece uma base para futuras intervenções e pesquisas que integrem ciência, saber local e sustentabilidade.

O TEvap, dentro dessa perspectiva, não é apenas um equipamento sanitário: é uma ferramenta de transição ecológica que pode ser ativada a partir de estratégias pedagógicas e participativas. Sua adoção passa a depender não só da técnica, mas da capacidade de articulação entre os diversos agentes envolvidos — moradores, técnicos, gestores públicos, movimentos sociais e universidades.

A recente inclusão do Tanque de Evapotranspiração na NBR 17076:2024 como sistema de disposição final de efluentes representa um marco importante para sua consolidação normativa. No entanto, ainda é necessário ampliar o número de estudos científicos que investiguem com maior rigor os mecanismos de tratamento complementar presentes no TEvap. Elementos como a câmara anaeróbica formada pelos pneus, os biofilmes bacterianos nas camadas de brita e areia e a dinâmica de filtração biológica ascendente indicam um potencial significativo de depuração adicional. Apesar disso, tais aspectos ainda são pouco mensurados em termos de eficiência físico-química e microbiológica. Diante disso, este trabalho aponta a

relevância de novos estudos que avaliem, na prática, o papel do TEvap como mais do que uma etapa final: como um sistema híbrido, capaz de contribuir também para o tratamento complementar do esgoto, principalmente em territórios de baixa infraestrutura.

6.2 Instrumentos de Apoio e Caminhos para Replicação Comunitária

Considerando o potencial de replicação da tecnologia investigada, foi desenvolvido como parte desta pesquisa o material educativo “*Quintais Limpos, Mangue em Pé*”, que tem como objetivo facilitar o entendimento e a disseminação do o TEvap em contextos populares. A cartilha foi elaborada com linguagem acessível e recursos gráficos ilustrativos, a fim de apoiar formações comunitárias, oficinas práticas e ações educativas em escolas e instituições de base territorial.

Sua elaboração levou em conta não apenas a explicação técnica do funcionamento desse sistema mas também sua conexão com a proteção dos ecossistemas locais e com a qualidade de vida das famílias. A escolha do nome da cartilha reforça a ideia de que cuidar do saneamento nos quintais é também uma forma de proteger os mangues e os rios, tão essenciais para a vida das comunidades ribeirinhas.

O material está incluído no Apêndice D desta dissertação e pode ser adaptado e reproduzido livremente para fins educativos. Embora simples, a cartilha representa um passo importante na construção de um processo de transição ecológica popular, em que o conhecimento técnico não fica restrito a especialistas, mas é compartilhado de forma horizontal com quem mais precisa dele.

Para além da cartilha, outras estratégias poderão ser incorporadas em ações futuras, como a produção de vídeos tutoriais, oficinas itinerantes e apoio técnico para mutirões de autoconstrução. Também é possível articular o TEVAP com políticas públicas já existentes, programas de extensão universitária e editais voltados à inovação social, o que amplia seu potencial de alcance e impacto.

A replicação do TEvap, no entanto, exigirá mais do que recursos financeiros: dependerá da criação de redes locais de apoio, da capacitação de multiplicadores e do fortalecimento do protagonismo comunitário. Ao oferecer uma proposta que articula tecnologia, educação e territorialidade, esta pesquisa contribui com um modelo que pode ser expandido e adaptado a diferentes realidades, desde que respeitados os contextos específicos de cada lugar.

7 CONCLUSÃO

A presente dissertação analisou a viabilidade do Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) como alternativa complementar e sustentável para o saneamento básico em comunidades ribeirinhas, a partir do estudo de caso realizado na Comunidade Mojó, em Paço do Lumiar (MA). O trabalho partiu da constatação da exclusão histórica de populações periféricas das políticas públicas de esgotamento sanitário e buscou oferecer uma proposta técnica compatível com os contextos sociais e ambientais dessas áreas.

Ao longo do processo, ficou evidente que o problema do saneamento em territórios como o Mojó não é apenas técnico, mas também político, social e cultural. A carência de infraestrutura, o isolamento geográfico e a ausência de assistência técnica exigem soluções que dialoguem com as práticas locais, valorizem os saberes do território e respeitem suas limitações. Nesse sentido, o TEVAP se mostrou mais do que uma estrutura física: trata-se de uma proposta de transição ecológica voltada à realidade das populações que vivem à margem das grandes obras e investimentos públicos.

A experiência prática desenvolvida nesta pesquisa demonstrou que é possível implementar sistemas de saneamento acessíveis, seguros e ambientalmente corretos sem depender de soluções industrializadas ou de alto custo. A adoção de técnicas construtivas simples, o uso de materiais reaproveitados e a autonomia no manejo do sistema apontam para a importância de tecnologias de base comunitária, que podem ser disseminadas de forma horizontal, com apoio técnico pontual e formação continuada.

Ao mesmo tempo, a pesquisa revelou que apenas a disponibilidade técnica não garante a apropriação das soluções. O processo de implantação de uma tecnologia como o TEVAP precisa estar atrelado a ações formativas, diálogo com os moradores e fortalecimento da autonomia local. A elaboração da cartilha educativa "*Quintais Limpos, Mangue em Pé*", como material de apoio à disseminação da tecnologia, reforçou essa dimensão pedagógica do saneamento e ampliou o alcance dos resultados do trabalho.

A contribuição central desta dissertação está, portanto, na articulação entre conhecimento técnico, justiça ambiental e protagonismo comunitário. Em vez de adaptar comunidades às tecnologias, optou-se por adaptar a tecnologia à comunidade. Essa inversão de lógica é fundamental para que o saneamento se transforme, de fato, em política pública inclusiva e efetiva.

Conclui-se que o TEVAP, ao combinar baixo custo, segurança sanitária e facilidade de replicação, representa uma alternativa viável para o enfrentamento das desigualdades em

saneamento. Seu potencial de expansão está diretamente ligado à capacidade de articulação entre instituições de ensino, movimentos sociais, poder público e comunidades locais. Para isso, é necessário ampliar os investimentos em formação técnica popular, políticas de fomento e projetos de extensão voltados ao saneamento descentralizado.

Por fim, é importante destacar que, com a recente atualização da NBR 17076 (2024), o processo de evapotranspiração passou a ser oficialmente reconhecido como forma válida de disposição final de efluentes. No entanto, considerando os elementos adicionais presentes no sistema — como camadas filtrantes de brita e areia, formação de biofilme e câmaras de retenção —, há indícios de que o TEVAP também cumpra funções complementares de tratamento. Essa hipótese, embora não abordada em profundidade neste trabalho, representa um campo promissor para investigações futuras, que poderão contribuir para o aprimoramento da norma e o fortalecimento da credibilidade científica de tecnologias alternativas baseadas na natureza. O TEVAP, nesse sentido, se consolida como uma tecnologia possível, justa e necessária para o presente e o futuro de comunidades ribeirinhas como a do Mojó.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, R. **Impactos do lançamento de efluentes industriais e domésticos sobre a qualidade da água do riacho Mussuré, PB.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) — Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/4589/1/arquivototal.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- ALMEIDA, A. B. S. de *et al.* **Sistema de tratamento de esgoto com o emprego da bacia de evapotranspiração e wetland construído.** 2019. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/172>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- ARAÚJO, J. G. F. de. **Avaliação da viabilidade de inclusão da Bacia de Evapotranspiração para tratamento de esgoto sanitário no IFPE – Campus Recife.** 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 17076:2024:** Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2024. p.92.
- BELLACK, N. R. *et al.* A conceptual model of water's role as a reservoir in *Helicobacter pylori* transmission: a review of the evidence. **Epidemiology and Infection**, Cambridge University Press, v. 134, n. 3, p. 439–449, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0950268805005283>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <https://www legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento rural.** Brasília: Funasa, 2019. Disponível em: https://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL_PNSR_2019.pdf. Acesso em: 1 abr. 2025.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de saneamento.** 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, 2007. Disponível em: <https://www.funasa.gov.br/documents/20182/122177/Manual+de+Saneamento.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. Diagnóstico Temático – Visão Geral: Serviços de Água e Esgoto – Ano de Referência 2022. Brasília: MCID, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2023.pdf. Acesso em: 2 abr. 2025.

BIOLOGIANET. **Evapotranspiração**. 2025. Disponível em: <https://www.biologianet.com/ecologia/evapotranspiracao.htm>. Acesso em: 1 abr. 2025.

BUSICO, R. de M. **Projeto para reuso de águas cinzas em residência unifamiliar**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Guaratinguetá, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/0d76b82e-6c72-418b-b13d-12e9bac4f537/download>. Acesso em: 7 abr. 2025.

CRUZ, L. M. de O. **Tanque séptico seguido de filtro de areia para tratamento de esgoto doméstico**. 2013. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258692>. Acesso em: 1 abr. 2025.

FEY, A.; Fey, G. B.; ROCHA, F. R. da. A Epidemiologia da Infecção por *H. pylori* a partir de estudos endoscópicos de pacientes em uma clínica de referência do Alto Vale do Itajaí: um estudo transversal. **Cuadernos De Educación Y Desarrollo**, v.16, n. 4, e4055. 2024. Disponível em: <https://ojs.cuadernoseducacion.com/ojs/index.php/ced/article/view/4055>. Acesso em: 6 abr. 2025.

FORTELEV. Como funciona o biodigestor: entenda melhor o equipamento. 2022. Disponível em: <https://www.fortlev.com.br/institucional/como-funciona-o-biodigestor/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. **Reformulação do Marco Legal do Saneamento no Brasil** - Atualização. Rio de Janeiro: FGV, 2020. Disponível em: https://ceri.fgv.br/sites/default/files/publicacoes/2023-03/atualizacaocartilha-do-saneamento_ago22.pdf. Acesso em: 1 abr. 2025

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. 2009. 116 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ufms.br/handle/123456789/1163>. Acesso em: 3 abr. 2025.

GOIÂNIA (Município). Prefeitura Municipal. **Manual de Operações e Especificações Técnicas**. Goiânia, 2021. Disponível em: <https://www.goiania.go.gov.br/arg/wp-content/uploads/sites/19/2021/02/Manual-de-Operacoes-e-Especificacoes-Tecnicas.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2025.

GONÇALVES, F. A. A.; RODRIGUES, P. C. H. **Tanque de Evapotranspiração (TEvap)**: tecnologia para manejo do solo e preservação dos recursos hídricos. Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua: Características Gerais dos Domicílios e dos Moradores 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/17270-pnad-continua.html>. Acesso em: 1 abr. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Esgotamento sanitário inadequado e impactos na saúde da população brasileira**. 2022. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/esgotamento.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2025.

LEAL, J. T.da C. P. **Tanque de evapotranspiração**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2014. p.15.

MACHADO, H. S.; SALGADO, S. P.; DELATORRE, A. B.; BECKER, B. R.; AGUIAR, C. de J. **Estudo sobre o uso de bacia de evapotranspiração como alternativa para tratamento de efluentes**. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2019. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2020/XII-008.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2025.

MACIEL, E. L. **Estudos sobre a dinâmica da paisagem nas comunidades de Mojó e Tendal em Paço do Lumiar/MA**. 2024. 152 f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2024. Disponível em: https://www.ppgeo.uema.br/wp-content/uploads/2024/02/Estudos_Sobre_a_Dinamica-da_Paisagem_nas_Comunidades_de_Mojo.pdf. Acesso em: 1 abr. 2025.

MARCHI, R. **Digestão anaeróbia de resíduos orgânicos para produção de biogás: estudo de caso de um biodigestor de pequeno porte**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus São Paulo, 2013. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/086db08f-7acd-4f1c-9a96-dd70f8caf0bf/Marchi13.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2025

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando o nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nova York, 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 1 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS); Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF). **Progresso no fornecimento domiciliar de água potável, saneamento e higiene: 2000-2022, com foco especial em gênero**. Genebra, 2022. Disponível em: https://agua.org.br/blog/organizacao-mundial-da-saude-e-unicef-divulgam-relatorio-progresso-no-fornecimento-domiciliar-de-agua-potavel-saneamento-e-higiene-de-2000-a-2022-foco-especial-em-genero/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 1 abr. 2025.

REIS, M. C. G. **Balanço hídrico e de poluentes em bacias de evapotranspiração: estudo de caso**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2022. Disponível em: <https://locus.ufv.br/bitstreams/d968471c-0241-4d43-8a9c-30d6c39fb269/download>. Acesso em: 1 abr. 2025.

REZENDE, D. C. V.; MOREIRA, D. A.; REZENDE, S. D. C. V.; SOUZA, J. A. R.; SILVA, É. L. Tanque de evapotranspiração no tratamento de esgoto sanitário na propriedade rural. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 3, p. 627–639, 2021. Disponível em: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.003.0050>. Acesso em: 1 abr. 2025.

SANTOS, S. R.dos; BAHLL, M. Percepção e intervenções turísticas na paisagem natural do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (Maranhão, Brasil). **Revista Ateliê do Turismo**, v. 1, n. 1, p. 1-15, ago. 2017. Disponível em:

<https://periodicos.ufms.br/index.php/adturismo/article/download/5336/pdf/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

SANT'ANNA, A.; ROCHA, R. Corra se for capaz: impactos de investimentos em saneamento sobre saúde, usando o tempo das obras como variação exógena. **Estudos Econômicos**, v. 51, n. 4, p. 923-957, out./dez. 2021. Disponível em:

<https://www.revistas.usp.br/ee/article/view/191607>. Acesso em: 1 abr. 2025.

SILVA, A. G. da. **Proposição de técnicas e modelos de gestão para o esgotamento sanitário em áreas rurais brasileiras**. 2017. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

MORAES, Luiz Roberto Santos *et al.* **Análise situacional do déficit em saneamento básico**. Brasília: Ministério das Cidades/Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2014.

Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/plano-nacional-de-saneamento-basico-plansab/arquivos/panorama_vol_02.pdf. Acesso em: 1 abr. 2025.

SILVA, G. da; MOREIRA, V. Avaliação do custo e da eficiência de três opções de tratamento de esgoto na zona rural. In: **XVI Encontro Nacional de Recursos Hídricos**. Florianópolis: ABRHidro, 2019. Disponível em:

<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/100/ENREHSE0036-1-20190314-162900.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2025.

SILVA, M. F. **Sistema de geração de energia de baixo custo em uma comunidade rural: biodigestor anaeróbio, uma proposta de tecnologia social**. Dissertação (Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2020. Disponível em: <https://profnit.org.br/wp-content/uploads/2021/08/UFMT-MYCHEEL-FERREIRA-SILVA-TCC.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2025

SILVA, T. M. **Bacia de Evapotranspiração – O que é isso?** 13 dez. 2023. Disponível em: <https://ecocaminhos.com.br/blog/bacia-de-evapotranspiracao-o-que-e-isso/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

SILVA, W. da; BOCCHIGLIERI, M. M. O Novo Marco Legal do Saneamento: universalização e saúde pública. **Revista USP**, n. 126, p. 103-116, 2020. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/185407/171511/486802>. Acesso em: 1 abr. 2025.

SILVEIRA, K. A. *et al.* Contaminação no lençol freático por fossas rudimentares. *Cadernos Uninter de Iniciação Científica*, Curitiba, v. 9, n. 18, p. 1–16, 2023. Disponível em: <https://www.cadernosuninter.com/index.php/progressus/article/view/2274>. Acesso em: 1 abr. 2025.

SOUSA, I. R. dos S. **Análise de viabilidade econômica entre sistemas centralizados e descentralizados: estudo de caso do bairro Jabotiana – SE**. 2019. 96 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/15869>. Acesso em: 1 abr. 2025.

SPADOTTO, C. A.; MINGOTI, R.; BERALDO, G. N. Identificação Remota de Cenários Críticos para Contaminação de Água Subterrânea em Áreas Agrícolas. In: **Embrapa Agricultura Digital**. 2023. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1160144/1/Boletim55-2023.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2025.

TUCHINSKI, C. dos S.; BORGO, L. D.; VUITIK, G. A. Análise dos impactos do Marco Regulatório do Saneamento Básico: Lei 14.026/2020. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, Curitiba, n. 32, 2023. Disponível em: <https://www.crea-pr.org.br/tecnica/index.php/revista-tecnica/article/view/437>. Acesso em: 1 abr. 2025.

VIEIRA, J. M. de S.; VILLANOVA, L. B.; VALÉRIO FILHO, M.; MOREDA MENDES, R.; GOMES, C. Implementação de sistemas descentralizados de esgotamento sanitário com tecnologias baseadas na natureza: vantagens e desafios em zonas rurais, favelas e comunidades urbanas. In: **Engenharia sanitária e ambiental: sustentabilidade em ação 3**. São José dos Campos: [s.n.], 2024. p. 41-59. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/385063907_IMPLEMENTACAO_DE_SISTEMAS_DESCENTRALIZADOS_DE_ESGOTAMENTO_SANITARIO_COM_TECNOLOGIAS_BASEADAS_NA_NATUREZA_VANTAGENS_E_DESAFIOS_EM_ZONAS_RURAIIS_F_AVELAS_E_COMUNIDADES_URBANAS. Acesso em: 1 abr. 2025.

WHO; UNICEF. **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2022: special focus on gender**. Geneva: World Health Organization (WHO) and United Nations Children’s Fund (UNICEF), 2023. Disponível em: <https://washdata.org/reports/jmp-2023-wash-households>. Acesso em: 3 jun. 2025.

APÊNDICES

**APÊNDICE A - Orçamento detalhado para Construção Modelo do Tanque de
Evapotranspiração**

BASE	DATA	CÓD	DESCRIÇÃO	ETAPA	UND	VALOR UNIT	QNTD	VALOR TOTAL
1. CONSTRUÇÃO DE BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO								R\$ 3.198,73
SINAPI	10/2024	93358	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA. AF_09/2024	MOVT - MOVIMENTO DE TERRA	m³	R\$ 93,03	7	R\$ 651,21
SINAPI	2/2025	87767	CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MANUAL, APLICADO EM ÁREAS MOLHADAS IMPERMEABILIZAÇÃO, ESPESSURA 4CM. AF_07/2021	Sem Tipificação	m²	R\$ 70,38	7	R\$ 492,66
SINAPI	10/2024	103323	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA VERTICAL DE 9X19X39 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF_12/2021	PARE - PAREDE S/PAINELIS	m²	R\$ 63,79	11	R\$ 701,69
SINAPI	12/2024	87893	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (SEM PRESENÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO DE FACHADA, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO MANUAL. AF_10/2022	REVE - REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES	m²	R\$ 7,77	11	R\$ 85,47
SBC	12/2024	120143	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA, COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE, E = 1,5CM. AF_09/2023	Impermeabilização	m²	R\$ 53,33	11	R\$ 586,63
SETOP	07/2024	ED-50842	PILAR EM CONCRETO APARENTE 20 MPa, INCLUSIVE ARMAÇÃO, FÔRMA PLASTIFICADA E DESFORMA	SEM TIPIFICAÇÃO	m³	R\$ 2.887,02	0,06	R\$ 173,22

APENDICE B - Cotação Biodigestores



CONSTRUTORA JMC BRASIL LTDA

CNPJ: 37.623.304/0001-15
Inscrição Estadual: 004.521.911/0047
RUA SANTA RITA DURAQ, 444 - ANDAR 8 L2
SAVASSI
Belo Horizonte - MG - CEP: 30140-111
Telefone: (31) 3594-4196

Orçamento Nº 325

Informações do Cliente

GIOVANNE RAFAEL DE OLIVEIRA

CPF: 606.313.853-63
São Luís - MA - CEP: 65050-370
Telefone: (98) 11032-3138

RUA BARAO DE TROMAI, 9 - COHAB ANIL I

Itens do Orçamento

Código	Descrição	NCM	Quant.	Unit. (R\$)	Valor Total (R\$)
PRD00461	BIODIGESTOR CAP.: 600LTS	3925.10.00	1,00 UN	1.428,9000	1.428,90
PRD00698	LEITO DE SECAGEM CAP.: 310LTS.	3925.10.00	1,00 UN	1.100,0000	1.100,00
Subtotal:					2.528,90
Frete:					2.000,00
IPI:					0,00
ICMS ST:					0,00
Total:					4.528,90

Vencimentos A Vista

Parcela	1
Vencimento	05/02/2025
Valor (R\$)	4.528,90

Outras Informações

Orçamento - incluído em: 05/02/2025 às 12:40:17
Previsão de Faturamento: 05/02/2025
Vendedor: THIAGO MEDEIROS

Transportador

Transportadora	Telefone	Frete por Conta Sem Frete	Placa do Veículo	UF	Código ANTT
----------------	----------	------------------------------	------------------	----	-------------

Volumes Transportados

Quantidade	Espécie	Marca	Numeração	Peso Líquido (Kg)	Peso Bruto (Kg)
0				23,400	38,000
Número do Lacre	Valor do Frete	Valor do Seguro	Outras Despesas	Veículo próprio	
	2.000,00	0,00	0,00	Não	

APÊNDICE C - Cotação Biodigestor Hydrotech

FORTLEV MA				
CÓDIGO	PRODUTO	QTD.	PREÇO UNITÁRIO	VALOR TOTAL
2090033	BIODIGESTOR FORTLEV 700L/DIA	1	2.104,532	2.104,53
2090039	LEITO DE SECAGEM FORTLEV	1	420,910	420,91
TOTAL: 2 ITENS				2.525,44

Cotação Biodigestor Fortlev

 parcelos blog suporte rastreio entrar cadastrar					
	.Package Centralizado	9 dias úteis	R\$ 1459,82	R\$ 1459,82*	→
	.Package	9 dias úteis	R\$ 1638,73	R\$ 1638,73*	→
	.Com	8 dias úteis	R\$ 4250,61	R\$ 4250,61*	→
	Coleta	Transportadora não atende este trecho.			→
	PAC	Dimensões do objeto ultrapassam o limite da transportadora.			→
	SEDEX	Dimensões do objeto ultrapassam o limite da transportadora.			→

Cotação Frete Biodigestor



Novo | +5 vendidos

Multi Biodigestor Sanitário Polietileno 700l Bakof

R\$ 2.290

em 10x R\$ 229 sem juros

Ver os meios de pagamento

Entrega a combinar com o vendedor

Caxias Do Sul, Rio Grande Do Sul

Ver formas de entrega

Disponível 60 dias após sua compra

Quantidade: 1 unidade (+5 disponíveis)

Comprar agora

Vendida por BIODIGESTOR CENTER

Cotação Biodigestor Bakof

APENDICE D - Cartilha “Quintais Limpos, Mangue em Pé”



APÊNDICE E - Anexo Digital A

Registro em Vídeo de Entrevista com uma Moradora do Mojó

<https://youtu.be/ZhoSOCzMx2E>



APÊNDICE F - Entrevistas de Campo

Entrevistas de Campo – Diagnóstico Socioambiental e Saneamento na Comunidade Mojó (MA)											
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10
		José Arnaldo Vieira da Silva	José Fábio dos Santos da Silva	Maria José de Oliveira	Maria de Jesus Donato Menezes	Antonieta Maria Silva Vieira	José Alves Garreto	Joilma Menezes dos Santos	Joilson Menezes dos Santos	Marcos Aurélio Mendes Pimenta	Camila Ribeiro dos Santos
	Idade	72	35	34	55	58	70	33	34	54	45
	Profissão	Aposentadoria/Pesca	Vigilante/Pescador	Marisqueira	Lavradora e Marisqueira	Lavradora	Pescador e Aposentado (Lavrador)	Marisqueira	Pedreiro/Pescador	Servidor Público	Marisqueira
	Escolaridade	2º Grau Completo	2º Grau Completo	2º Grau Completo	1º Grau Completo	1º Grau Completo	1º Grau Completo	2º Grau Completo	2º Grau Completo	Nível Superior	Ensino Fundamental Completo
	Local Onde Reside:	Mojó	Mojó	Mojó	Mojó	Mojó	Mojó	Mojó	Mojó	Mojó	Mojó
	1.1 Quantas pessoas residem na sua casa? Quantos são adultos e quantos são crianças?	2	4	2	3	5	2	4	4	3	5
		2	4	2	3	5	2	2	2	3	3
	1.2 Dessas pessoas, quantas são	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2

	crianças?										
	1.3 Qual a principal fonte de renda da sua família?	Aposentadoria/Pesca	Vigilante/Pescador	Pesca e coleta de mariscos	Pesca e coleta de mariscos	Aposentadoria	Aposentadoria e Pesca	Pesca e Construção Civil (Ajudante de Pedreiro)	Estou parado recebendo auxílio doença	Servidor Público e renda complementar artesanato	Pesca e Coleta de Marisco
	1.3 Há quanto tempo sua família reside nesta comunidade ? (Em anos)	51	35	8	40	16	Não resido aqui, venho só pra pescar. Passo dois a três dias na semana aqui nesta casa aqui da beira do rio.	33	34	30	26

	2.1 Qual tipo de sistema de saneamento vocês utilizam atualmente?	Fossa. Rebocada por dentro nas laterais, tem uma divisão (formando duas câmaras) com alvenaria vazada no meio e o fundo é de pedra brita sem argamassa.	Fossa. Rebocada por dentro nas laterais, tem uma divisão (formando duas câmaras) com alvenaria vazada no meio e o fundo é parte argamassada no fundo e a outra camara creio que seja só pedra no fundo para infiltrar.	Fossa. Rebocada por dentro nas laterais, tem uma divisão (formando duas câmaras) com alvenaria vazada no meio e o fundo é de pedra brita sem argamassa.	Fossa de alvenaria. Tem paredes ao redor rebocadas, com tampa de concreto e no fundo só pedra brita sem argamassa, com divisória(duas câmaras)	Fossa comum. De tijolo nas laterais, em baixo no primeiro compartimen to o fundo é com argamassa com cimento e o outro compartimen to a parte de baixo é com pedra brita. A parede do meio não é rebocada e é vazada, pra agua ir passando pro outro compartimen to e depois infiltrar no solo.	Fossa de alvenaria. Tem paredes ao redor rebocadas, com tampa de concreto e no fundo só pedra brita sem argamassa, com divisória(duas câmaras).	Fossa de alvenaria. Tem paredes ao redor rebocadas, com tampa de concreto e no fundo só pedra brita, sem divisória (Só uma câmara)	Fossa de alvenaria. Tem paredes ao redor rebocadas, com tampa de concreto e no fundo só pedra brita sem argamassa, com divisória(duas câmaras)	Fossa de alvenaria. Tem paredes ao redor rebocadas, com tampa de concreto e no fundo só pedra brita sem argamassa, com divisória(duas câmaras)	Fossa comum de alvenaria, com divisórias, sem reboco interno e fundo de brita.
--	--	---	--	---	--	---	---	--	--	--	--

	2.2 Considera que o sistema de saneamento atual atende às necessidades da sua família?	Atende	Atende	Atende	Atende	Atende	Atende	Atende	Atende	Atende. Podemos tentar aprimorar, de forma que diminua algum tipo de impacto que possa ter ao meio ambiente. Mas até então atende.	Sim, mas precisa de manutenção constante para evitar problemas.
	2.3 Já houve problemas de mau cheiro, vazamentos ou presença de insetos e roedores associados ao sistema de saneamento que utilizam? Com que frequência?	Não	não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Já sim. Inclusive temos que colocar cal pelo suspiro para solucionar isso. Mas ao longo do tempo ela enche e temos que fazer outra quando enche.	Sim, ocasionalmente ocorre mau cheiro

	2.4 Como você considera a qualidade da água consumida em sua casa?	Água de Poço. Qualidade boa.	Água de Poço. Qualidade boa.	Água de Poço. Qualidade boa.	Água de Poço. Qualidade boa.	Temos poço mas pra beber estamos comprando água mineral mesmo. pois a água do poço ta vindo meio suja.	Boa. É água encanada.	Boa	Boa	Não é tão boa. Temos que comprar água mineral. E água do poço artesiano temos que fazer 2 processos de filtragem. 50% é água mineral comprada mesmo.	Usamos água de poço, mas para consumo preferimos comprar água mineral por segurança.
	2.5 Alguma vez sua família ou algum vizinho precisou lidar com problemas de saúde que poderiam estar relacionados ao saneamento inadequado ?	Sim. Minha esposa teve H. pylori	Sim. Minha mãe tem H. pylori	Não	Eu já peguei H pilore	Não	Não	Não	Não	Não.	Não diretamente, mas já ouvimos casos de vizinhos com problemas de estômago e pele.

	3.1 Qual a frequência de uso do rio ou mar próximo à comunidade para atividades de lazer, consumo de água, pesca ou outras necessidades ?	Usava com frequência, mas com problemas de saúde pessoal junto a diminuição da qualidade e quantidade da pesca, vou com pouca frequência. Média 1 vez por mês.	Sim, uso pra pescar em média 3 vezes ao mês.	Todos os dias	Pescar e pra banhar, uma vez na semana.	De 6 em 6 meses. Hoje em dia vamos poucas vezes ao rio.	três dias na semana.	dois dias por semana para lazer e para pesca(siri, sarnambi, carangueijo e camarão)	Uma vez por semana para lazer e para pesca	2 vezes ao meses. Mas mais por atividade de pesca por lazer.	Usamos o rio duas vezes por semana, principalmente para pesca e coleta de mariscos.
--	--	--	--	---------------	---	---	----------------------	---	--	--	---

	3.2 Existe alguma preocupação sobre a contaminação do rio/mar ou outros recursos hídricos da região? Você observa algum tipo de poluição no rio?	Existe pois o que a gente colhia no igarapé, hoje em dia não colhe ou colhe muito pouco. Caiu significativamente	Com certeza. Na cabeceira sim, muito plástico no manguezal.	Sim. Sim, ontem quando passei pelo porto atras do bar tinha um monte de litro de garrafa pet, até catei os que consegui catar. Tem um esgoto também de umas onstruto ras que estão aqui pela região que tao botando o esgoto direto pro rio também.	Sim, poque pode prejudicar nossa pesca. Já percebi a poluição sim, muito esgoto indo pro rio.	Sim. A maior preocupação são os esgotos que estão vindo dos condomínios e também os lixos que muita gente joga na beira do rio e também as fossas da comunidade. Tem gente que mora na beira da maré e não tem nem essa fossa que a gente faz aqui.	Sim. Se tiver esgoto no berço, os peixes vem comer e se depara com o esgoto e volta. Aí a gente da pesca se prejudica.	Sim pois é do rio que tiramos nosso sustento. Sim.	Sim. Tá tendo esgotos caindo direto na cabeceira do rio santo antonio... tá caindo no rio Cururuca, no bairro pau deitado. O esgoto lá é tanto lixo como esgoto principalmente.	Sim, grande preocupação. Inclusive na cabeceira do rio santo antonio (igarapé de mojó) estão colocando o esgoto sem tratamento direto no rio a céu aberto. E se não tiver nenhum controle mais severo disso por parte do poder público, vai continuar prejudicando a saúde das aguas desse nosso rio. Incluenciando assim tanto na qualidade e valor do peixe, prejudicanto tanto as pessoas que comprar	Sim, há muita poluição, especialmente e plásticos e esgoto de construções próximas.
--	--	---	--	--	--	--	---	---	--	---	--

										como os que pescam e vendem.	
	3.3 A pesca é uma atividade importante para a subsistência da sua família?	Antes de ser aposentado, por toda a vida eu pescava com frequencia e criei meus filhos só com a pesca.	Sim	Sim	Sim	Compramos dos pescadores daqui. Então a pesca é importante pra nao ter que comprarmos	Sim	Sim	Sim	Não. Hoje em dia pescamos mais por lazer mesmo.	Sim, tanto para consumo quanto para complementar a renda.

						peixe longe e mais caro.					
	3.4 Como você percebe que a qualidade do saneamento na comunidade afeta o rio ou mar próximo? Acredita que mudanças no saneamento poderiam melhorar essa situação?	Sim. Já ouvi falar que é tudo a mesma coisa, água do lençol freático e a água do rio.	De certa forma, sim. Mas se cada um tivesse uma fossa como essa daqui de casa, já amenizaria mais.	Acho que não afeta. Pq a água dessas fossas não vai pro rio, ela infiltra no chão	Água da fossa não desce pro rio, logo não afeta o rio. Entretanto tem muita gente que não faz essa fossa comum que tenho aqui em casa, aí prejudica o rio.	Sim. Com certeza.	Água da fossa não vai pro rio não. Então não contamina o rio não	Afeta porque o esgoto não cai tratado né	Impacta por conta das águas do esgoto que infiltram no solo, e essa água provavelmente deve ser contaminada e como estamos muito perto do rio,	O saneamento é fundamental para a qualidade de vida da comunidade. Muitos usam fossa rústica inclusive os que estão mais próximos ao rio. Sem dúvida seria muito positivo se houvesse mudanças com políticas mais voltadas para a defesa do próprio rio e isso envolve diretamente o saneamento.	Acredito que afeta, pois muitas fossas estão próximas ao rio, e melhorias no saneamento ajudariam a preservar a qualidade da água.

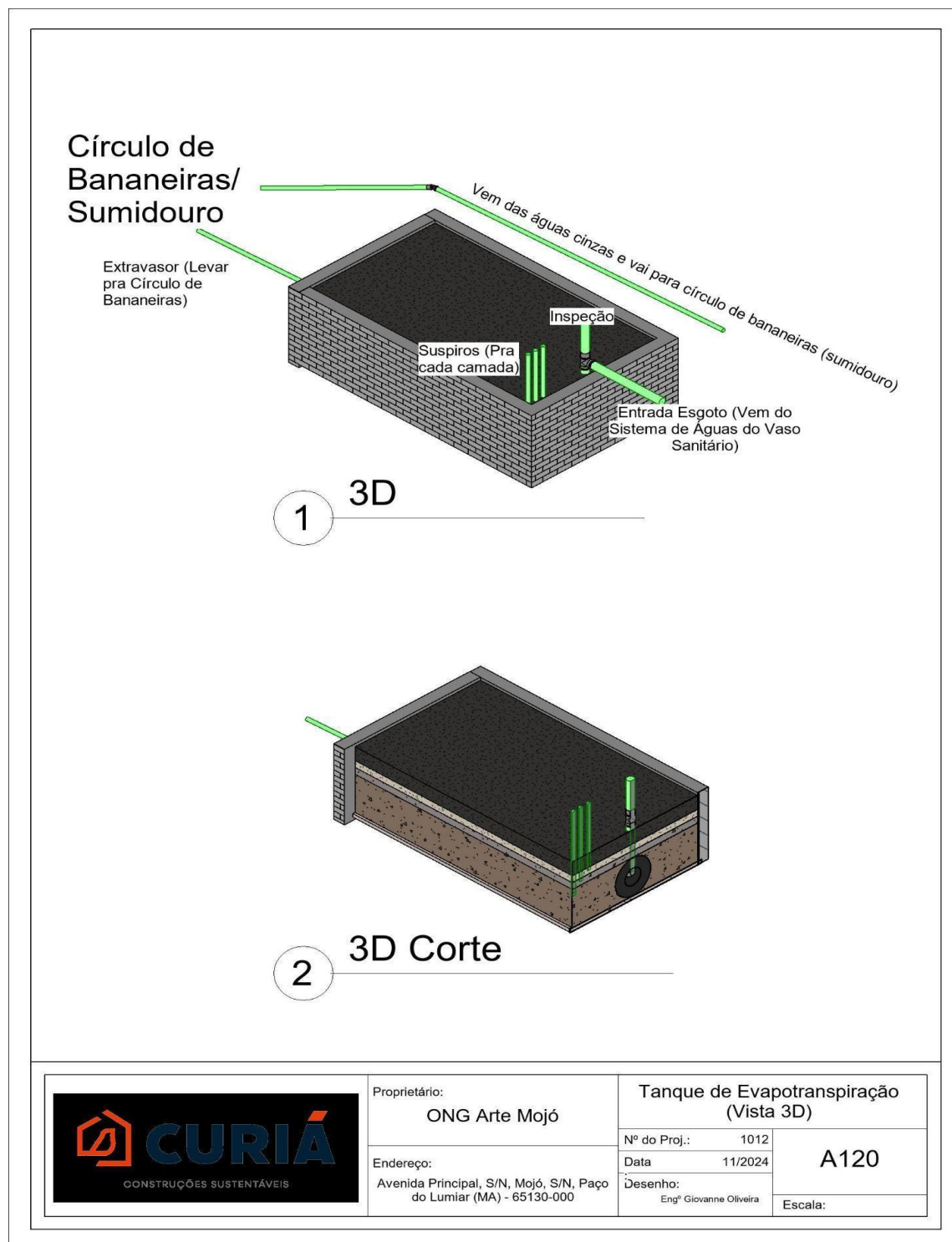
	4.1. Você conhece a Fossa de Bananeira (TEVAP) ou outros sistemas ecológicos de saneamento ? Se sim, o que pensa sobre eles?	Nunca tinha ouvido falar, ouvi falar tem pouco tempo.	Não. Nunca ouvi falar. Mas depois de ver você me explicar rapidamente sobre, acho uma boa ideia.	Não. Nunca ouvi falar. Mas depois de ver você me explicar rapidamente sobre, acho uma boa ideia.	Conheci a que fizeram na sede da ONG Arte Mojó. Achei interessante .	Sim. Eu conheci pela internet e quando teve a construção da fossa de bananeira na ONG, eu acompanhei todo o processo. Achei muito interessante.	Não conhecia. Mas pelo que voce me explicou, acho que essa fossa comum que a gente usa realmente contamina o rio com um tempo.	Ouvi falar na ONG Arte Mojó, que fizeram lá. Interessante!	Sim. Através da ONG, eu que construí a fossa, inclusive. Boa ideia pq a agua não infiltra no solo e ainda dá umas banana pra gente comer.	Conheci na ONG Arte Mojó, fizeram lá uma. Muito boa ideia. Inclusive estamos com uma nova construção em outro terreno e vou construir essa fossa de bananeira nessa nova construção.	Conheci recentemente através da ONG Arte Mojó. Acho uma solução interessante e útil.
	4.2 Considerari a viável a implementação de um sistema de saneamento como a Fossa de Bananeira na sua casa ou na comunidade ? Por quê?	Sim. Por que é quase a mesma coisa que essa que tenho aqui, mas é rebocada tanto na lateral quando no fundo.	Sim. Porque é fácil de fazer, se for como tu me disse.	Sim. Porque é fácil de fazer, se for como tu me disse.	É sim. É simples de fazer pelo que vi la na ONG	Sim. É viável, inclusive indiquei para meu cunhado que tá construindo aqui eprto e vai construir uma fossa. Mas ele ficou meio na dúvida pois nao tinha maiores	Sim. Aparentemente facil de se fazer pelo que voce me falou.	Daria sim por que meu irmão trabalha com construção o então ele pode construir	Sim. Pq achei facil construir ela e material não é caro pra construir ela.	Sim. É viável porque parece muito com a fossa comum o processo de construção. Entretanto as pessoas que tem menos poder aquisitivo sugiro o desenvolvimento de projetos municipal e estatal para	Sim, parece acessível e sustentável, além de ajudar a evitar a contaminação do solo.

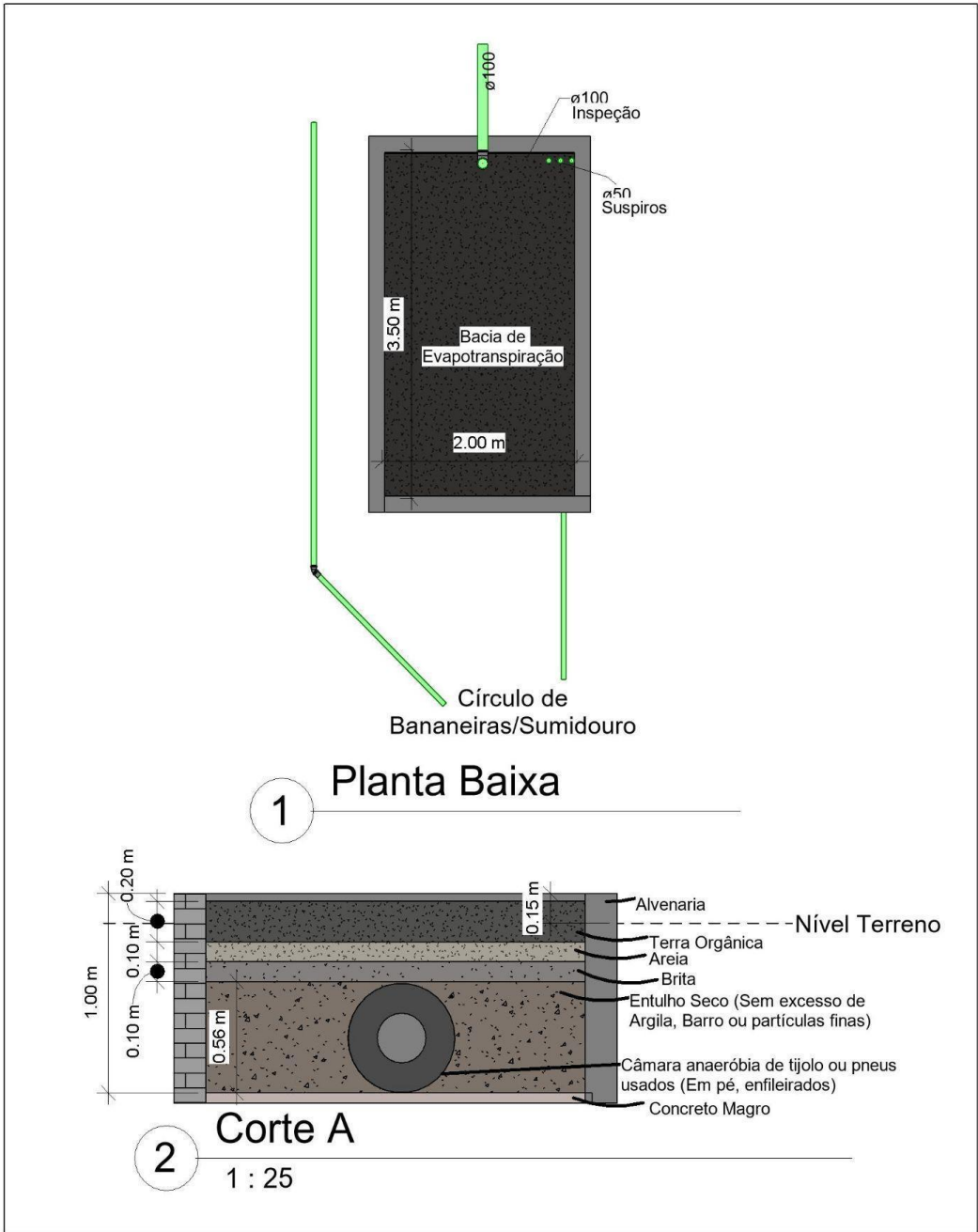
						informações.				viabilizarem financeiramente esse sistema.	
	4.3 Em sua opinião, quais seriam os maiores benefícios para a comunidade com a adoção de um sistema de saneamento mais eficiente e ecológico?	Diminuir a poluição do rio Santo Antônio	Diminuir a poluição do lençol freático.	Futuramente e diminui a poluição do rio, porque tem muitas casas que ficam até mais próximas da beira do rio que tem esse tipo de fossa que tenho aqui em casa.	Não ia ter poluição no solo	Além de não poluir o rio, ela vai ser produtiva... podemos tirar as bananas pra comer e a fibra da bananeira para artesanato que as mulheres da ONG Arte Mojó faz.	Evitar de sobrecarregar o rio com água de esgoto contaminada.	O esgoto não vai mais poluir os rios	Não infiltrar água contaminada no solo	Diminuição do impacto ambiental	Redução da poluição do rio, melhoria da saúde das famílias e maior valorização da comunidade.

	4.4 Quais são os principais desafios que você enxerga para melhorar o saneamento básico na comunidade ?	Conscientização e apoio do "povo"	No caso eu que já tenho uma construída, fica complicado fazer outra. Díficio também é achar uma forma de educar a comunidade	As pessoas aceitem.	Se gente tivesse o apoio das pessoas que já tem a prática, fazer uns multirao ou curso de conseguir pra fazer aqui nas casas que ficam na beirada do rio pelo menos.	A conscientização do povo. O povo acreditar que esse tipo de fossa dá certo mesmo. E eu particularmente pretendo fazer a minha pois precisarei fazer outra.	Todo mundo se juntar e fazer algo por que as pessoas nao associam que o esgoto influencia no rio.	Prefeitura fazer uma estação de tratamento pra tratar todos os esgoto ou então cada um fazer sua fossa, que eu não sei o que é mais difícil	Convencer a população a fazer tanto por ser coisa nova tanto também por conta do preconceito de achar que a banana vai estar contaminada com a água das fezes.	O trabalho educativo é o maior desafio. Devia ter ações do poder publico que esclarecesse m os probelmas de saneamento na região.	Conscientizar os moradores sobre a importância de investir em saneamento e conseguir apoio técnico e financeiro para implementar soluções como a fossa de bananeira.
	5.1 Em sua visão, quais ações poderiam ser realizadas para melhorar a saúde pública e a qualidade de vida da comunidade em relação ao saneamento	Alguma coisa que fizesse as pessoas conhecerem essa "novo tipo de fossa"	-	Ou passar uma rede de esgoto ou todo mundo fazer essa fossa mas aí é difícil e mais demorado né.	Ações de educação sobre saneamento aqui na comunidade e	Fazer essas fossas aqui na comunidade, pelo menos nas casas que ficam mais à beira do rio.	Se tivesse um investimento de algum órgão pra fazer essas fossas aqui na beira do rio, seria bom demais.	Poder público fazer algumas ações	Algumas ações de consciencização pela prefeitura ou pela propria ong. Ou algum investimento pra fazer essas fossas aqui nas casas perto do rio.	O poder pública deve se conscientizar da necessidade da manutenção da saúde pública. Então vejo a necessidade de campanhas de conscientização e oficinas	Promover campanhas de conscientização, realizar mutirões para construção de fossas e buscar apoio do poder público ou ONGs para financiar as melhorias.

	básico?									nas comunidades sobre problemas e soluções de saneamento.	
	5.2 Existe interesse por parte da comunidade em participar de iniciativas que tragam alternativas de saneamento ecológico? Você acredita que a comunidade estaria disposta a colaborar?	Se tiver um de exemplo verem que fazer bem pra um, podem sim se interessar.	Creio que sim. Eles sabendo de todas essas informações que você me passou, acho que teria interesse sim. Ainda mais os que moram mais próximos ao leito do rio.	Algumas pessoas tem interesse sim e estariam disposta a colaborar.	Alguns sim, outros não.	Em partes sim.	Algumas pessoas tem essa consciência.	Alguns tem interesse sim.	Nem todos. Alguns que já te consciência.	Acho a comunidade bem receptiva sim em relação a isso. Sim.	Sim, vejo interesse, principalmente e entre as famílias que dependem diretamente do rio para subsistência.

APENDICE G - O projeto técnico executivo do TEvap padrão para a comunidade Mojó





Proprietário:
ONG Arte Mojó

Endereço:
Avenida Principal, S/N, Mojó, S/N, Paço
do Lumiar (MA) - 65130-000

Tanque de Evapotranspiração (Planta Baixa e Corte)		
Nº do Proj.:	1012	A120 (1)
Data	11/2024	
Desenho:	Engº Giovane Oliveira	
Escala:		1 : 25