

RAB-A – REATOR ANAERÓBIO BIODIGESTOR ARTESANAL – COMO SOLUÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA REGIÕES ISOLADAS E COM TERRENOS ÍNGREMES: DIAGNÓSTICO E IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DESCENTRALIZADO NA VILA DE EUFRASINA, PARANAGUÁ-PR

Data de aceite: 27/10/2023

Jefferson Eckelberg

Mestre em Ciência, Tecnologia e
Sociedade pelo Instituto Federal do
Paraná (PPGCTS/IFPR)

Everaldo dos Santos

Doutor em Engenharia Florestal e docente
do Instituto Federal do Paraná (IFPR)

Fernando Augusto Silveira Armani

Doutor em Métodos Numéricos em
Engenharia e docente da Universidade
Federal do Paraná (UFPR)

Jaqueline Dittrich

Mestre em Ciências Ambientais - Portos
do Paraná

Tiago Vernize Mafra

Doutor em meio Ambiente e
Desenvolvimento - Cia Ambiental

Pedro Pisacco Pereira Cordeiro

Engenheiro Florestal - Portos do Paraná

uma Tecnologia Social de saneamento básico chamado Biodigestor construído Artesanalmente (RAB-A). Os resultados mostraram que 94% das estruturas edificadas submetem os efluentes domésticos a sistemas ineficazes de tratamento, liberam os efluentes diretamente no solo adjacente ou diretamente na baía de Paranaguá. A presente situação é atribuída à inviabilidade de implementar soluções convencionais de saneamento básico, uma vez que as circunstâncias econômicas da comunidade, a topografia acentuadamente íngreme da localidade, a característica do solo e o acesso exclusivamente marítimo à Vila convergem para tal obstáculo. Ao apresentar esta configuração, emergiu a alternativa de apresentar um sistema de tratamento de efluentes domésticos de natureza individual, com tendência a Tecnologia Social. O principal foco do sistema alternativo é incentivar a replicação do mesmo, visando assim resolver a falta de infraestrutura de saneamento básico na comunidade. A referida tecnologia, batizada de Reator Anaeróbio Biodigestor Artesanal (RAB-A), foi concebida através de uma colaboração com a comunidade, alicerçada na incorporação dos saberes locais. A materialização deste sistema foi realizada

RESUMO: O presente artigo teve como objetivo analisar as condições sanitárias da Vila de EufRASINA em relação ao tratamento e destinação do esgoto produzido nas edificações desta comunidade, e apresentar um modelo de projeto de construção de

mediante um empenho comunitário, com a sua implantação nas instalações da Associação dos Moradores da Vila por meio de mutirão.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Esgoto Doméstico. Tecnologia Social. Reator Anaeróbio Biodigestor Artesanal.

ABSTRACT: The aim of this article was to analyse the sanitation conditions in Vila de Eufrasina in relation to the treatment and disposal of sewage produced in the community's buildings, and to present a model project for the construction of a basic sanitation social technology called a hand-built biodigester (RAB-A). The results showed that 94 per cent of the built structures subject domestic effluent to ineffective treatment systems, releasing the effluent directly into the surrounding soil or directly into Paranaguá Bay. This situation is attributed to the unfeasibility of implementing conventional basic sanitation solutions, since the economic circumstances of the community, the steep topography of the locality, the characteristics of the soil and the exclusively maritime access to the village all converge to create this obstacle. Given this configuration, the alternative of presenting an individual domestic effluent treatment system emerged, with a tendency towards Social Technology. The main focus of the alternative system is to encourage its replication, with the aim of resolving the lack of basic sanitation infrastructure in the community. This technology, called the Artisanal Anaerobic Biodigester Reactor (RAB-A), was conceived through collaboration with the community, based on the incorporation of local knowledge. The materialisation of this system was achieved through a community effort, with its implementation on the premises of the Village Residents' Association through a joint effort.

KEYWORDS: Domestic Sewage Treatment. Social Technology. Anaerobic Biodigester Reactor.

1 | INTRODUÇÃO

O paradigma técnico tradicional do saneamento básico concentrou-se em sistemas urbanos que usam uma ampla rede de coleta para transportar águas residuárias até grandes estações de tratamento de efluentes, com capacidade suficiente para acomodar um número crescente de usuários e oferecer lucros operacionais (SANTOS et al., 2015). Já em regiões periféricas e em comunidades isoladas, a baixa densidade populacional, a distância entre as casas e, por vezes, a topografia local, tornam os custos de instalação e operação de sistemas de esgotamento sanitário inviáveis, o que dificulta a prestação desse serviço por empresas Tonetti et al., (2018); Salazar, (2010). Portanto, em localidades desassistidas por sistemas de esgotamento sanitário, o esgoto é geralmente tratado por soluções individuais, ou não tratado e lançado diretamente no meio.

Em 2013, no Brasil, havia cerca de 18,3% de esgoto coletado e não tratado e 26,33% de esgoto não coletado e não tratado, conforme o Atlas do Esgoto de 2017 da Agência Nacional de Águas (ANA, 2017). O lançamento de esgoto *in natura* pode levar à poluição dos recursos hídricos, acarretando em problemas de saúde tanto para animais como para seres humanos que dependem da água dessas fontes. Além disso, a presença

de esgoto no meio ambiente pode aumentar os custos do tratamento de água em estações centralizadas de abastecimento público (FRANCISCO; POHLMANN; FERREIRA, 2011).

Assim surge a necessidade de se buscar soluções que atendam as comunidades sem acesso a sistemas coletivos do saneamento básico, e é nesse contexto que as Tecnologias Sociais (TS) podem ser uma alternativa viável, fornecendo soluções satisfatórias para esse problema ambiental e social. As Tecnologias Sociais são produtos, técnicas e/ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representam efetivas soluções de transformação social (SCHWAB e FREITAS, 2016).

O caderno de debate do Instituto de Tecnologia Social (ITS, 2004) ressalta que a reflexão e a construção do conceito de Tecnologias Sociais devem ser capazes de aprimorar práticas sociais e contribuir para a criação de novos significados na produção de conhecimento, aproximando problemas sociais de soluções e ampliando os limites da cidadania. Dagnino e Faria (2009) destacam que as Tecnologias Sociais podem ser vistas como alternativas viáveis para atender necessidades sociais específicas e também para promover pesquisas que se concentrem nas realidades locais, regionais e nacionais. Em uma publicação mais recente, Dagnino (2014) enumera algumas características que identificam como é ou deveria ser uma TS: adaptada ao pequeno tamanho; libertadora do potencial físico, financeiro e criativo do produtor direto; não discriminatória; economicamente viável; autogestionada; orientada para o mercado interno; e deve ser uma alternativa econômica sustentável em relação ao grande capital.

A respeito do saneamento básico, uma forma de reduzir os problemas de acesso ao tratamento de esgoto residencial está na descentralização (WSP, 2004). Atualmente há diversos métodos para o tratamento descentralizado do esgoto residencial, muitos deles baseados em processos naturais. Ao estabelecer o método de tratamento a ser utilizado, é indispensável considerar aspectos como impactos ambientais, eficiência, área de implantação, confiabilidade e custos de implantação e operação (VON SPERLING, 2014).

Dentre os sistemas de tratamento de efluentes descentralizados mais difundidos estão as fossas rudimentares, as fossas sépticas, as Bacias de Evapotranspiração (BET), e o Reator Anaeróbio Biodigestor (RAB), todos sistemas baseados em processos naturais de decomposição anaeróbia da matéria orgânica advinda do esgoto doméstico. Dependendo da tecnologia adotada e da sua operação, o tratamento pode ser capaz de reduzir significativamente o número de patógenos presentes nos resíduos e de controlar e estabilizar vários parâmetros como Demanda Bioquímica de Oxigênio, pH, Nitritos, Nitratos, Amônia e Fosfatos. Para evitar a poluição ambiental, é necessário que o descarte do efluente no corpo receptor esteja em conformidade com os padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 430 de 2011. Embora os diferentes sistemas anaeróbios de tratamento de esgoto sejam baseados no mesmo processo, cada um possui suas particularidades de funcionamento e implantação, necessitando observar as condições do meio como relevo, clima, tipo do solo, vegetação ao redor, volume de efluentes, disponibilidade de materiais

para construção, possibilidades de adaptação, entre outros. Rietow et al (2023).

Uma solução individual para o tratamento de esgoto que vem ganhando certo destaque no Brasil, conforme Rietow et al. (2023) e Araújo et. al. (2000), é o Reator Anaeróbio Biodigestor. Segundo Chernicharo et al. (1999), o RAB demonstra ser um sistema compacto que requer um espaço mínimo para implantação. Além disso, apresenta baixa produção de lodo e demonstra eficácia na redução de parâmetros como DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio), podendo alcançar taxas de 65% a 75%. Essas particularidades tornam o RAB altamente promissor como uma Tecnologia Social para o saneamento básico.

A partir desta prévia e, diante da necessidade de solucionar a falta de tratamento de esgoto na Vila de Eufрасina, desenvolveu-se com a comunidade da Vila um RAB de baixo custo, e implantou-se o mesmo na Associação de Moradores de Eufрасina pelo método de mutirão de trabalho no modelo descrito por Nabarrete Bastos (2014).

O objetivo foi analisar as condições sanitárias da Vila de Eufрасina em relação ao tratamento e destinação do esgoto produzido nas edificações desta comunidade, e apresentar um modelo de projeto de construção de uma Tecnologia Social de saneamento básico chamado Biodigestor construído Artesanalmente (RAB-A).

2 | METODOLOGIA

Localização da área

A comunidade situada na Vila de Eufрасina está situada no município de Paranaguá, no Estado do Paraná, há aproximadamente 12,6 km do centro da cidade, Paraná, (2017). As coordenadas geográficas do entorno são 25°27'42"S de latitude e 48°34'30"W de longitude. O mapa apresentado na Figura 1 indica a posição das construções na Vila, bem como a localização da vila em relação à zona urbana de Paranaguá. O único acesso à vila é por meio marítimo. A Figura 1, também mostra uma concentração de edificações próximos às margens do continente, devido ao terreno bastante acidentado da região. De maneira geral, a altitude das construções aumenta à medida que se afastam da margem da baía de Paranaguá.

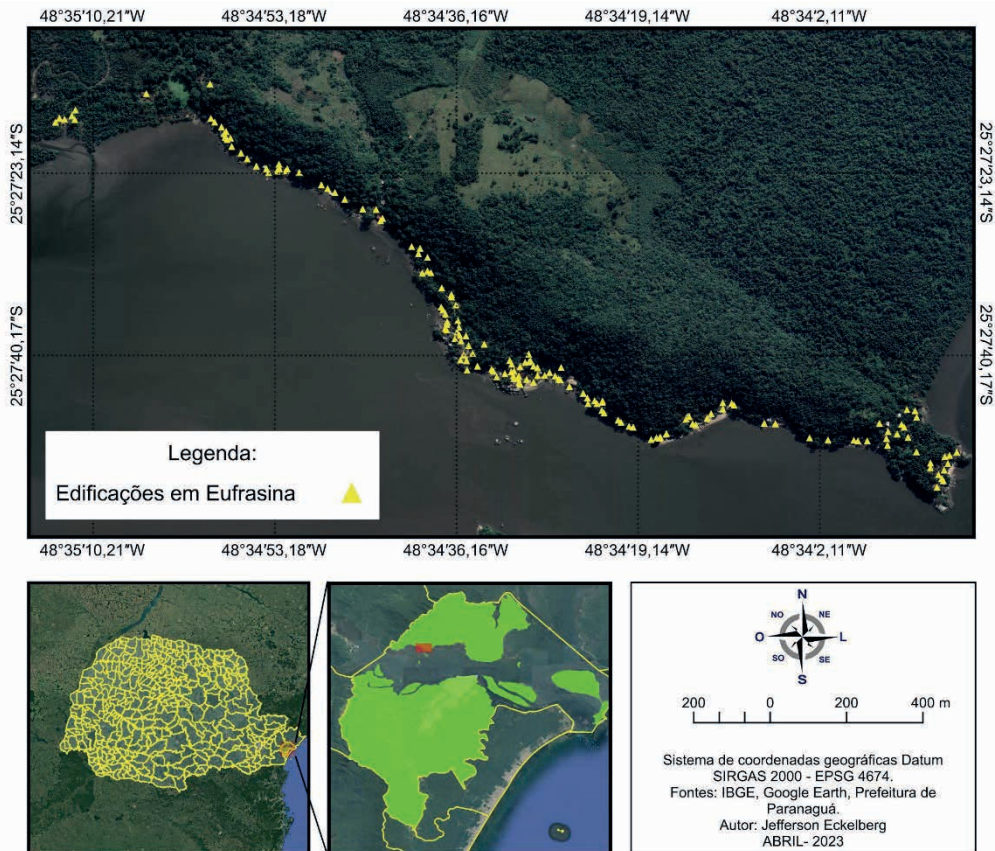


FIGURA 1 – Mapa das edificações da Vila de Eufrasina

Fonte: IBGE, Prefeitura de Paranaguá, autores, 2023.

Diagnóstico da Vila de Eufrasina

Os dados de campo, socioeconômico e socioambiental, para diagnóstico da situação sanitária da comunidade da Vila de Eufrasina foi obtido a partir do trabalho de levantamento de campo realizado pela Prefeitura Municipal de Paranaguá em atendimento a uma demanda do Ministério Público Federal em abril de 2023. Três grupos foram formados, compostos por um integrante da comunidade, um agente da prefeitura e um dos autores desta pesquisa. Foram feitas inspeções nas edificações da Vila e questionamentos aos responsáveis pelas mesmas com o objetivo de se responder às seguintes perguntas: 1) Quantidade de pessoas no imóvel; 2) Existe um sistema de tratamento de esgoto na edificação? 3) Existe caixa de gordura? 4) Existe espaço para instalar um sistema compacto de tratamento de esgoto? Esta última pergunta se deu para avaliação técnica da possível implantação de um Reator Anaeróbico Biodigestor. Nas construções desocupadas, onde não havia moradores para responder foi realizada apenas a inspeção visual.

Apresentação do Sistema Reator Anaeróbio Biodigestor Artesanal (RAB)

A partir do projeto de um sistema de tratamento de esgoto alternativo, chamado de Reator Anaeróbio Biodigestor (RAB), com potencial para se tornar uma tecnologia social, capaz de mitigar a falta de sistemas públicos de tratamento de esgoto na comunidade.

Os requisitos para implantação do sistema foram repassados a comunidade e devem considerar, a distância das residências aos corpos hídricos, as particularidades topográficas e edáficas da Vila. Com isso foi proposto a implantação de um sistema piloto do projeto no formato de mutirão com a comunidade.

O RAB é baseado no sistema de tratamento mais amplamente utilizado, que consiste em uma fossa séptica associada a um filtro anaeróbio (BRASIL, 2001). Nesta configuração, há relatos na literatura de sistemas atingindo a eficiência de 40 a 60% na remoção de patógenos Azevedo e Netto (1977).

Embora a fossa séptica tradicional indicada pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) faça o tratamento tanto das águas cinzas quanto das águas escuras, para reduzir o volume de efluente tratado. O RAB-A é proposto para tratamento de águas escuras. Assim, o esgoto advindo dos vasos sanitários é canalizado diretamente para o RAB-A, passando por 3 câmaras, onde é tratado por meio da biodigestão anaeróbia (Figura 3).

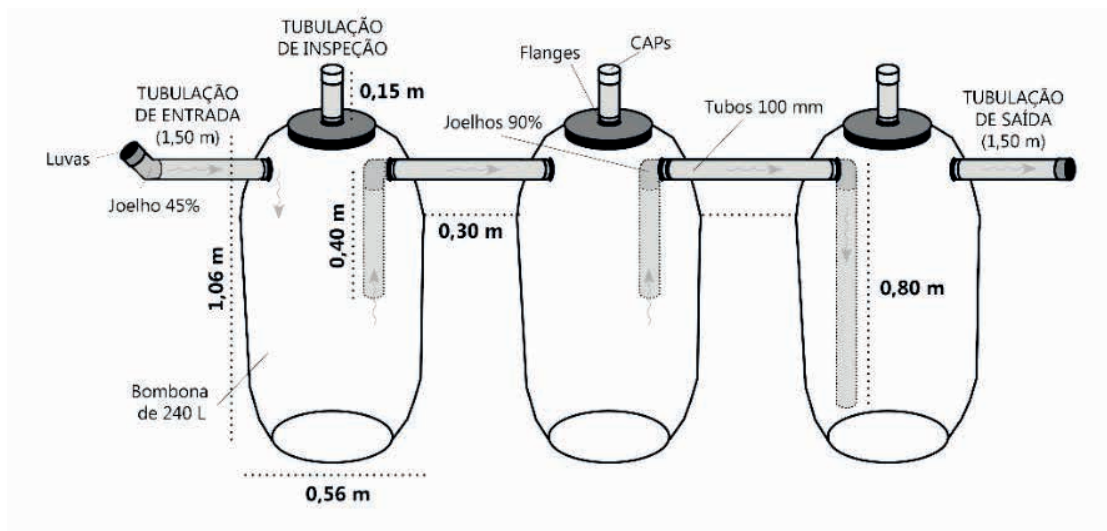


FIGURA 3 – Desenho esquemático do Reator Anaeróbio Biodigestor Artesanal (RAB-A)

Fonte: Adaptado pelos autores, 2023.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diagnóstico Socioeconomico e socioambiental

A vila de Eufрасina é habitada por 169 moradores, distribuídos em 62 residências. Um total de 162 edificações foram avaliadas, incluindo residências, escolas, igrejas e a Associação dos Moradores. Foram identificadas 98 residências que são utilizadas somente durante o veraneio. Na vila há duas escolas do campo, uma municipal e uma estadual. A escola municipal geralmente tem em torno de 10 alunos que frequentam uma turma matutina. Já na escola estadual, no ano de 2023, há duas turmas multisseriadas de ensino médio com 13 estudantes na turma matutina e 16 estudantes na turma vespertina. Também há uma igreja batista, com alojamento para hospedagem, e uma igreja católica. Existem duas mercearias, uma panificadora, duas pousadas e não há bares e nem restaurantes, entretanto, refeições podem ser encomendadas com alguns moradores. A pesca é a atividade econômica predominante na Vila. Das 162 construções, em apenas 77 os responsáveis estavam presentes para fornecer as informações. As informações referentes às outras 85 edificações foram adquiridas por meio do conhecimento do integrante da comunidade que acompanhou o trabalho, bem como pelo conhecimento técnico dos entrevistadores com a observação visual e apoio de vizinhos.

Os resultados da pesquisa de campo evidenciaram a necessidade de apoiar a comunidade com soluções para sua situação sanitária. Isso envolve a promoção e disseminação de ações e tecnologias sociais, neste caso a implantação do a conscientização e incentivar os moradores a adotarem sistemas de tratamento de esgoto para colaborar no turismo sustentável caiçara, Paraná (2017).

A Vila de Eufрасina foi estabelecida sem levar em conta as necessidades de saneamento básico e, ao longo do tempo, foi gradualmente ocupada sem a devida atenção a esse aspecto, resultando em problemas ambientais e de saúde para os moradores locais. Um diagnóstico prévio apontou um grande número de residências sem nenhum tipo de tratamento de efluentes domésticos, com lançamento do esgoto diretamente nas águas da Baía de Paranaguá, onde a própria comunidade faz o uso destas águas para a pesca e recreação, Paraná (2017).

A Figura 2 apresenta a atual situação referente ao tratamento de esgoto nas edificações existentes na comunidade.

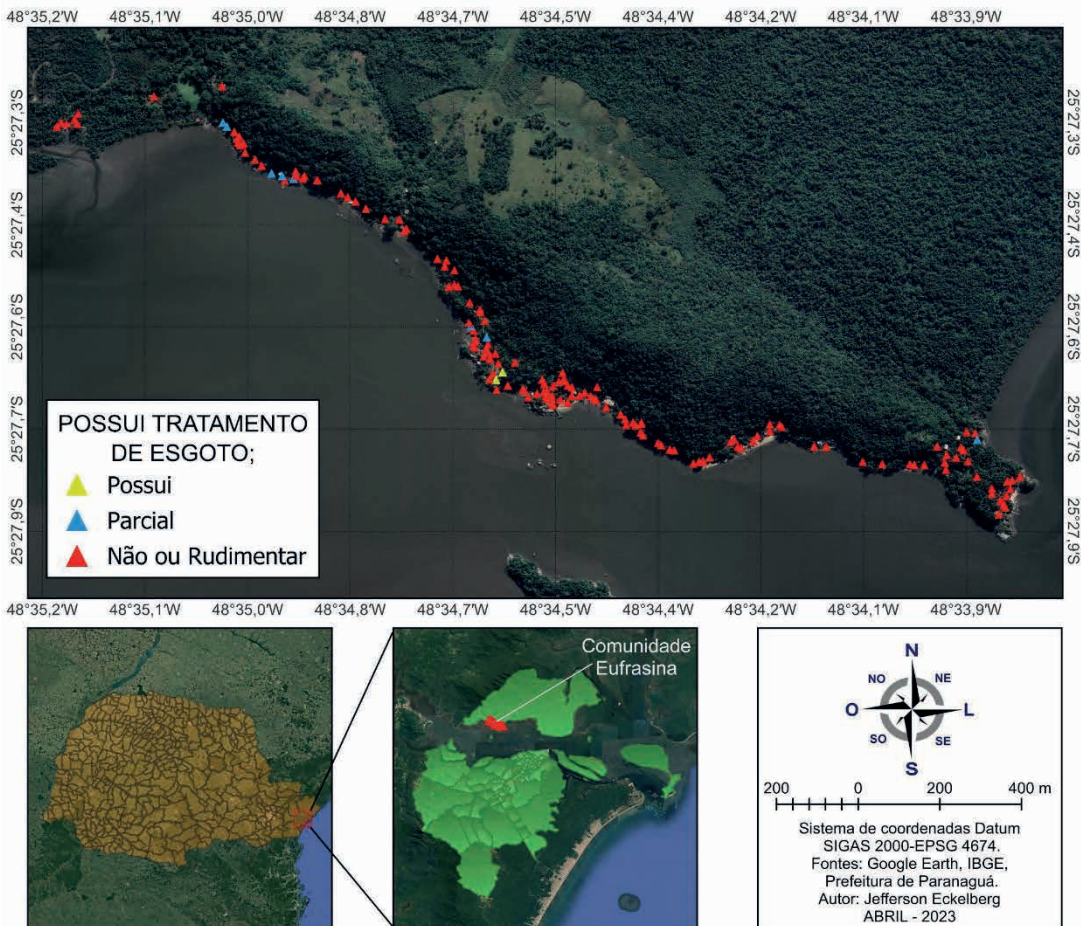


FIGURA 2 – Situação do tratamento de esgoto nas edificações da comunidade.

Fonte: IBGE, Prefeitura de Paranaguá, autores, 2023.

A pesquisa de campo realizada sobre o sistema de tratamento de esgoto nessa comunidade costeira revelou que edificações analisadas, apenas duas possuíam um sistema de tratamento considerado adequado. Sete edificações foram identificadas como possuindo um sistema parcial de tratamento, indicando a necessidade de complementação, e a maioria dos edificações avaliadas, totalizando 153 (94,44%), apresentou ausência de sistema tratamento de esgoto, com presença de fossa subdimensionada, ou com despejo do esgoto diretamente no ambiente. Além disso, 88,9% não possui caixa de gordura, o que intensifica o problema.

Sistemas com fossas simples, poderiam ser consideradas adequadas, desde que os mesmos estivessem implantados em locais de baixa densidade populacional, distantes de corpos hídricos, com tampas vedadas e resistentes Tonetti et al., (2018). O despejo de esgoto in natura no meio ambiente vem acarretando alguns impactos ambientais negativos

relatados pelos próprios moradores, como mau cheiro, doenças gástricas e de pele. O tratamento do efluente doméstico evita a proliferação de doenças advindas do contato com patógenos Leonel et al., (2013). Condições não adequadas de saneamento, além de prejudicar a saúde e o ambiente, também contribuem para o aprofundamento das desigualdades sociais, como renda, educação, entre outros Marinho et al., (2021); Lins, (2019); Oliveira, (2014).

Os possíveis motivos para um número tão elevado de edificações sem um método de tratamento de esgoto são:

1 - O terreno da maioria das edificações em região de encosta, íngreme, onde o solo é pouco permeável, e com muitas rochas. Essas características dificultam a escavação para implantação de sistemas convencionais, como tanques sépticos. Outro fator a ser considerado é o acesso às casas, que é feito por meio de trilhas, o que tende a dificultar a logística até o local de implantação.

2 - Uma parcela significativa da comunidade é composta por pescadores de baixa renda (APPA, 2017). Assim, a adoção de soluções convencionais, como tanques sépticos, muitas vezes se torna inviável devido ao alto custo dos materiais de alvenaria e à dificuldade de transportar materiais de construção em pequenas embarcações.

3 – Falta de investimento público para atendimento das comunidades remotas do litoral do Paraná.

A implantação de um sistema de tratamento de esgoto descentralizado do tipo Biodigestor, disponível para compra no comércio de materiais de construção civil, pode ser um desafio devido ao seu tamanho, pois haveria dificuldade no transporte e na escavação profunda por causa das rochas e do solo argiloso. Além disso, a concentração de peso em um terreno com declividade elevada aumenta o risco de deslizamento de terra, principalmente em períodos chuvosos Silva e Ferreira, (2022). Além disso, O tempo de detenção hidráulica é um parâmetro importante para o tratamento de efluentes (média do tempo que a água permanece dentro do reator). Em geral, o tempo de detenção hidráulica para o tratamento de efluentes costuma ser definido de forma a garantir que haja tempo suficiente para a degradação dos componentes do efluente, sendo recomendado para sistemas convencionais de tratamento de esgotos um tempo de detenção hidráulica de 24h ou mais. Porém, é importante destacar que o tempo ideal pode variar bastante dependendo das características específicas de cada efluente e do sistema de tratamento utilizado, sendo necessário avaliar cada caso individualmente NBR 7.229, (1989).

Com base neste diagnóstico e nos aspectos descritos, buscou-se estudar um método de tratamento que atenda às necessidades locais e demandas existentes, surgindo a proposta de apresentar à comunidade um Reator Anaeróbio Biodigestor construído Artesanalmente (RAB-A), como possível solução para mitigar a falta de tratamento nas diversas edificações da região.

Implantação do modelo Reator Anaeróbio Biodigestor construído artesanalmente (RAB-A)

Após diagnóstico da comunidade Vila de Eufрасina definiu-se o local para instalação do modelo piloto implantado. A edificação escolhida foi a Associação dos Moradores da Vila de Eufрасina. O modelo foi implantado seguindo a metodologia do Reator Anaeróbio Biodigestor construído artesanalmente (RAB-A). A implantação do RAB-A na Associação dos Moradores da Vila de Eufрасina despertou nos moradores o interesse em solucionar a falta de saneamento da comunidade, principalmente porque o RAB-A é uma solução de baixo custo e de fácil implantação.

No modelo piloto implantado na Associação dos Moradores da Vila de Eufрасina, o tubo de saída do RAB-A foi direcionado a uma vala de infiltração, conforme as empresas dos Biodigestores comercializados recomendam. Além da vala de infiltração, há diversas alternativas para o efluente do biodigestor, a depender, principalmente, da distância dos locais de implantação das mesmas de corpos hídricos e da capacidade de infiltração do solo desses locais, tais como: sumidouro, círculo de bananeiras Silva, (2017); Figueiredo et al. (2018), Sistemas Alagados Construídos Brasil, (2005); Freitas et al., (2017). A primeira e a segunda câmaras desempenham a função de sedimentação e biodigestão anaeróbia, enquanto a terceira câmara tem o objetivo de intensificar a biodigestão. Para isso, a terceira câmara é preenchida com materiais, tais como tocos de bambu ou cascas de coco, que atuam como suporte para os microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica. Essa configuração aumenta o contato do efluente com esses microrganismos, resultando em uma maior eficiência na remoção de matéria orgânica. As três bombonas utilizadas somaram 750 litros e, seguindo uma estimativa de produção de efluentes de 100 litros por pessoa, considerando uma residência de baixo padrão, o sistema garantiria o tempo de detenção hidráulica de 36 horas para uma família de 5 pessoas, superando em 12h o tempo de detenção hidráulica mínimo recomendado pela ABNT NBR 7.229 de 1993.

Dentre as vantagens do RAB-A na comunidade de Eufрасina estão:

- A distribuição do peso em três pontos diferentes, dividindo a carga no terreno, o que diminui consideravelmente a possibilidade de deslizamento de solo, agravado em períodos de chuva, haja visto que grande parte das edificações ficam nas encostas de morro;
- A vedação hermética das câmaras, impedindo o vazamento no solo ou no mar;
- A possibilidade de construção com materiais acessíveis, de baixo custo e leves, o que facilita o transporte em pequenas embarcações e no terreno íngreme. Além disso, as bombonas são facilmente encontradas, sendo utilizadas em comunidades da região litorânea para armazenamento temporário de pesca, água, gelo e para a construção de pequenos decks flutuantes;
- Trata-se de um sistema individual, descentralizado e auto gerível, o que não acarreta custos permanentes e ou periódicos ao proprietário que cuida do seu

próprio sistema;

- Por se tratar de sistema individual descentralizado, os volumes de esgoto são tratados em pequena escala, o que diminui consideravelmente riscos de acidentes com grandes impactos ao meio ambiente, não há a necessidade de grandes extensões de tubulações e grandes obras, o que seria um grande desafio devido ao terreno rochoso, de encosta e com trilhas sinuosas Thoubanougous e Leverenz, (2013). Todo o processo ocorre naturalmente sem a necessidade do consumo de energia elétrica Silva, (2014). Não há necessidade de esgotamento do lodo com grande frequência, já que o acúmulo de lodo é baixo, o que reduz, além de custos, a necessidade de manutenção constante e, devido ao baixo volume, os próprios moradores podem realizar o esgotamento Novaes et al., (2002). É adaptável e facilmente expansível, podendo ser utilizado outros recipientes como caixas d'água, podendo ampliar sua capacidade apenas multiplicando o número de reservatórios ou ampliando o volume do recipiente Silva et al., (2017). Facilmente replicável em comunidades remotas, podendo ser construído pelo método de mutirão comunitário.

Por se tratar de um processo de tratamento realizado por microrganismos, deve-se evitar a utilização de produtos de limpeza que contenham bactericidas em sua composição, a fim de manter a população de microrganismos decompositores presentes no sistema. Também se deve evitar o descarte de objetos alheios, bem como papel higiênico no vaso, para evitar a sobrecarga, entupimento e acúmulo de material no biodigestor. Com relação à disposição final do efluente, mesmo havendo uma significativa redução de patógenos, ainda assim não se recomenda que esta água tenha contato direto com o ser humano, bem como nas superfícies de frutos e vegetais de consumo Silva et al., (2017); Figueiredo, (2019).

Um diferencial do sistema, que pode ser, algumas vezes, considerado como desvantagem, é que ele não trata todo o esgoto doméstico, somente as águas escuras (água dos vasos sanitários). Restringiu-se o RAB-A ao tratamento de águas escuras para aumentar a eficiência do tratamento através do aumento do tempo de detenção hidráulica e para promover uma maior concentração de microrganismos no sistema. As águas cinzas geralmente contêm produtos de limpeza, que podem interferir na concentração de microrganismos decompositores de matéria orgânica Silva et al., (2017). As águas chamadas cinzas, provenientes de ralos de chuveiro e pias, devem passar por uma caixa de gordura e posteriormente ser direcionadas para um sistema de tratamento Leonel et al., (2013), podendo ser um sistema mais simples, tal como o círculo de bananeiras. O efluente do esgoto tratado é rico em nitrogênio, matéria orgânica dissolvida, e nutrientes como potássio, fósforo, cálcio, magnésio, entre outros, podendo ser utilizado como um biofertilizante Otenio et al., (2014). No entanto, as normas para reuso das águas na irrigação ainda são incipientes no Brasil e, no geral, tem-se como referência normas europeias estipuladas pela WHO e USEPA Bastos e Bevilacqua, (2006).

Possivelmente, após uma implantação do modelo piloto deverá ser divulgado de

forma ampla que poderá promover melhoria na qualidade do entorno Figueiredo, (2019).

O RAB-A foi projetado e planejado para atender à emergente necessidade de um tratamento de esgoto mais eficiente, capaz de mitigar os impactos decorrentes do despejo irregular que se verificou na comunidade de Eufрасina, de forma a ser acessível financeiramente às famílias de baixa renda e de fácil implantação. Relatos dos moradores participantes mostraram que o sistema foi bem aceito pela comunidade quando apresentado o projeto, entretanto, foi salientado que, mesmo o sistema sendo melhor e mais eficiente do que os encontrados nas residências da Vila, ainda assim ele necessita de um sistema complementar, que deve ser avaliado de acordo com as características do local de implantação. Também se ressalta a necessidade de mudança de hábitos por parte dos usuários do sistema, tanto no seu uso em si como na limpeza do vaso sanitário Silva et al, (2017).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um diagnóstico sobre as condições sanitárias foi realizado na Vila de Eufрасina do município de Paranaguá, onde foi possível constatar a preocupante realidade da falta de saneamento básico na Vila. Constatou-se que 94,44% das edificações lançavam o esgoto bruto diretamente no meio ambiente, geralmente na baía de Paranaguá. Para agravar esta situação, em 88,9% das edificações não havia caixa de gordura.

As características do local, com solo íngreme e argiloso, bem como as condições socioeconômicas da maior parte da comunidade, tornam-se desafios para implantação de sistemas convencionais de tratamento de esgoto nas edificações da Vila, pois são onerosos e demandam áreas de implantação maiores. Considerando esses aspectos, foi apresentado um modelo de Biodigestor Artesanal denominado RAB-A, a fim de se tornar uma Tecnologia Social para a comunidade. O RAB-A é de baixo custo e atende às peculiaridades do terreno e do solo da região.

Um modelo piloto foi implantado pelo método de mutirão na Associação dos Moradores da Vila de Eufрасina em escala teste. Com isso, despertou-se interesse dos moradores em replicar essa solução, a fim de solucionar a falta de saneamento básico da vila.

O RAB-A pode ser um modelo de projeto para o tratamento de esgoto residencial em comunidades sem atendimento, mostrando potencial de tecnologia social. Essa solução tem eficiência similar aos Biodigestores comercializados, e, portanto, o tratamento deve ser complementado com outras soluções, a fim de se atingir uma eficiência de tratamento que atenda aos padrões de lançamento de efluentes no meio.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o financiamento da pesquisa por meio do Programa Institucional

de Apoio à Pesquisa - PIAP/IFPR edital nº 06/2022 - DIPE/PROEPPI. Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA). E ao Programa de Pós Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade (PPGCTS) do IFPR.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. **Atlas esgotos:** despoluição de bacias hidrográficas / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2017.

APPA - Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina. RIMA - **Diagnóstico Ambiental e do Meio Socioeconômico**. Paranaguá, 2017.

ARAÚJO, G.C.; CHERNICHARO, C.A.; SPERLING, M. Von. **Análise da remoção de matéria orgânica e sólidos ao longo de um sistema de aplicação de esgotos no solo tratando efluentes de reatores UASB**. In: SILUBESA-SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9, 2000, Porto Seguro. Anais... Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, p.1.098-106. 2000.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 7229**. Projeto, construção e operação de sistema de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

AZEVEDO NETTO, J. M. et al. **Sistema de esgotos sanitários**. 2 ed. São Paulo: CETESB, 1977.

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D. **Normas e critérios de qualidade para reúso da água**. In: Florêncio, L; Bastos, R. K. X.; Aisse, M. M. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

BRASIL. EMBRAPA. **Fossa Séptica Biodigestora**. São Carlos, 2001.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes**, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de maio de 2005, publicada no DOU de 16/05/2011.

CHERNICHARO, C.A.L.; HAANDEL, A. Van; AISSE, M.M.; CAVALCANTI, P.F.F. **Reatores anaeróbios de manta de lodo**, In: CAMPOS, J.R. (Coord.) **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES/ PROSAB, p.155-98, 1999.

DAGNINO, Renato et al. **Tecnologia social:** ferramenta para construir outra sociedade. Campinas: Unicamp, 2009.

DAGNINO, Renato. **Tecnologia Social:** contribuições conceituais e metodológicas. Eduepb, 2014.

FIGUEIREDO, I. C. S.; Santos, B. S. C.; Tonetti, A. L. **Tratamento de esgoto na zona rural: fossa verde e círculo de bananeiras**. Campinas: Biblioteca Unicamp. p. 28. 2018.

FIGUEIREDO, Isabel C. S. **Tratamento de esgoto na zona rural:** diagnóstico participativo e aplicação de tecnologias alternativas. Doutora—Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2019.

FRANCISCO, Amanda Alcaide; POHLMANN, Paulo Henrique Mazieiro; FERREIRA, Marco Antônio. **Tratamento convencional de águas para abastecimento humano: uma abordagem teórica dos processos envolvidos e dos indicadores de referência.** Eng. Ambient. Londrina, n. 1, p. 1-9, 2011.

FREITAS, Monique Nunes de et al. **Avaliação da hidrodinâmica e do desempenho de um wetland construído horizontal componente de um sistema híbrido empregado no tratamento de esgoto sanitário.** 2017.

GARCIA FREITAS, Carlos César; KÜHL, Marcos Roberto; SEGATTO, Andrea Paula. **Tecnologia social e a sustentabilidade.** Evidências da relação Interciência. Asociación Interciência Caracas, Venezuela, vol. 38, n. 3, pp. 229-236, mar, 2013.

LEONEL, L.F.; MARTELLI, L.F.A.; DA SILVA, W.T.L. **Avaliação do efluente de fossa séptica biodigestora e jardim filtrante.** In: III Symposium on Agricultural and Agroindustrial Waste Management. São Pedro, São Paulo, 2013.

LINS, J. C. de B. **Relação entre saneamento básico e indicadores de saúde:** panorama Brasil, Nordeste e Pernambuco. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Economia, Recife, BR-PE, 55 f. 2019.

MARINHO GL, RAUPP L, LUCENA JRM, TAVARES FG. **Saneamento básico em domicílios indígenas de áreas urbanas da Amazônia Legal, Brasil.** Cad Saúde Colet, 2021; 29 (esp.): 177-186. <<https://doi.org/10.1590/1414-462X202199010455>>.

NABARRETE BASTOS, Pablo., (2014), **Mutirão da Vila Comunitária:** Memória Social, Comunicação e Trabalho. Razón y Palabra, Vol., núm. 86, pp. ISSN: Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199530728012>>.

NOVAES, A. P.; Simões, M. L.; Marantin-Neto, L.; Cruvinel, P. E.; Santana, A.; Novotny, E. H.; S Santiago, G.; Nogueira, A. R. A. 2002. Comunicado Técnico 46: **Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica.** São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária. 5 p.

OLIVEIRA, D. M. de. **Saneamento Básico e Desenvolvimento Humano: um Estudo de Caso no Município de Imperatriz/MA a Partir da Abordagem das Capacitações.** Dissertação (Mestrado) - Centro Universitário UNIVATES. 2014.

OTENIO, Marcelo Henrique ... [et al.]. **Como montar e usar a fossa séptica modelo Embrapa:** cartilhas adaptadas ao letramento do produtor. - Brasília, DF: Embrapa, 2014. 44 p.: il. col.; 23 cm x 21 cm. Disponível em: Portal Embrapa.

PARANÁ. **O retrato das comunidades da baía de Paranaguá.** APPA. 2017.

RIETOW, J.C.; AISSE, M.M.; BARÉA, L.C.; ANDREOLI, C.V.; POSSETTI, G.R.C. **Consolidação da tecnologia de reatores UASB no estado do Paraná para o tratamento de esgotos sanitários.** Eng Sanit Ambient [Internet]. 2023;28:e20220298. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220220298>

SALAZAR, Bruno Lopes. **Desenvolvimento de funções de custos de implantação de sistemas de esgotamento sanitário**. 2010. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente da Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9ASKJC>>

SANTOS, Rubens Francisco; IRAZUSTRÁ, Sílvia Pierre; TEIXEIRA, Elisabeth Pelosi; DEGASPERI, Francisco Tadeu. **Abordagem Descentralizada Para Concepção de Sistemas de Tratamento de Esgoto Doméstico**. RETC - Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura. Edição 16ª, abril de 2015.

SCHWAB, Diego; GARCIA FREITAS, Carlos Cesar. **Tecnologia social: implicações e desafios da implantação**. Revista Tecnologia e Sociedade, vol. 12, núm. 26, septiembre-diciembre, 2016, pp. 42-60 Universidade Tecnológica Federal do Paraná Curitiba, Brasil.

SILVA, L. F. ; FERREIRA, S. R. M. **Solos colapsíveis, dispersivos e erodíveis em encostas da Região Metropolitana de Recife/PE: da ocorrência a problemas associados**. COBRANSEG, 2022. ISBN: 978-65-89463-30-6 Disponível em: <https://doi.org/10.4322/cobramseg.2022.0973>

SILVA, W. T. L.; MARMO, C. R.; LEONEL, L. F. Documentos 65. **Memorial descritivo: montagem e operação da fossa séptica biodigestora**. Embrapa Instrumentação. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2017. 27 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1081476/memorialdescritivo-montagem-e-operacao-da-fossasepticabiodigestora.>>

SILVA, W. T. L. da. **Sistemas biológicos simplificados aplicados ao saneamento básico rural**. Separata de: NAIME, J. de M.; MATTOSO, L. H. C.; SILVA, W. T. L. da; CRUVINEL, P. E.; MARTIN-NETO, L.; CRESTANA, S. (Ed.). Conceitos e aplicações da instrumentação para o avanço da agricultura. Brasília/DF. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1031073/sistemasbiologicos-simplificados-aplicados-ao-saneamento-basico-rural.>>

TEIXEIRA, José. B. **Saneamento rural no Brasil: perspectivas**. Panorama do saneamento básico no Brasil. Brasília: Ministério das Cidades, 2010.

TONETTI, A. L. et al. 2018. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Campinas, SP. Biblioteca/Unicamp. 153 p.

THOUBANOUGLOUS, G.; LEVERENZ, H. 2013. Chapter 8. **The rationale for decentralization of wastewater infrastructure**. In: Larsen, T. A.; Udert, K. M.; Lienert, J. "Source Separation and decentralization for wastewater management". IWA Publishing.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgoto: Princípio do tratamento biológico de águas residuárias**. 4a ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 2014.

WSP- WATER AND SANITATION PROGRAM. World Bank. Report 2002-2003, 55 p. Índia, 2004.