



## XII-740 IMPLANTAÇÃO E MONITORAMENTO DE UMA SOLUÇÃO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM CONTEXTO RURAL E SEUS IMPACTOS DE CURTO PRAZO

**Ramon Matheus Guimarães Batista** <sup>(1)</sup>

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

**Sonalay Rezende** <sup>(2)</sup>

Professora do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (DESA/UFMG). Engenheira Civil, com ênfase em saneamento, pela UFMG. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Doutora pelo Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar/UFMG). Pós-doutorado pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Z, 63 – Nossa Senhora da Conceição - Sabará - MG - CEP: 34505-710 - Brasil - Tel: (31) 99949-8842 - e-mail: [ramonmgbatista@gmail.com](mailto:ramonmgbatista@gmail.com).

### RESUMO

Ainda que a Organização das Nações Unidas (ONU) reconheça o acesso à água potável e ao esgotamento sanitário como direitos humanos (Resolução nº 64 A/RES/64/292, 2010), observa-se uma carência na oferta destes serviços no Brasil. Para as populações rurais, por exemplo, estima-se que apenas 20,6% tenham atendimento adequado por serviços de esgotamento sanitário e, 40,5%, atendimento adequado por serviços de abastecimento de água (BRASIL, 2019).

O presente estudo busca implementar uma solução técnica para o tratamento de esgoto em uma propriedade em contexto rural. Por meio da utilização de técnicas que estimulam a participação e com base nos fundamentos da sociotécnica busca-se colocar os moradores da propriedade como protagonistas de todo o processo, implantando uma solução que atenda tanto aos aspectos técnicos quanto aos desejos dos usuários e sua capacidade de operação da solução técnica instalada. Tal processo resultou na definição pelo uso da Fossa Séptica Biodigestora (FSB), tecnologia também conhecida como Fossa Embrapa, seguida do tratamento complementar utilizando um sistema alagado construído, também chamado de wetland construído. O acompanhamento e avaliação da solução são parte do estudo, para, através de parâmetros técnicos e da compreensão dos moradores, chegar a um veredicto sobre sua eficiência.

**PALAVRAS-CHAVE:** saneamento rural; tratamento descentralizado; processos participativos; fossa biodigestora; wetland construído.

### INTRODUÇÃO

O acesso à água potável e ao esgotamento sanitário foram oficialmente reconhecidos como Direitos Humanos pela Organização das Nações Unidas em 2010 (Resolução nº 64 A/RES/64/292, 2010), de modo que universalização destes serviços de forma equitativa tornou-se um dos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) a serem alcançados até 2030. Contudo, em 2017, faltando pouco mais de uma década para prazo limite da meta, apenas 45% da população global utilizava serviços de esgotamento sanitário adequados (WHO, 2019).

No Brasil, a situação de acesso ao esgotamento sanitário não difere muito da observada mundialmente. A luz da definição do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), 55% da população urbana do País seria atendida de maneira adequada (ANA, 2017). Nota-se que os centros urbanos sofrem com um valor inadequado de atendimento da população, porém, ao se avaliar as comunidades rurais, a disparidade torna-se ainda maior. A partir dos dados do Censo Demográfico de 2010, disponibilizados pelo IBGE, o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) estimou que 79,4% da população rural brasileira convive com o atendimento inadequado de esgotamento sanitário, sendo 54,1% com atendimento precário e 25,3% sem qualquer atendimento (BRASIL, 2019).

Em áreas rurais as dificuldades são intensificadas. A distância, a baixa densidade demográfica e questões econômicas e políticas impossibilitam a utilização de alternativas convencionalmente utilizadas nas áreas urbanas (MESQUITA et al., 2021). Desta maneira, sistemas descentralizados apresentam-se como alternativa para resolução dos baixos índices de tratamento de esgoto em áreas rurais (SANTOS et al., 2015). A modalidade descentralizada apresenta também vantagens especialmente interessantes para as áreas rurais, como maior simplicidade, menores investimentos e possibilidades de reúso da água e nutrientes após tratamento (TONETTI et al., 2018).

Porém, o conhecimento técnico apenas não é suficiente, havendo também a necessidade do envolvimento e participação das populações locais. A participação social é considerada essencial para o sucesso da técnica por pautar-se nos ideais de democracia, promovendo inclusão, representação, empoderamento e emancipação e possibilitando uma perspectiva transformadora das realidades (LOBINA, 2016; PICCOLI, KLIGERMAN e COHEN, 2017).

No contexto apresentado, o atual trabalho busca desenvolver um estudo de caso para melhoria do tratamento de esgoto de uma propriedade localizada no setor rural. Espera-se trabalhar desde as etapas iniciais, de coleta de dados e definição da solução, até a caracterização e monitoramento do tratamento, junto aos moradores, de forma colaborativa. Ao final, pretende-se avaliar o processo como um todo, sob uma óptica que leve em consideração, além de parâmetros de engenharia, os sentimentos e opiniões dos usuários, pessoas mais afetadas e que têm maior contato com a mudança.

## **OBJETIVOS**

Escolher, implantar e avaliar uma solução descentralizada para o tratamento do esgoto em uma propriedade familiar, em contexto rural, localizada no município de Sabará – Minas Gerais.

Os objetivos específicos incluem a adoção de processos participativos visando incentivar o engajamento dos atores; caracterização do efluente com e sem tratamento, para avaliação da eficiência do tratamento; e avaliação dos moradores dos impactos gerados pela solução técnica implantada sobre o ambiente.

## **METODOLOGIA**

### **1. DIAGNÓSTICO INICIAL**

A primeira etapa da pesquisa consistiu na realização de um diagnóstico para a coleta de dados. Iniciou-se com a análise fisiográfica da propriedade e das características do solo, neste segundo caso, por meio de método simplificado para o ensaio de sedimentação (teste da garrafa).

Paralelamente, buscou-se interpretar como os membros da família manifestavam-se em relação à solução utilizada na disposição dos esgotos e sua visão sobre como ela deveria ou poderia ser. Tais informações foram obtidas por meio de entrevistas semiestruturadas e conversas informais com os usuários. Em um segundo momento de diagnóstico realizaram-se entrevistas em grupos menores. Os assuntos muitas vezes derivaram das informações obtidas durante as entrevistas, algumas vezes com os próprios usuários iniciando as conversas. Deste modo, as conversas não contavam necessariamente com um roteiro.

### **2. DEFINIÇÃO DE UMA NOVA SOLUÇÃO**

Com os dados obtidos por meio do diagnóstico inicial foi possível indicar à família um leque de alternativas técnicas para a coleta e o tratamento do esgoto, e responder às dúvidas existentes, o que favoreceu a convergência em torno de algumas possíveis soluções. Para esta etapa foram utilizados materiais que organizam as opções e os seus critérios de utilização como o “Volume III – Tomo I da Série Subsídios ao Programa Nacional de Saneamento Rural” (BRASIL, 2021) e o livro “Tratamento de Esgotos Domésticos em Comunidades Isoladas – Referencial para Escolha das Soluções” (TONETTI et al., 2018). O objetivo durante as reuniões foi apresentar aspectos técnicos de construção, inclusive os materiais necessários, aspectos operacionais e de manutenção das soluções consideradas mais atrativas. Por fim, a solução a ser utilizada e as responsabilidades de cada um dos atores foi definida.

### 3. AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO

Uma etapa de avaliação da solução foi prevista para este estudo, ocorrendo após instalação da técnica e adoção dos procedimentos operacionais para seu funcionamento. A avaliação se pautou nos conceitos da sociotécnica, de modo que foi administrada igual importância a parâmetros técnicos e sociais. Em relação aos parâmetros técnicos realizou-se uma análise de aspectos físicos e químicos em diferentes etapas do tratamento, realizando amostragens a cada quinze dias nos meses de agosto a novembro de 2022, para caracterização dos parâmetros, apresentados na Tabela 1, utilizou-se os métodos descritos em Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater da American Public Health Association (APHA, 2017).

**Tabela 1: Parâmetros, unidades e métodos para análise das amostras de efluentes.**

Parâmetro	Unidade	Método
Turbidez	UT	2130 B1
pH	-	4500 H+ B1
Condutividade Elétrica (CE)	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	2510-A
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	$\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$	5220-D
Nitrogênio Amoniacal	$\text{mgN-NH}_4\cdot\text{L}^{-1}$	4500-NH3-C
Sólidos Suspensos Totais (SST)	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	2540 D

Por sua vez, a interpretação da narrativa dos usuários se pautou nas transcrições de entrevistas individuais e em grupo, e se deu pela avaliação dos próprios usuários quanto à construção da técnica, sua operação, manutenção e desafios. Buscou-se também identificar as expectativas dos participantes quanto à mudança.

## RESULTADOS OBTIDOS

### 1. DIAGNÓSTICO INICIAL

A abordagem inicial ao problema foi motivada por conversas que precedem o início formal do estudo e já destacavam relatos de problemas enfrentados. Assim, o primeiro contato, que ocorreu sob forma de uma reunião em grupo com participação de quase todos os moradores, evidenciou o descontentamento com a solução de esgotamento sanitário praticada. Os moradores relataram fazer uso de fossas sépticas que há algum tempo acumulavam problemas e, devido ao mau uso, tornaram-se fossas rudimentares. O desejo de superação desta situação foi reforçado.

Os problemas, em certas questões, ultrapassavam a capacidade dos moradores de solucioná-los, como por exemplo, questões topográficas, que por vezes impedem o acesso de caminhões limpa fossa, e a situação das estradas, que raramente recebem manutenções, estando, na maior parte do tempo, esburacadas.

Outros pontos levantados durante este contato incluíram o desejo por soluções cujas responsabilidades pudessem ser atribuídas apenas aos moradores, não sendo interessante depender de contratações e manutenções operadas por pessoas externas ao núcleo familiar. Também foi mencionada a questão ambiental, por meio da preocupação com a possibilidade de contaminação do córrego mais próximo (a aproximadamente 70 metros da residência) ou apresentação de malefícios para a agricultura na hipótese de utilização de subprodutos do sistema.

A reunião em grupo também evidenciou a timidez por parte de alguns participantes. Foi possível notar que principalmente os homens apresentavam maior conforto e disposição para se expressar, fosse ao responderem às questões, fosse apresentando sugestões ou apontando dúvidas. Deste modo, ocorreram também conversas individuais ou em duplas e trios, onde as opiniões daqueles que ficaram em silêncio pudessem ser constatadas. Diferente do primeiro momento, onde a preocupação com o custo de implementação da técnica foi reforçada, nos momentos de conversa individual notou-se uma preocupação com aspectos de manutenção, como a limpeza dos sanitários, e de manuseio dos subprodutos do sistema.

Encerrando as constatações obtidas desta etapa de estudo, verificou-se que os usuários já apresentavam conhecimentos e opiniões bem consolidadas acerca de algumas das tecnologias alternativas de tratamento de esgoto. Foi quase unânime o desejo pelo sistema de tratamento desenvolvido pela Embrapa, a Fossa Séptica Biodigestora

(FSB), conhecida popularmente como Fossa Embrapa, entre outros motivos, pelo fato de que alguns dos moradores já haviam tido contatos prévios com a técnica, por meio de conhecidos, e advogavam em sua causa.

## **2. DEFINIÇÃO DA NOVA SOLUÇÃO**

Os resultados do diagnóstico inicial revelaram que a solução escolhida pelos usuários foi a FSB. Composta por três caixas d'água de 1000 L conectadas, em sequência, por tubos e conexões de PVC, o sistema realiza a digestão da matéria orgânica nas duas primeiras caixas, enquanto a terceira caixa funciona como armazenamento do biofertilizante que pode ser aplicado em culturas agrícolas selecionadas (FIGUEIREDO, 2019).

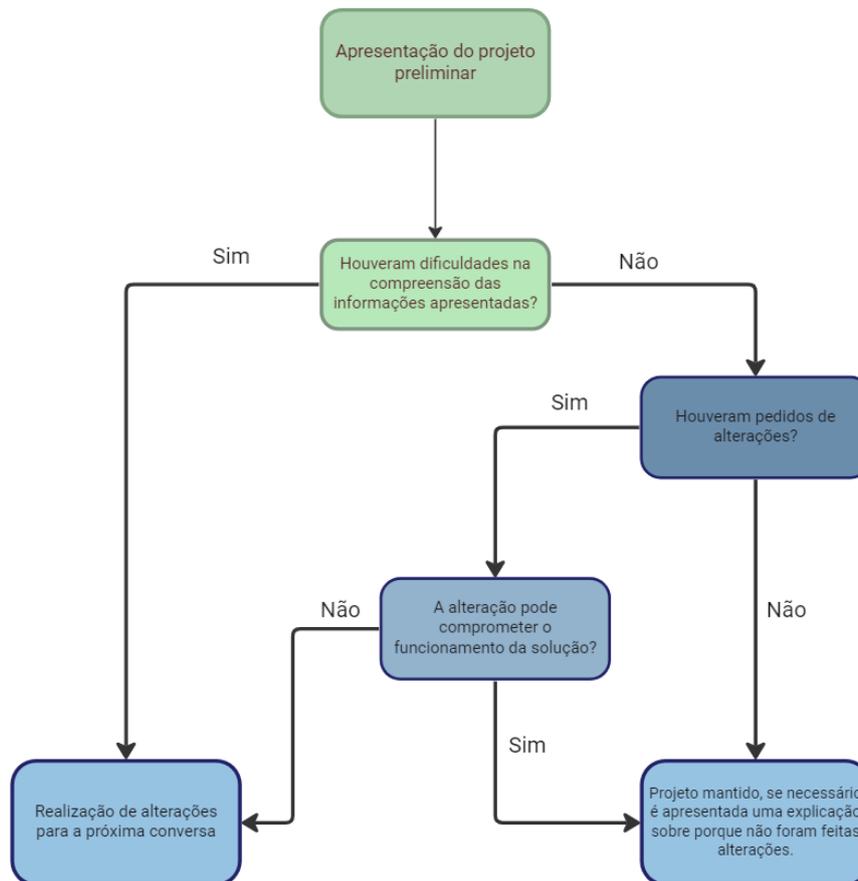
Para essa etapa, marcaram-se mais duas reuniões com os moradores para aprofundamento do diálogo acerca da solução. As duas reuniões contaram com os mesmos participantes da etapa de definição da solução. No momento inicial da primeira reunião retomou-se o diálogo acerca da solução técnica escolhida, buscando-se confirmar se todos concordavam com a FSB ou se gostariam de um novo sistema e o porquê. Unanimemente a família optou pela FSB sem críticas ao sistema.

Ainda que por parte dos moradores o sistema tenha recebido apenas comentários positivos, algumas críticas cabem à tecnologia, a dispersão de efluente superficialmente no solo poderia levar à sua contaminação, a de fontes superficiais de água e da própria população local, problemas agravados ao se realizar a aplicação incorreta do "biofertilizante". A eficiência geral da tecnologia também é questionada, podendo resultar em baixa remoção de matéria orgânica, problemas que são amplificados devido à ausência de pesquisas mais robustas e de acompanhamento de longo prazo, que alcancem conclusões mais comprobatórias do sistema (FIGUEIREDO, 2019).

Assim, durante esta etapa, introduziu-se a sugestão de se adicionar um "pós-tratamento" à FSB, como forma de compensação de suas fragilidades. Os critérios de seleção para o pós-tratamento do efluente da FSB buscaram estimular o uso do efluente como nutriente para o solo, evitando o contato direto com os moradores. Para viabilizar o processo de escolha três soluções mais próximas de atenderem aos requisitos estabelecidos foram determinadas: sistema alagado construído (SAC), círculo de bananeiras e filtro de areia. Dentre as três opções a solução escolhida pelos moradores foi o SAC.

## **3. DIMENSIONAMENTO DA SOLUÇÃO**

A etapa de dimensionamento da solução contou com a elaboração de projetos preliminares elaborados a partir de referencial da literatura disponível sobre a construção das técnicas, como o Memorial Descritivo: Montagem e Operação da Fossa Séptica Biodigestora (SILVA, MARMO e LEONEL, 2017) e a Edição Especial do Boletim Wetlands Brasil sobre o Dimensionamento de Wetlands Construídos no Brasil (VON SPERLING e SEZERINO, 2018). O projeto preliminar foi apresentado aos usuários que apresentavam suas opiniões e dúvidas. Essas informações, sempre que possível, eram utilizadas no projeto buscando melhorar sua compreensão e garantir a satisfação por parte de todos os envolvidos. A Figura 1 apresenta a rota adotada a partir das ponderações obtidas com essas conversas.



**Figura 1: Rota de ações para a etapa de apresentação do projeto aos moradores (Autores, 2022).**

Para a FSB, o dimensionamento foi feito com base no número de moradores, considerando três caixas d'água para domicílios com até 5 moradores, adicionando-se uma caixa d'água a mais para cada 2,5 moradores. O tempo de detenção hidráulica (TDH) sugerido estipulou o valor de 35 dias (NOVAES et al., 2002), contudo, há relatos de valores menores de TDH.

No caso do SAC, foi utilizada a sequência simplificada e unificada para o pré-dimensionamento da técnica proposta por Von Sperling e Sezerino (2018), os resultados encontram-se resumidos na Figura 2. A próxima etapa de dimensionamento determinou as espécies vegetais ideais para plantio no SAC. A seleção buscou priorizar espécies nativas para o plantio. Uma lista com algumas destas espécies foi elaborada e apresentada aos moradores, de modo que, baseado em fatores como facilidade de obtenção das mudas e de plantio, eles determinassem quais espécies eram ideias para o projeto. Deste modo, ficou definido o plantio de duas culturas: banana da terra (*Musa × paradisiaca*) e taioba (*Xanthosoma sagittifolium*).

Pop.	3 hab	Carga DBO bruto	162 g/d
DBO per capita	54 g/hab.dia	Carga DBO afluen.	56,7 g/d
Taxa de aplicação orgânica superficial	6 gDBO/m <sup>2</sup> .dia	Área superficial	9,45 m <sup>2</sup>
Qdméd	0,357 m <sup>3</sup> /dia	Taxa de aplicação hidráulica superficial resultante	0,038 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .dia
Nº Unidades	1 und	Comprimento	4,4 m
Relação C/L	2: 1	Largura	2,2 m
Profundidade	1,3 m	Área total	9,68 m <sup>2</sup>
Porosidade	30 %	Volume util	3,78 m <sup>3</sup>
Q.méd	1 m <sup>3</sup> /dia	TDH	3,78 dias

**Figura 2: Rotina de cálculo para dimensionamento do SAC (Autores, 2022).**

#### 4. CONSTRUÇÃO DA SOCIOTÉCNICA

Inicialmente, a instalação da infraestrutura ocorreria por meio de uma oficina e mutirão, visto que essa técnica permite a apropriação do conhecimento e assimilação da técnica, bom como permite aos presentes se tornarem-se multiplicadores do conhecimento (MACHADO et al., 2013). Entretanto, devido ao conhecimento prévio de técnicas construtivas, por parte de alguns dos moradores, estes optaram pela implantação do sistema em seu ritmo, com diferentes atores realizando diferentes tarefas em dias e horários distintos.

A descontinuidade entre construtores e momentos da construção não necessariamente foram um problema. Todavia, por ser a primeira vez que a técnica seria construída pelos moradores, o acompanhamento e a construção coletiva, aspectos positivos capazes de eliminar possíveis dúvidas persistentes e promover a interação entre todos, não foram adotados.

A FSB foi instalada com quatro caixas d'água, duas de 1000 L e duas de 500 L e conexões de PVC de 100 mm. A família informou que já possuía as caixas d'água necessárias para a instalação do sistema. Todavia a caixa de 1000 L que exerce o papel da caixa d'água de armazenamento do efluente encontrava-se muito danificada e impossibilitada para uso, a solução adotada pelos usuários foi utilizar outras duas caixas de 500 L que estavam à disposição. Entretanto, todas as caixas precisaram de pequenos reparos para que pudessem ser utilizadas. Instalou-se também uma válvula de retenção, que tem como função ser o local de introdução do material inoculante (fezes frescas diluídas) antes da primeira caixa. As duas primeiras caixas contam também com uma chaminé para alívio dos gases gerados no processo.

O SAC teve a finalização de sua construção adiada em um mês, visto que os moradores se orientaram por saberes populares e optaram por realizar a plantação das espécies vegetais de taioba e bananeira apenas na lua considerada ideal. Esta mudança trouxe alguns problemas e dificuldades para a coleta das amostras do efluente do SAC e, devido a falhas construtivas encontradas durante as coletas, que precisaram de atenção e reparo, o número de amostras provenientes do SAC mostrou-se insuficiente para uma análise com maior precisão deste tratamento. A Figura 3 apresenta a solução técnica construída.



Figura 3: Solução técnica em operação (Autores, 2022).

#### 5. SITUAÇÕES OBSERVADAS DURANTE O PERÍODO DE ESTUDO

Os momentos de coleta de amostras do efluente tratado permitiram vislumbrar situações problemáticas na infraestrutura técnica. O primeiro problema notado encontrava-se na saída da solução, ao final do SAC. Em função de um rasgo na lona de impermeabilização, o efluente saía do sistema sem possibilidades de controle. Tal falha representa um perigo à salubridade ambiental visto que animais poderiam entrar em contato com o líquido. A identificação permitiu solucionar o problema com a cimentação da região, associada à adição de uma torneira para controlar a vazão.

Na entrada do SAC, outra situação foi observada. A tubulação de alimentação não foi enterrada durante a etapa de construção, situação que não apenas prejudicava o fluxo do efluente entre as camadas da solução técnica, como também aumentava os riscos à saúde, ao possibilitar contato dos moradores com o efluente em situações diversas, por exemplo, através de respingos nas folhas de taioba, como pode ser visto na Figura 4. A identificação de gotas nas folhas de taioba permitiu aos moradores interpretar os problemas e perigos associados à maneira como a tubulação de alimentação havia sido posicionada. As folhas de taioba que tiveram efluente respingado sobre si

foram cortadas e descartadas juntamente com outros resíduos da moradia, e a tubulação de alimentação foi enterrada, de forma a evitar problemas similares no futuro.



**Figura 4: Folha de taioba com respingos de efluente (Autores, 2022).**

Também foi possível identificar situações inadequadas na FSB durante as visitas para coleta. Entre elas, destacou-se problemas relacionados a vedação das caixas. Logo nas primeiras semanas houve reclamações por parte dos moradores de mau cheiro. Verificou-se que a tampa da primeira caixa não se encontrava bem vedada, para contornar essa situação, provisoriamente os moradores adicionaram duas latas de tinta preenchidas com brita, de modo que peso vedasse o recipiente e impedisse o escape de gases, sendo que uma nova vedação foi realizada, desta vez de caráter definitivo e corretamente, meses depois.

Além disso, nas caixas de 500 L problemas também relacionados à vedação foram observados. Devido a um erro durante a construção essas duas últimas caixas foram implantadas sem respeito a distância necessária, deste modo, não houve espaço suficiente para colocação de tampas com perfeita aderência às caixas. A presença de larvas, como ilustrado na Figura 5, pode ser observada após alguns meses. Inicialmente, os moradores não compreenderam por que as larvas poderiam ser um problema. Deste modo, além de uma solução estrutural, foi necessária também uma conversa sobre os perigos desta situação. Indicou-se aos moradores substituir as últimas caixas por uma única de 1000 L que permita a vedação correta, que concordaram com a indicação.



**Figura 5: Presença de larvas na última caixa do sistema (Autores, 2022).**

## **6. AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO**

Quanto à caracterização do efluente, os resultados obtidos foram sintetizados na Tabela 2 e demonstraram que a solução adotada é compatível com os objetivos previstos. Os resultados alcançados são passíveis de aprimoramento, o que é natural em um sistema sociotécnico, em que a assimilação da técnica é parte de um processo mais amplo e duradouro, que garantirá a sua sustentabilidade e perenidade (SAVAGET, 2019).

**Tabela 2: Valores médios e eficiência de remoção dos parâmetros analisados para o efluente da entrada e saída de FSB e SAC (Autores, 2022).**

Parâmetro	Entrada FSB	Saída FSB	Saída SAC	Eficiência de remoção média FSB (%)	Eficiência de remoção média SAC (%)	Eficiência de remoção média total (%)
Turbidez (NUT)	276	45	40	83,70%	11,11%	85,51%
CE ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	2432	2274	2127	-	-	-
pH	8,45	8,62	8,35	-	-	-
DQO ( $\text{mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$ )	1673,72	869,36	128,32	48,06%	85,24%	92,33%
Nitrogênio Amoniacal ( $\text{mg N-NH}_4\cdot\text{L}^{-1}$ )	196,00	128,89	20,54	34,24%	84,06%	89,52%
Sólidos Suspensos Totais ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	654,17	306,67	128,59	53,12%	58,07%	80,34%

Na avaliação dos usuários, as entrevistas demonstram que no geral a solução foi considerada satisfatória, atendendo às expectativas. Houve relatos que demonstraram que para a família o processo participativo, como um todo, auxiliou na adequação de seus desejos à questão técnica.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 1. CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

Em relação a turbidez, pH e CE é possível observar uma eficiência de remoção está de acordo com o apresentado na literatura para o FSB (FIGUEIREDO, 2019) e SAC (PAOLI, 2010). O aumento do pH da primeira para a última caixa foi observado em outros trabalhos (FIGUEIREDO, 2019), e pode estar associado à degradação de proteínas e ureia em meio anaeróbio. Para DQO a eficiência de remoção para a FSB foi abaixo da relatada em outros trabalhos. Entretanto, este valor é compensado pelo SAC, colocando a eficiência global da solução técnica acima de 90%. O SAC obteve remoção de N-amoniacoal de 84,06%, próxima a observada em outras pesquisas, podendo ser um indicativo do início do processo de nitrificação no solo (RODRIGUES, 2016). Por fim, os valores de SST totais nas duas etapas de tratamento encontram-se acima do esperado. Figueiredo (2019), na FSB, observou valores médios de SST na faixa de 180  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ . Para o SAC, a literatura apresenta remoção próxima a 90% (PAOLI, 2010). Tal fenômeno é considerado problemático, uma vez que, altos valores de SST podem acabar provocando colmatagem das camadas do sistema, e na saída do SAC estes valores podem culminar na obstrução do solo.

### 2. AVALIAÇÃO DOS USUÁRIOS

Para a etapa de construção foi mencionado que apesar de algumas dificuldades encontradas com a vedação das caixas, o sistema é de fácil construção e de baixo custo. Os moradores, inclusive, realizaram a construção sem acompanhamento de um técnico, apenas com o projeto e o material de apoio da Embrapa. Todavia, o acompanhamento mesmo que parcial da etapa de construção, mostrou-se necessário, dado que poderia ter propiciado o esclarecimento de dúvidas e suscitar alterações que inibiriam algumas falhas.

Relata-se que a manutenção tem sido tranquila. A periodicidade de adição do esterco e esvaziamento da caixa não têm sido um incômodo para os moradores. Em relação ao uso do banheiro, a supressão de desinfetante e uso apenas de detergente para limpeza não se mostrou um inconveniente.

Ao se comparar a solução atual com a anterior, os comentários são de que houve uma melhora, com o fim do mau-cheiro e do desbarrancamento na propriedade devido às fossas sépticas, não sendo necessária a realização de novas escavações e de construção. A manutenção da técnica instalada foi considerada muito mais fácil. Nesta perspectiva, os moradores demonstram contentamento com o caráter mais definitivo da nova solução, mencionando-o em diferentes momentos, não apenas pela economia monetária, mas também pelo caráter de longo prazo.

## CONCLUSÕES

A opinião dos usuários não traz críticas à solução técnica adotada, embora haja alguns relatos de contratemplos encontrados durante seu funcionamento. No entanto, uma avaliação mais atenta é capaz de revelar problemas, como a presença de larvas nas últimas caixas, ocasionadas pela vedação inadequada motivada pela proximidade entre as duas últimas caixas. Situações como esta apontam para necessidade de acompanhamento técnico das soluções, pois, nem sempre os usuários são capazes de verificar se as técnicas estão funcionando corretamente, de modo a evitar problemas futuros à saúde e ao meio ambiente.

Em relação à caracterização do efluente para o estudo da eficiência do tratamento é possível observar que a FSB obteve eficiências de remoção próximas àquelas encontradas em outras pesquisas, em alguns parâmetros. Contudo, no geral, o sistema implantado apresentou eficiência abaixo dos valores de referência. O SAC apresenta-se como um bom complemento, ajudando a elevar a eficiência do tratamento e apresentando um número maior de parâmetros com eficiências médias de remoção próximas a de outros estudos. Contudo, os SST, que neste estudo apresentaram valores de remoção abaixo do desejado, merecem atenção, indicando-se a necessidade de redobrar os cuidados para se evitar a colmatação do SAC.

Também sobre a adição de um SAC como etapa de pós-tratamento, este ajuda a lidar com as principais críticas à FSB. A infiltração no sistema ocorre de maneira subsuperficial, de tal forma que evita o contato direto dos usuários com o efluente, aumentar a eficiência do tratamento, diminuindo o potencial de contaminação do solo e das fontes de água. Ao mesmo tempo, uma das principais qualidades da FSB, a produção de um efluente que pode ser utilizado como fertilizante agrícola, é preservada e explorada.

Os processos participativos foram considerados essenciais no âmbito deste trabalho, corroborando a sua importância para avanços na universalização dos serviços de esgotamento sanitário. No geral, o que se observa durante a pesquisa é um interesse genuíno sobre o que está sendo construído, ainda que alguns dos moradores optem por uma participação menos substantiva em relação à solução. Tal interesse é convertido em compartilhamento de experiências, conhecimento e ideias que se somam na busca por melhorias no sistema. Ao final, é possível notar a satisfação com o processo, que associado ao acompanhamento técnico, pode ser o fator que garanta o sucesso a longo prazo das soluções técnicas.

## RECOMENDAÇÕES

Este estudo não foi capaz de avaliar a eficiência da solução na remoção de parâmetros microbiológicos. O monitoramento de tais parâmetros é muito importante para a garantia do funcionamento adequado do sistema, sem apresentar riscos, especialmente, à saúde dos moradores. Assim, recomenda-se a estudos futuros a avaliação ao menos da concentração de coliformes totais e da presença de *E. coli*, preferencialmente, com um número alto de amostras, tendo em vista os altos valores de variação observados em outros estudos no que concerne a estes parâmetros.

Outro ponto que merece atenção é a possibilidade de colmatação no SAC. Existem duas categorias de estratégias que podem ser aplicadas visando diminuir a colmatação, preventivas e de restauração (MIRANDA, 2014). Dentre as estratégias preventivas pode ser citado o repouso não-drenado. O repouso não-drenado constitui a interrupção da alimentação do sistema alagado construído e seu esvaziamento total, durante um certo período de dias, para que se recupere a porosidade do sistema (TEIXEIRA et al., 2020). Essa solução pode ser facilmente implantada após a mudança das últimas caixas, observado um aumento do TDH da FSB. Para estratégia de restauração, duas opções podem ser avaliadas, substituição do substrato colmatado por um novo, ou a utilização de minhocas para desobstruir o meio poroso (MIRANDA, 2014). A utilização de minhocas, apesar de ser economicamente mais viável deve ser avaliada com cuidado, por ser uma solução relativamente recente (LI et al., 2011). Por fim, uma pesquisa recente, conduzida durante longo prazo, analisou a perda de eficiência em SACs motivadas pelo processo de colmatação. Os resultados observam que não houve diminuição da eficiência de remoção ainda que os vazios do sistema se encontrem em estágio avançado de obstrução dos poros (MATOS et al., 2018). É necessário continuar com o monitoramento, para que seja possível afirmar se o processo de colmatação está realmente ocorrendo e trazendo prejuízos à solução.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Atlas esgoto: despoluição de bacias hidrográficas. Brasília, DF: ANA. 2017. 92p. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>. Acesso em: 15 de nov. 2022, 13h31.
2. ASSEMBLÉIA GERAL DA ONU (AG). Resolução nº 64/292. Index: A/RES/64/292, 03 de agosto de 2010. Disponível em: <https://undocs.org/A/RES/64/292>. Acesso em: 29 de nov. 2022, 13h45.
3. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington – DC: American Public Health Association. 2017. 1504 p.
4. BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Programa Nacional de Saneamento Rural. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 5ª edição. 266 p. Brasília: Funasa. 2019.
5. BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Programa Nacional de Saneamento Rural: Eixos Estratégicos - Matrizes Tecnológica (Série Subsídios ao Programa Nacional de Saneamento Rural; v. 3; t. 1). Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 1ª ed. 149 p.: il. Brasília: Funasa. 2021.
6. FIGUEIREDO, I.C.S. Fossa Séptica Biodigestora: avaliação crítica da eficiência da tecnologia, da necessidade da adição de esterco e dos potenciais riscos à saúde pública. Revista DAE. n. 220. v. 67. São Paulo. Edição Especial - nov. 2019. p. 100 -114.
7. LI, H.Z.; WANG, S.; YE, J.F.; XU, Z.X.; JIN, W. A practical method for the restoration of clogged rural vertical subsurface flow constructed wetlands for domestic wastewater treatment using earthworm. Water Science and Technology, v. 63, n. 2, p. 283-290, 2011.
8. LOBINA, E. A necessidade de insubordinação e as possibilidades de participação. HELLER, L.; AGUIAR, M.M.; REZENDE, S.C. (org.). In: Participação e controle social em saneamento básico: Conceitos, potencialidades e limites. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016. p. 51-73
9. MACHADO, D.F.; ANDRADE, A.O.; MAIA, H.M.; REZENDE, A.A.P. Construção participativa de sistemas individuais de esgotamento sanitário em comunidades rurais. In: V Congresso Latinoamericano de Agroecologia. 2013. La Plata.
10. MATOS, M.P.; VON SPERLING. M.; MATOS, A.T.; DIAS, D.F.C; SANTOS, C.R.S. Colmatção e desempenho de sistemas alagados construídos de escoamento horizontal subsuperficial ao longo de oito anos de operação. Engenharia Sanitária e Ambiental. v. 3. n. 26. dez. 2018.
11. MESQUITA, T.C.R.; ROSA, A.P.; GOMES. U.A.F.; BORGES, A.C. Gestão descentralizada de soluções de esgotamento sanitário no Brasil: aspectos conceituais, normativos e alternativas tecnológicas. Desenvolvimento e Meio ambiente. v. 56. jun. 2021. p. 46-66.
12. MIRANDA, S.T. Avaliação de aspectos da colmatção e descolmatção de sistemas alagados construídos de escoamento horizontal subsuperficial. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2014.
13. NOVAES, A.P.; SIMÕES, M.L.; MARATIN-NETO, L.; CRUVINEL, P.E.; SANTANA, A.; NOVOTNY, E.H.; SANTIAGO, G.; NOGUEIRA, A.R.A. Utilização de uma Fossa Séptica Biodigestora para Melhoria do Saneamento Rural e Desenvolvimento da Agricultura Orgânica. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária. 2002. 5 p.
14. PAOLI, A.C. Análise de desempenho e comportamento de wetlands horizontais de fluxo subsuperficial baseado em modelos hidráulicos e cinéticos. 2010. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2010.
15. PICCOLI, A.S.; KLIGERMAN, D.C.; COHEN, S. C. Políticas em saúde, saneamento e educação: trajetória da participação social na saúde coletiva. Saúde e Sociedade. São Paulo. v. 26. n. 2. p. 397-410. jun. 2017.
16. RODRIGUES, M.V.C. Wetland construído de fluxo vertical empregado no tratamento de esgoto de um restaurante universitário. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina. 2015.
17. SANTOS, R.F.; IRAZUSTRÁ, S.P.; TEIXEIRA, E.P.; DEGASPERI, F.T. Abordagem descentralizada para concepção de sistemas de esgotamento doméstico. Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura (RETC). 16 ed. abr. 2015. p. 35-44.
18. SAVAGET, P.; GEISSDOERFER, M.; KHARRAZI, A.; EVANS, S. The theoretical foundations of sociotechnical systems change for sustainability: A systematic literature review. Journal of Cleaner Production. v. 206, p. 878–892, jan. 2019.
19. SILVA, W.T.S; MARMO, C.R.; LEONEL, L.F. Memorial descritivo: montagem e operação da fossa séptica biodigestora. 1. Ed. São Carlos: Embrapa Instrumentação. 2017. 32 p.



20. TEIXEIRA, D.L.; TEIXEIRA, D.V.; MATOS, A.T.; MATOS, M.P. Avaliação da intermitência de operação dos sistemas alagados construídos como técnica de descolmatação do meio poroso. In: XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 2020. Congresso On-line.
21. TONETTI, A. L.; BRASIL, A.L.; MADRID, F.J.P.L.; FIGUEIREDO, I.C.S.; SCHNEIDER, J.; CRUZ, L.M.O.; DUARTE, N.C.; FERNANDES, P.M.; COASACA, R.L.; GARCIA, R.S.; MAGALHÃES, T.M. Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. 1. ed. Campinas: Biblioteca/Unicamp. 2018. 153 p.
22. VON SPERLING, M.; SEZERINO, P.H. Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil: Boletim Wetlands Brasil. Edição Especial. 2018. 65 p. Disponível em: <https://wetlandsbrasil.com.br/publicacoes/>. Acesso: 04 de abr. 2022, 15h25
23. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Water, Sanitation, Hygiene and Health: A Primer for Health Professionals. Geneva: World Health Organization. 2019. 40p. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-CED-PHE-WSH-19.149>. Acesso: 15 de nov. 2022, 13h50.