



V-638 - SISTEMAS INDIVIDUAIS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E A UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO

Leonardo Rodrigues Moreira⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Mestrando Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – Profágua pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS). Assessor Ambiental da Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento do Rio Grande do Sul (AGESAN-RS).

Endereço⁽¹⁾: Avenida Ernesto Neugebauer, 1820 - Humaitá – Porto Alegre - RS - CEP: 90250-140 - Brasil - Tel: (51) 99252-0137 - e-mail: ambiental@agesan-rs.com.br

Demétrius Jung Gonzalez

Arquiteto e Urbanista pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Especialista em Direito Urbano e Ambiental pela Fundação Escola Superior do Ministério Público (FMP). Mestre em Arquitetura Profissional pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutor em Planejamento Urbano e Regional pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Diretor Geral da Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento do Rio Grande do Sul (AGESAN-RS).

RESUMO

A implantação do serviço de limpeza programada de fossas sépticas emerge como uma alternativa para avançar na universalização do esgotamento sanitário no Brasil, conforme estabelecido pelo Novo Marco do Saneamento. Este serviço oferece uma solução técnica e financeiramente viável principalmente para áreas urbanas com baixa densidade populacional, regiões rurais onde sistemas centralizados são impraticáveis e em locais sem viabilidade técnica para conexão com a rede coletora. Os Sistemas Individuais de Esgotamento Sanitário (SIES), como as fossas sépticas, são reconhecidos pelo seu baixo custo inicial de instalação e pela dispensa de redes coletoras, facilitando sua adoção em larga escala.

Além de atender às necessidades básicas de saneamento, a implementação do serviço de limpeza programada de SIES promove melhorias na qualidade de vida, saúde pública e proteção ambiental. Contudo, para assegurar esses benefícios, é fundamental que a gestão operacional desses sistemas esteja em conformidade estrita com a legislação e as normas ambientais e sanitárias vigentes. Isso requer uma regulação eficiente por parte das entidades reguladoras. Sob as perspectivas legal e regulatória, a inclusão dos SIES no escopo dos serviços públicos de esgotamento sanitário, conforme estabelecido pelo Novo Marco do Saneamento, e publicação de Normas de Referência por parte da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) consistem em avanços significativos. Dessa forma, foi reconhecida a importância dos SIES na expansão da cobertura de saneamento e na proteção da saúde pública e do meio ambiente, fornecendo o arcabouço legal necessário para permitir a regularização dos sistemas de saneamento descentralizados. Portanto, a promoção de políticas públicas que incentivem e regulamentem adequadamente a limpeza programada de fossas sépticas é essencial para alcançar as metas de universalização estabelecidas, garantindo acesso equitativo a serviços de saneamento e promovendo condições de vida dignas e saudáveis para todos os cidadãos brasileiros.

PALAVRAS-CHAVE: Fossas, Esgotamento, Regulação, Universalização, Saneamento.

INTRODUÇÃO

A Lei Federal n. 14.026, promulgada em 15 de julho de 2020, que atualizou o Marco Legal do Saneamento Básico no Brasil, introduziu diversas propostas de avanço, incluindo o estabelecimento da meta ambiciosa de atingir 90% de cobertura de esgotamento sanitário até o ano de 2033 (Brasil, 2020). Esta meta representa um desafio significativo em vista da escassez atual desse serviço em todo o território nacional. A iniciativa visa atender demandas urgentes para a expansão da cobertura do saneamento básico, confrontando a histórica lentidão observada em seu desenvolvimento.



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



No contexto brasileiro, 43% da população é servida por redes de esgoto, abrangendo coleta e tratamento, enquanto 12% utilizam soluções individuais, como fossas sépticas (ANA, 2017). Essa realidade decorre do planejamento urbano no Brasil, caracterizado nas últimas cinco décadas pelo desenvolvimento de áreas urbanas sem a infraestrutura prévia de rede de esgoto. (Varnier et al 2017). Outro dado relevante é que 38,6% do total de esgotos não coletados no Brasil tem destinos diversos, incluindo fossas rudimentares ou negras. Essa prática primitiva de disposição final dos efluentes é amplamente encontrada em várias localidades do país, destacando a persistência de métodos inadequados de tratamento de esgoto em áreas não atendidas por sistemas de saneamento básico (ANA, 2015). Esta informação sublinha a persistência de métodos de tratamento de esgoto inadequados em muitas áreas, ressaltando a necessidade urgente de intervenções eficazes para melhorar a infraestrutura de saneamento. Esses números evidenciam um desafio significativo para políticas públicas voltadas à saúde pública e ao meio ambiente, incentivando a implementação de soluções sustentáveis e acessíveis para o tratamento de efluentes urbanos.

Diante deste cenário, alcançar a universalização do esgotamento sanitário no Brasil enfrenta uma significativa barreira devido aos elevados custos associados à implantação da infraestrutura necessária. Estudos destacam que as redes coletoras e as estações elevatórias representam as partes dos sistemas que demandam o maior investimento financeiro (Alem Sobrinho & Tsutiya, 1999), o que enfatiza a necessidade urgente de estratégias inovadoras e sustentáveis para viabilizar essa expansão.

Os tanques sépticos individuais representam uma forma de tratamento de esgoto amplamente difundida em escala global, sendo utilizados por cerca de 20% das populações na Europa e nos Estados Unidos. Estima-se que a tecnologia seja adotada por cerca de 3,6 bilhões de pessoas nos países em desenvolvimento. No entanto, esta solução é frequentemente considerada como uma abordagem de "fim-de-tubo" no contexto do saneamento ambiental (Mac Mahon et al 2022; Richards et al., 2016; Souza et al., 2023). As fossas sépticas são reconhecidas por oferecerem diversas vantagens significativas, incluindo custo reduzido de implantação, confiabilidade, facilidade tanto na construção quanto na operação, e independência de eletricidade para funcionamento. Estas desempenham um papel prioritário em áreas residenciais onde não há infraestrutura de redes de esgoto ou onde a densidade populacional é baixa. Esses sistemas são fundamentais para garantir o esgotamento sanitário em locais onde outras opções de saneamento podem não ser viáveis devido a limitações econômicas, geográficas ou ambientais. A sua implementação não só atende às necessidades básicas de higiene e saúde pública, mas também promove a sustentabilidade ao utilizar tecnologias simples e eficazes que minimizam o impacto ambiental. (Singh et al., 2019; Ebrahimi et al 2018). No Brasil, a adoção de Sistemas Individuais de Esgotamento Sanitário (SIES), que incluem o uso de tanques sépticos individuais, popularmente conhecidos como fossas sépticas, requer a realização periódica da limpeza da unidade domiciliar, conforme estipulado pelas normativas técnicas vigentes (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993).

Diante do cenário apresentado, torna-se imperativo realizar uma análise detalhada do potencial dos SIES como componente essencial da estratégia para alcançar a universalização do saneamento esgotamento sanitário. Nesse sentido, é de suma importância investigar não apenas a viabilidade técnica, mas também incorporar uma avaliação abrangente dos aspectos legais e regulatórios associados à implementação dessas tecnologias. Investigar tais aspectos é essencial para subsidiar políticas públicas e orientar decisões estratégicas que visem promover o acesso equitativo e sustentável aos serviços de esgotamento sanitário, tanto em áreas urbanas quanto rurais. Essa abordagem integral é fundamental para garantir que as soluções adotadas não apenas atendam às necessidades imediatas de saneamento, mas também contribuam para o desenvolvimento socioeconômico e a melhoria da qualidade de vida das populações beneficiadas.

OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo principal desta pesquisa consiste em avaliar a implementação do serviço de limpeza programada de SIES como parte integrante do serviço público de saneamento básico, considerando as perspectivas ambiental, legal e regulatória.

Esta investigação busca não apenas examinar a viabilidade técnica e operacional dessa prática, mas também analisar os impactos ambientais associados ao manejo do lodo proveniente da limpeza dos sistemas. Além disso, será abordada a conformidade legal e regulatória necessária para a implementação e gestão eficiente desse serviço, considerando as normativas vigentes e as diretrizes estabelecidas para o setor de saneamento.

Dessa forma, este estudo visa contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes e sustentáveis, proporcionando subsídios para decisões estratégicas que promovam o acesso universal e



equitativo aos serviços de esgotamento sanitário, garantindo ao mesmo tempo a proteção ambiental e o cumprimento das exigências legais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para investigar a viabilidade da implementação da limpeza programada de SIES como serviço público de saneamento básico, foi conduzida uma revisão bibliográfica abrangente. Esta envolveu a pesquisa de artigos científicos, documentos técnicos, legislações pertinentes e normativas vigentes relacionadas ao manejo de lodo de tanques sépticos individuais e às diretrizes para serviços de esgotamento sanitário.

RESULTADOS OBTIDOS

Tanques Sépticos funcionam como um sistema de tratamento passivo, podendo ser classificados como digestores anaeróbicos de baixa taxa. O projeto mais comum de tais unidades é um sistema de duas câmaras, tendo como principal parâmetro operacional o nível de sólidos acumulados ou lodo na primeira câmara. Os processos realizados incluem segregação de sólidos sedimentáveis e sobrenadantes, acumulação e digestão de matéria orgânica e o lançamento do efluente tratado. Sua principal função é a remoção de sólidos, onde as partículas tendem a afundar ou flutuar para desenvolver uma estratificação de camadas separadas – uma camada de lodo no fundo, uma camada de líquido em sua porção intermediária e uma camada superior de escória composta por graxa e partículas finas. Se a sedimentação dos sólidos for inadequada, a qualidade do efluente irá deteriorar-se. O tempo de retenção hidráulica dentro de uma fossa séptica diminui à medida que a quantidade de lodo acumulado dentro do sistema aumenta, resultando em períodos de tratamento mais curtos. A taxa de acúmulo de lodo resulta de mecanismos hidráulicos, biológicos e físico-químicos desenvolvidos dentro do tanque. Os poucos estudos detalhados sobre isso, no entanto, têm mostrado uma tendência decrescente na taxa de acumulação ao longo do tempo, sugerindo uma digestão mais eficiente, uma vez que os processos biológicos se desenvolvem dentro do tanque ao longo do tempo. Entre os fatores que afetam a taxa de acúmulo de lodo dentro das fossas sépticas estão a concentração de sólidos no efluente doméstico, tempo de retenção hidráulica, temperatura e resistência orgânica do afluente. Estimativas mais recentes de acumulação de lodo de pesquisas realizadas em Kampala, Uganda dão muito mais de 280 L.pessoa⁻¹.ano⁻¹ para lodo de fossas sépticas (ou seja, 0,77 L.pessoa⁻¹.dia⁻¹), embora esse valor represente o valor médio para fossas sépticas que atendem a uma variedade de instalações (domicílios individuais, múltiplos domicílios, banheiros públicos, escolas, instituições, restaurantes e hotéis). A taxa média de acumulação de lodo para as residências individuais foi muito menor, de pouco mais de 100 L.pessoa⁻¹.ano⁻¹ (0,28 L.pessoa⁻¹.dia⁻¹) (Mac Manon et al. 2022).

No entanto, ainda existem alguns desafios associados a essa tecnologia. Esta remove apenas cerca de 30-40% da carga orgânica afluente, além de reter sólidos, podendo ser considerada como etapa de pré-tratamento (Ebrahimi et al., 2018). Acredita-se que os efluentes de fossas sépticas tenham tido um impacto negativo inferior, ou até insignificante, na qualidade da água em comparação com a poluição difusa. No entanto, as o efluente de SIES contém uma grande variedade de poluentes potenciais, incluindo patógenos, bactérias fecais, matéria orgânica, fósforo, nitrogênio, amônia e sólidos em suspensão, além fármacos, detergentes e demais produtos químicos domésticos, os quais representam um risco de contaminação de águas doces. Muitos estudos indicam que a contaminação por fósforo em águas superficiais esteja ligada a presença de efluentes de SIES. (Richard et al. 20164). Quanto ao lodo gerado, este apresenta levados níveis de matéria orgânica, nutrientes, poluentes inorgânicos e patógenos). Há a necessidade de remoção sistemática do lodo gerado e que este receba o destino adequado (Ebrahimi et al., 2018; Andreoli e Pompeu, 2009).

Outro aspecto importante e que deve ser evitado é o transbordamento de efluentes e de lodo em SIES, sob pena da ocorrência de epidemia de doenças infecciosas para os consumidores de água de poços rasos localizados em regiões próximas (Oduah e Ogunye, 2023). Sob as ótica ambiental e de saúde pública, é necessário que os SIES sejam projetados, construídos e operados adequadamente para evitar danos sanitários.

Do ponto de vista legal, o inciso IV do Artigo 3º-B da Lei Federal n. 14.026 de 2020 (Brasil, 2020) estipulou que as fossas sépticas fazem parte do serviço público de esgotamento sanitário, desde que os lodos resultantes da operação dessas fossas recebam uma disposição final ambientalmente adequada. Essa inclusão legal reconhece os SIES como uma tecnologia legítima em sistemas de esgotamento sanitário, especialmente em áreas onde a infraestrutura convencional de saneamento é técnica ou economicamente inviável. Tal abordagem



reflete a compreensão de que os SIES desempenham um papel importante no esgotamento sanitário, contribuindo assim para a proteção da saúde pública e do meio ambiente.

Sob a ótica regulatória, o Artigo 7º da Norma de Referência nº 2/2021 da ANA aborda aspectos regulatórios relacionados à definição de metas de universalização dos serviços de saneamento básico, incluindo a utilização de fossas sépticas como parte desses serviços. Ainda, a norma permite a consideração de soluções descentralizadas, como os SIES, para áreas onde as redes públicas não estão disponíveis. O SIES devem ser regulados e estar em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela entidade reguladora infranacional, ressaltando a importância do arcabouço regulatório na promoção de sistemas individuais para a universalização do saneamento básico.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A gestão de SIES em áreas urbanas deve necessariamente considerar a proteção ambiental e a segurança da saúde pública como prioridades fundamentais. Embora estes representem uma solução viável para o tratamento de esgoto em locais sem infraestrutura centralizada, é de suma importância reconhecer os potenciais impactos negativos que podem surgir de sua utilização. Um dos principais desafios associados aos SIES é o manejo adequado dos resíduos sólidos e líquidos resultantes, especialmente durante a remoção periódica de lodo dos tanques sépticos. A utilização dessa tecnologia pode acarretar riscos à saúde humana e aos ecossistemas aquáticos e subterrâneos, afetando terras agrícolas, valas de drenagem e cursos d'água. Além disso, a remoção de lodo é um dos principais custos operacionais, tornando essencial a compatibilização das alternativas tecnológicas com os recursos disponíveis em cada localidade. A discussão sobre a gestão eficaz dos SIES também enfatiza a importância de compatibilizar as alternativas tecnológicas disponíveis com os recursos econômicos e ambientais locais. Isso implica não apenas na escolha de tecnologias adequadas para cada contexto específico, mas também na implementação de práticas de operação e manutenção que minimizem os impactos ambientais e maximizem a eficiência dos sistemas. Além disso, a necessidade de um cadastro atualizado dos SIES, preferencialmente em formato informatizado, é essencial para facilitar a gestão, a fiscalização e o monitoramento contínuo desses sistemas ao longo de seu ciclo de vida. Essa abordagem não apenas simplifica os procedimentos administrativos, mas também fortalece a capacidade de resposta às necessidades emergentes, como inspeções regulares, manutenção preventiva e intervenções corretivas quando necessário. (Andreoli e Pompeu, 2009; Mac Manon et al. 2022; Jakaryia et al., 2023).

Normalmente, a remoção de lodo por caminhão limpa-fossa é realizada apenas em circunstâncias específicas, como quando ocorre entupimento dos SIES ou quando há a percepção de odores desagradáveis. Esta prática é essencial para garantir o funcionamento eficiente e contínuo dos tanques sépticos individuais, que são fundamentais para o tratamento primário dos resíduos domésticos em áreas não servidas por redes de esgoto centralizadas. A remoção periódica de lodo, conforme previsto no projeto da estrutura, não apenas é imprescindível para o funcionamento adequado da unidade, prevenindo problemas operacionais, além de contribuir para a promoção de saúde pública e da preservação ambiental, ao reduzir o risco de extravasamentos, e as consequentes contaminações do solo e dos recursos hídricos próximos. Ressalta-se, assim, a necessidade da implantação do serviço por pelo prestador local.

Cabe destacar ainda que há um elevado grau de incerteza ao determinar que a universalização do esgotamento sanitário foi alcançada apenas com base na disponibilidade de instalações sanitárias em uma área. Tal afirmação requer uma análise abrangente dos processos de esgotamento sanitário adotados em cada localidade. Além da cobertura de instalações sanitárias, deve-se considerar outros aspectos fundamentais como a ocorrência de gestão adequada do lodo produzido nos SIES (Jakaryia et al., 2023). A quantidade e a qualidade do lodo produzido têm impactos significativos na saúde pública e no meio ambiente, exigindo estratégias eficazes para sua coleta e tratamento adequado ou disposição final. A falta de uma gestão adequada do lodo pode resultar em riscos de contaminação do solo, dos recursos hídricos e até mesmo da saúde humana, comprometendo os benefícios esperados com a instalação de tais estruturas de saneamento. Além disso, a disponibilidade de serviços e infraestruturas para coleta, tratamento e disposição final do lodo é um indicador crítico para determinar a eficácia e a abrangência do esgotamento sanitário em uma área. Em outras palavras, a universalização não se limita apenas à existência de SIES, mas também inclui garantir que todo o ciclo de gestão de efluente e lodo seja realizado de forma segura e sustentável. Desse modo, é possível assegurar que as comunidades tenham acesso não apenas a serviços básicos, mas a condições de vida saudáveis e ambientalmente sustentáveis.

Portanto, a integração dos SIES como componente essencial do serviço de saneamento é imperativa, especialmente em regiões onde a implementação de sistemas de esgoto convencionais não é economicamente viável. Estas tecnologias descentralizadas desempenham um papel primordial no tratamento eficaz de esgoto



em áreas rurais, periurbanas, infraestrutura de saneamento limitada ou com inviabilidade técnica para implantação de rede coletora. A adoção dos SIES, então, apresenta-se com uma solução adaptável e escalável para comunidades que enfrentam desafios de acesso universal ao saneamento básico.

Adicionalmente, a inclusão do serviço de limpeza programada de SIES dentro do escopo dos Serviços Públicos de Esgotamento Sanitário reduz a necessidade de recursos financeiros na implementação, promovendo a sustentabilidade local (Costa et al., 2019). Essa abordagem fomenta a inclusão social, permitindo o acesso aos serviços de saneamento básico em áreas onde sistemas centralizados encontram dificuldade, assegurando o direito de todos a condições de vida dignas e saudáveis.

É fundamental que as entidades reguladoras infranacionais exerçam um papel rigoroso de fiscalização sobre o serviço de limpeza programada de SIES. Isso inclui garantir a conformidade estrita com a legislação e normas técnicas vigentes. A implementação eficaz e a gestão responsável desses serviços são essenciais para mitigar impactos adversos, assegurar a eficiência operacional dos sistemas de esgotamento descentralizados e garantir benefícios sustentáveis a longo prazo para as comunidades beneficiadas.

CONCLUSÕES

Diante do exposto e considerando as metas de universalização propostas pelo Novo Marco do Saneamento, a implantação do serviço de limpeza programada de fossas sépticas surge como uma alternativa técnica e financeiramente viável para ampliação da cobertura dos serviços de esgotamento sanitário. O baixo custo inicial de instalação das unidades, combinado com a dispensa de redes coletoras, favorece a adoção em larga escala dessa tecnologia, representando um caminho promissor para ampliar o acesso ao saneamento básico adequado.

Esta solução apresenta benefícios significativos, especialmente em áreas urbanas com baixa densidade populacional e em bairros desprovidos de infraestrutura de coleta de esgoto. Além disso, sua implementação é particularmente relevante para regiões rurais, onde sistemas centralizados são menos viáveis. A inclusão do serviço de limpeza programada de SIES no rol de serviços de esgotamento sanitário não só atende às necessidades de saneamento de forma eficaz, mas também contribui para a melhoria da qualidade de vida, saúde pública e proteção ambiental nas comunidades atendidas. Portanto, promover políticas públicas que incentivem e regulamentem adequadamente essa prática é essencial para alcançar as metas de universalização estabelecidas, garantindo que todas as camadas da população tenham acesso equitativo a condições de vida dignas e saudáveis.

No entanto, é fundamental destacar que a gestão operacional do serviço de limpeza programada deve estar em conformidade com todas as exigências legais e regulatórias aplicáveis. Isso inclui rigorosas normas ambientais e sanitárias, cujo cumprimento é essencial para assegurar a proteção da saúde pública e do meio ambiente. Portanto, a implementação eficaz e sustentável deste serviço requer monitoramento constante por parte das entidades reguladoras infranacionais.

A regulação eficiente é necessária para garantir que todas as etapas da operação atendam aos padrões estabelecidos, desde a coleta e transporte adequados do lodo até sua disposição final ou tratamento seguro. A manutenção de altos padrões de qualidade e segurança é fundamental para maximizar os benefícios do serviço de limpeza programada de SIESs, assegurando que o aumento da cobertura dos serviços de esgotamento sanitário se constitua em uma universalização factual, garantindo o avanço do saneamento básico e promovendo de condições de vida saudáveis e sustentáveis para a população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos: Rio de Janeiro. 1993.
2. ANA. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Brasília, 2015. Disponível em <<https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2015/ConjunturadosRH2015.pdf>> Acesso em: 10 jun. 2024.
3. ANA. Agência Nacional de Águas (Brazilian National Water Agency), 2017. Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas/ Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. ANA, Brasília 978-85-8210-050-9 (88p).
4. ALEM Sobrinho, P.; TSUTYIA, M. T.; Coleta e transporte de esgoto sanitário. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, 1999.



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



5. ANDREOLI, C. V.; POMPEO, R. P. Introdução. In: ANDREOLI, C. V. (org.). PROSAB VI: Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Rio de Janeiro: ABES, 2009.
6. BRASIL. Lei Federal nº 14.026, de 17 de julho de 2020.
7. COSTA, L. de M. F.; DIAS, I. D.; COSTA, J. G. F.; FILIPPO, S. Comparativo dos custos de sistemas isolados de tratamento de esgotos sanitários para o Distrito Federal. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA – CONTECC, 2019, Palmas.
8. EBRAHIMI, A.; YOUSEFI KEBRIA, D.; NAJAFPOUR, G. D. Co-treatment of septage and municipal wastewater in a quadripartite microbial desalination cell. *Chemical Engineering Journal*, v. 354, p. 1092-1099, dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.08.107>. Acesso em: 10 jun. 2024.
9. JAKARIYA, Md et al. ICT-based solution for efficient fecal sludge management: An experience from Bangladesh. *Heliyon*, p. e15200, abr. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15200>. Acesso em: 10 jun. 2024.
10. MAHON, Joanne Mac; KNAPPE, Jan; GILL, Laurence W. Sludge accumulation rates in septic tanks used as part of the on-site treatment of domestic wastewater in a northern maritime temperate climate. *Journal of Environmental Management*, v. 304, p. 114199, fev. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114199>. Acesso em: 10 jun. 2024.
11. ODUAH, Uzoma I.; OGUNYE, Emmanuel B. A smart solution for preventing environmental pollution caused by overflowing onsite sewage septic tank. *Heliyon*, p. e14925, mar. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14925>. Acesso em: 10 jun. 2024.
12. RICHARDS, Samia et al. Septic tank discharges as multi-pollutant hotspots in catchments. *Science of The Total Environment*, v. 542, p. 854-863, jan. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.160>. Acesso em: 10 jun. 2024.
13. SINGH, Rajendra Prasad; KUN, Wei; FU, Dafang. Designing process and operational effect of modified septic tank for the pre-treatment of rural domestic sewage. *Journal of Environmental Management*, v. 251, p. 109552, dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109552>. Acesso em: 10 jun. 2024.
14. SOUZA, Hugo Henrique de Simone et al. Environmental assessment of on-site source-separated wastewater treatment and reuse systems for resource recovery in a sustainable sanitation view. *Science of The Total Environment*, p. 165122, jun. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165122>. Acesso em: 10 jun. 2024.
15. VARNIER, Claudia et al. Examining nitrogen dynamics in the unsaturated zone under an inactive cesspit using chemical tracers and environmental isotopes. *Applied Geochemistry*, v. 78, p. 129-138, mar 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2016.12.022>. Acesso em: 10 jun. 2024.