

IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DESCENTRALIZADOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO COM TECNOLOGIAS BASEADAS NA NATUREZA: VANTAGENS E DESAFIOS EM ZONAS RURAIS, FAVELAS E COMUNIDADES URBANAS

Data de submissão: 13/08/2024

Data de aceite: 01/10/2024

José Moacir de Sousa Vieira

Engenheiro Civil, Mestrando e Doutorando em
Planejamento Urbano e Regional
Universidade do Vale do Paraíba
(UNIVAP)
São José dos Campos, São Paulo, Brasil

Luana Braz Villanova

Arquiteta e Urbanista, Mestre e
Doutoranda em Planejamento Urbano e
Regional.
Universidade do Vale do Paraíba
(UNIVAP)
São José dos Campos, São Paulo, Brasil

Mário Valério Filho

Doutor em Agronomia
Universidade de São Paulo (USP)
São Paulo, São Paulo, Brasil

Rodolfo Moreda Mendes

Doutor em Engenharia Geotécnica
Universidade de São Paulo (USP)
São Paulo, São Paulo, Brasil

Cilene Gomes

Doutora em Geografia
Universidade de São Paulo (USP)
São Paulo, São Paulo, Brasil

RESUMO: Há uma crescente lacuna nos serviços de saneamento básico no Brasil, acentuando a notável desigualdade de acesso a esses serviços, especialmente em territórios menos favorecidos. Segundo o Censo Demográfico de 2022, quase 50 milhões de brasileiros vivem em domicílios que utilizam recursos precários de esgotamento sanitário. As Soluções Baseadas na Natureza (SBN) se apresentam como uma forma de interferir no esgotamento sanitário em zonas rurais, favelas e comunidades urbanas, já que emprega processos naturais para resolver problemas para os quais as soluções tradicionais se apresentam inviáveis. Este estudo tem como objetivo apresentar 16 sistemas individuais descentralizados de esgotamento como alternativas para contribuir em solucionar a falta de saneamento básico e mostrar as vantagens da implementação dessas SBN para o esgotamento sanitário em zonas rurais, favelas e comunidades urbanas. Tais soluções podem atender às necessidades de saneamento de forma sustentável, utilizando processos naturais e recursos tecnológicos locais, ao mesmo tempo que respeitam os ciclos ecológicos e promovem benefícios ambientais, sociais e

econômicos. Adotamos uma abordagem de Análise Crítica, fundamentada em uma revisão bibliográfica de obras e pesquisas relacionadas ao campo de estudo. Funasa (2015), Tonetti *et al.* (2018) e Vieira (2020) apresentam as SBN com soluções individuais e descentralizadas de esgotamento. Esse enfoque permite verificar padrões, benefícios e limitações dessas soluções. Este trabalho contribui para a compreensão da relevância dessas alternativas na promoção da saúde, na mitigação das desigualdades sociais e no saneamento de forma sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Soluções Baseadas na Natureza. Saneamento básico. Serviço de esgotamento sanitário. Sistemas individuais e descentralizados de Esgotamento. Favelas e comunidades urbanas.

IMPLEMENTATION OF DECENTRALIZED SANITATION SYSTEMS WITH NATURE-BASED TECHNOLOGIES: ADVANTAGES AND CHALLENGES IN RURAL AREAS, SLUMS, AND URBAN COMMUNITIES

ABSTRACT: There is a growing gap in basic sanitation services in Brazil, highlighting the notable inequality in access to these services, especially in underprivileged areas. According to the 2022 Demographic Census, nearly 50 million Brazilians live in households that rely on precarious sanitation resources. Nature-Based Solutions (NBS) present an effective means to address sanitation issues in rural areas, slums, and urban communities, employing natural processes to resolve problems where traditional solutions are often unfeasible. This study aims to present 16 decentralized individual sanitation systems as alternatives to help address the lack of basic sanitation and demonstrate the advantages of implementing these NBS for sanitation in rural areas, slums, and urban communities. These solutions can meet sanitation needs sustainably by using natural processes and local technological resources, while respecting ecological cycles and promoting environmental, social, and economic benefits. We adopted a Critical Analysis approach, based on a literature review of works and research related to the field of study. Funasa (2015), Tonetti *et al.* (2018), and Vieira (2020) present NBS with decentralized individual sanitation solutions. This approach allows us to identify patterns, benefits, and limitations of these solutions. This work contributes to understanding the relevance of these alternatives in promoting health, mitigating social inequalities, and achieving sustainable sanitation.

KEYWORDS: Nature-Based Solutions. Basic Sanitation. Sanitation Services. Individual and Decentralized Sanitation Systems. Slums and Urban Communities.

IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DESCENTRALIZADOS DE SANEAMIENTO CON TECNOLOGÍAS BASADAS EN LA NATURALEZA: VENTAJAS Y DESAFÍOS EN ZONAS RURALES, BARRIOS MARGINALES Y COMUNIDADES URBANAS

RESUMEN: Existe una creciente brecha en los servicios de saneamiento básico en Brasil, lo que resalta la notable desigualdad en el acceso a estos servicios, especialmente en áreas desfavorecidas. Según el Censo Demográfico de 2022, casi 50 millones de brasileños viven en hogares que dependen de recursos precarios de saneamiento. Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) se presentan como una forma efectiva de abordar los problemas de saneamiento en áreas rurales, barrios marginales y comunidades urbanas, empleando

procesos naturales para resolver problemas donde las soluciones tradicionales suelen ser inviables. Este estudio tiene como objetivo presentar 16 sistemas descentralizados individuales de saneamiento como alternativas para ayudar a abordar la falta de saneamiento básico y demostrar las ventajas de implementar estas SBN para el saneamiento en áreas rurales, barrios marginales y comunidades urbanas. Estas soluciones pueden satisfacer las necesidades de saneamiento de manera sostenible utilizando procesos naturales y recursos tecnológicos locales, al mismo tiempo que respetan los ciclos ecológicos y promueven beneficios ambientales, sociales y económicos. Adoptamos un enfoque de Análisis Crítico, basado en una revisión bibliográfica de obras e investigaciones relacionadas con el campo de estudio. Funasa (2015), Tonetti *et al.* (2018) y Vieira (2020) presentan las SBN con soluciones descentralizadas individuales de saneamiento. Este enfoque nos permite identificar patrones, beneficios y limitaciones de estas soluciones. Este trabajo contribuye a la comprensión de la relevancia de estas alternativas en la promoción de la salud, la mitigación de las desigualdades sociales y el saneamiento de manera sostenible.

PALABRAS CLAVE: Soluciones Basadas en la Naturaleza. Saneamiento Básico. Servicio de Saneamiento. Sistemas Individuales y Descentralizados de Saneamiento. Barrios Marginales y Comunidades Urbanas.

1 | INTRODUÇÃO

As moradias brasileiras, especialmente aquelas localizadas em zonas rurais, favelas e comunidades urbanas, frequentemente carecem de soluções adequadas de esgotamento sanitário. Nos casos em que essas soluções existem, elas são improvisadas e realizadas de maneira precária. Entre as alternativas encontradas, destacam-se as fossas rudimentares (fossas negras), descarte a céu aberto e lançamento direto de resíduos em corpos d'água, como córregos e mangues (Instituto Trata Brasil, 2016). Nesses locais, é evidente a incidência de doenças transmitidas pela água, além da considerável degradação ambiental. Adicionalmente, há uma série de deficiências que afetam não apenas aspectos urbanísticos, mas também dimensões humanas e sociais, sublinhando a profundidade dos desafios apresentados (Heller, 2022).

O Diagnóstico Temático dos Serviços de Esgotos apresentado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) relata que, no ano 2020, 55,8% da população do país era atendida pelo serviço de coleta de esgoto. Entretanto, é relevante ressaltar que uma parcela significativa de cidadãos permanece sem acesso aos sistemas de esgotamento sanitário por meio de redes públicas de coleta, de acordo com o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR, 2022).

As Soluções Baseadas na Natureza (SBN)¹ se apresentam como uma forma sustentável e economicamente viável, sendo caracterizadas por intervenções que utilizam processos naturais para resolver desafios ambientais, sociais e econômicos em áreas rurais e urbanas (Villanova, 2022). Segundo Fraga (2020), as SBN beneficiam o meio

¹ Em inglês: *Nature-Based Solutions (NBS)*.

ambiente, promovem atividades econômicas produtivas e melhoram a qualidade de vida das comunidades. Recentemente, tais recursos têm ganhado destaque no campo do planejamento urbano e regional, sendo adotadas como resposta à crescente demanda por sustentabilidade e resiliência. As SBN abordam uma ampla gama de problemas territoriais, desde a restauração de ecossistemas para proteger regiões contra eventos climáticos extremos até a implementação de infraestruturas de saneamento básico (UICN, 2016, 2020a, 2020b).

Este estudo tem como objetivo apresentar 16 sistemas individuais descentralizados de esgotamento como alternativas para contribuir em sanar a falta de saneamento básico e mostrar as vantagens da implementação dessas SBN para o esgotamento sanitário em zonas rurais, favelas e comunidades urbanas, com base em Funasa (2015), Tonetti *et al.* (2018) e Vieira (2020). Os sistemas escolhidos foram os que podem ser aplicados em habitações unifamiliares. Alguns desses sistemas podem também ser adaptados para uso em residências multifamiliares, com o objetivo de preservar o ambiente, garantir a viabilidade financeira, promover um progresso tangível na qualidade de vida e na saúde dos indivíduos, e proteger a natureza (Vieira, 2020).

Mesmo diante dos avanços alcançados, ainda há cerca de 1,2 milhão de pessoas que enfrenta condições desumanas, tendo que fazer suas necessidades fisiológicas ao relento, vivendo em domicílios sem banheiros, sanitários ou buracos para dejeções (IBGE, 2024a). Portanto, é necessário revisitar com atenção as perspectivas futuras, a qualidade de vida, a sustentabilidade e a ecologia. Isso implica em analisar a dimensão humana do saneamento básico e de outros elementos relacionados a esses conhecimentos que afetam a vida humana e suas particularidades, especialmente aquelas vinculadas à classe trabalhadora, aos mais desfavorecidos e às populações periféricas. Trata-se de um legado significativo da ciência e de suas práticas para reduzir a grande desigualdade social que existe no Brasil (Philippi Jr.; Malheiros, 2005).

Esta pesquisa busca responder à seguinte questão: *Como as Soluções Baseadas na Natureza, através da implementação de sistemas individuais descentralizados de esgotamento sanitário, podem atender às necessidades de saneamento em zonas rurais, favelas e comunidades urbanas, apresentando benefícios ambientais, sociais e econômicos?*

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

As Soluções Baseadas na Natureza (SBN) foram desenvolvidas inicialmente pela União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN), englobando ações e tecnologias destinadas a gerenciar de forma sustentável, proteger e restaurar ecossistemas degradados pelas atividades humanas. As SBN possuem a capacidade de beneficiar simultaneamente a sociedade e a natureza, sendo uma abordagem promissora para

enfrentar desafios globais como a degradação ambiental e a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEEs) (UICN, 2016, 2020a, 2020b). A aplicação dessas soluções em ambientes urbanos e rurais traz vantagens tanto para a biodiversidade quanto para setores sociais, econômicos e produtivos (Funasa, 2015; Tonetti *et al.*, 2018; Vieira, 2020).

Essas tecnologias têm sido cada vez mais adotadas como resposta às demandas por sustentabilidade, especialmente na resolução de problemas urbanos, industriais e agrícolas, como, por exemplo, o reúso de água em contextos domésticos e industriais, a conservação de áreas verdes para aumentar a permeabilidade das cidades e evitar alagamentos, soluções de saneamento básico e a restauração de ecossistemas para melhorar o microclima urbano. Além disso, as SBN são eficazes na conservação da biodiversidade, contribuindo para a redução do contato entre vetores de doenças e seres (Fraga, 2020).

Na problemática do esgotamentos sanitário em locais desfavorecidos, não existe uma solução única que possa ser implementada de forma padronizada. Em cada situação poderá ser adotada uma alternativa que deve levar em consideração as peculiaridades locais, sem perder de vista os aspectos ambientais, humanos, sociais e sanitários (Vieira; Valério Filho; Mendes, 2024).

O tratamento adequado do esgoto é crucial para prevenir ou reduzir os impactos negativos na saúde, no meio ambiente e no desenvolvimento social e econômico de uma região, já que o esgoto é uma fonte potencial de poluição. Para a saúde e o bem-estar das pessoas, o destino final correto do esgoto desempenha um papel vital (Nuvolari, 2021). O descarte inadequado de resíduos humanos está associado a uma série de doenças, incluindo ancilostomíase, ascaridíase, amebíase, cólera, diarreia infecciosa, disenteria bacilar, esquistossomose, estrongiloidíase, febre tifoide, febre paratifoide, salmonelose, teníase e cisticercose, de acordo com o Manual de Saneamento da Fundação Nacional de Saúde (Funasa, 2015).

No que diz respeito à forma como as doenças associadas ao descarte inadequado de esgoto são transmitidas, a principal via é o contato direto com os resíduos, especialmente considerando que o destino predominante dos esgotos domésticos, sem tratamento, em favelas e comunidades urbanas, é para valas a céu aberto ou corpos d'água. Isso contribui para o surgimento de diversas enfermidades, seja através da ingestão ou do contato com a pele e as membranas mucosas. Além disso, o despejo de esgoto diretamente no solo pode ser responsável por doenças adquiridas pelo contato dos pés e das mãos com o solo contaminado. Além desses efeitos, o descarte inadequado de esgoto no solo pode levar à contaminação da água (Funasa, 2015).

Parte superior do formulário

O exacerbado crescimento urbano brasileiro tem levado a uma expressiva ampliação do número de habitantes que vivem em condições precárias em favelas e comunidades urbanas, especialmente nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, considerando a densidade demográfica. A ausência de políticas públicas e de um planejamento urbano

inclusivo propicia uma expansão rápida dessas moradias, caracterizadas pela falta de infraestrutura e saneamento (Maricato, 2015). Nesse contexto, a urbanização está intimamente ligada à dinâmica do mercado imobiliário, moldada pela lógica de acumulação capitalista. Isso resulta na expulsão significativa das classes menos favorecidas para áreas periféricas, encostas e subúrbios urbanos, gerando uma crise de ordem urbana e habitacional, evidenciada por condições precárias de moradia e de vida (Villaça, 2012).

A cidade capitalista exclui os pobres, pois a posse privada do solo urbano requer uma renda que a economia não assegura à maioria da população. Uma parte dela acaba residindo em locais onde os direitos da propriedade privada não vigoram, como em áreas de propriedade pública ou em terrenos vazios por especulação (Villaça, 2011). Quando os direitos da propriedade privada são reinstaurados, os moradores são despejados, ressaltando a contradição entre a marginalidade econômica e a organização capitalista do solo. A exclusão dos indivíduos de baixa renda na cidade capitalista, que se baseia na posse privada do solo urbano, requer uma renda inacessível para muitos ocuparem o espaço urbano. Além disso, os proprietários de terra desempenham um papel crucial na produção desse espaço, influenciando seu acesso e sua distribuição de modo desigual (Singer, 1985).

Dentro do contexto da lógica capitalista, as diversas formas de acesso à moradia nas cidades estão intrinsecamente ligadas às contradições espaciais originadas pelas relações sociais de produção. Essas contradições se manifestam por meio de conflitos relativos ao uso do solo e à obtenção de acesso às infraestruturas urbanas (Villaça, 2012). Os dados divulgados pelo IBGE (2020) indicam um expressivo aumento das favelas e comunidades urbanas no país, alcançando a marca de 13.151, com 5.127.747 domicílios. Esse cenário incita a uma reflexão sobre o processo de urbanização conduzido pelo modo de produção capitalista e as disparidades resultantes no acesso à moradia e às infraestruturas sociais e econômicas. As favelas e comunidades urbanas surgem como uma manifestação visível das desigualdades socioespaciais (Harvey, 2005, 2014).

Nesse sentido, destacamos a necessidade de soluções sustentáveis para o esgotamento sanitário em zonas rurais, favelas e comunidades urbanas. As SBN oferecem uma abordagem promissora, integrando a conservação ambiental com a melhoria da infraestrutura de saneamento (CGEE, 2020). Ao adotar sistemas individuais descentralizados, é possível atender, de maneira mais eficaz, às necessidades dessas comunidades, respeitando as particularidades locais e promovendo a participação ativa dos moradores. As SBN não apenas ajudam a mitigar os impactos negativos na saúde e no meio ambiente, mas também contribuem para a redução das desigualdades sociais, oferecendo um caminho viável e sustentável para o desenvolvimento urbano inclusivo e a preservação dos recursos naturais (Fraga, 2020).

3 | METODOLOGIA

Adotamos uma abordagem de Análise Crítica (Estrela, 2018), com o objetivo de identificar padrões, benefícios e limitações das SBN para o esgotamento sanitário. Buscamos proporcionar uma base consistente para discussões e conclusões que visem mitigar as desigualdades no acesso aos serviços de saneamento em zonas rurais, favelas e comunidades urbanas. Para alcançar esse propósito, utilizamos uma metodologia que inclui a análise de obras, artigos técnicos e científicos, além de relatórios de pesquisa (Marconi; Lakatos, 2021).

Funasa (2015), Tonetti *et al.* (2018) e Vieira (2020) apresentam as SBN como soluções individuais e descentralizadas de esgotamento. Para esta pesquisa, apresentaremos 16 alternativas que julgamos relevantes e viáveis, elencadas por essas publicações, para os problemas de esgotamento sanitário.

A nomenclatura “favelas e comunidades urbanas” é adotada neste estudo com base na nova definição do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024b), que as concebe como sendo áreas residenciais surgidas a partir de esforços autônomos e coletivos da população. Essas áreas se desenvolvem como resposta à escassez de políticas públicas eficazes e à falta de investimentos privados em habitação, refletindo na ausência de empenho em atender às necessidades fundamentais de moradia, além do não provimento de espaços para o comércio, serviços, lazer e cultura, com o objetivo de assegurar o direito à cidade (Vieira, 2023).

4 | SOLUÇÕES INDIVIDUAIS E DESCENTRALIZADAS DE ESGOTAMENTO

Diante da problemática do esgotamento sanitário em zonas rurais, favelas e comunidades urbanas, este estudo busca apresentar Soluções Baseadas na Natureza (SBN) que sejam aplicáveis a diferentes contextos, respeitando as especificidades de cada localidade e promovendo a inclusão social e a conservação ambiental.

A análise comparativa dessas alternativas leva em consideração aspectos como o tipo de sistema de esgotamento domiciliar, a área necessária para atender uma família de até cinco pessoas, o tipo de esgoto tratado e a necessidade de remoção de lodo. A seguir, apresentamos uma descrição sintética de cada uma das 16 alternativas de solução para os problemas de esgotamento sanitário, avaliando suas características e requisitos de implementação. Tais alternativas têm base em Funasa (2015), Tonetti *et al.* (2018) e Vieira (2020).

4.1 Vermifiltro

O Vermifiltro é um sistema de esgotamento unifamiliar ou semicoletivo utilizado para o tratamento de esgoto doméstico, incluindo águas de vaso sanitário, águas cinzas

ou esgoto pré-tratado. O sistema é dividido em duas partes: a superior, composta por serragem de madeira, húmus e minhocas; e a inferior, formada por materiais de filtragem, como pedras de baixa granulometria organizadas em camadas alternadas. As minhocas, especialmente as californianas, são responsáveis pelo desgaste inicial da matéria orgânica, e os microrganismos realizam a decomposição mais refinada.

A principal vantagem desse sistema é a produção de húmus na camada superior, que pode ser removido e utilizado como fertilizante. O vermifiltro é geralmente construído com manilhas de concreto, tijolos, tambores plásticos, caixas d'água ou outros materiais que garantam a estanqueidade, com uma profundidade de aproximadamente 80 cm. O esgoto é despejado continuamente na parte superior, cuja parte líquida escoar pelas camadas de serragem e minhocas, seguindo para a filtração pelos materiais na parte inferior.

O esgoto tratado é coletado por uma tubulação com pequenos furos que ficam na parte inferior, após passar pela serragem e pelo material filtrante. Para uma família de cinco pessoas, é necessária uma área de 2 m² a 4 m². É recomendada a instalação de uma unidade de pré-tratamento, como um tanque séptico, antes do vermifiltro, para auxiliar nas falhas ocasionadas pela variação de temperatura e resíduos de produtos químicos, como detergentes, que podem prejudicar as minhocas.

O vermifiltro pode ser construído para um volume diário de esgoto entre 400 e 1000 l/m², com uma camada de serragem/minhocas de 40 cm de profundidade. A cada seis meses, é recomendada a remoção do excesso de húmus e a recomposição da camada de serragem até a altura inicial. O húmus retirado deve ser seco ao sol e pode ser utilizado como adubo, embora não seja recomendado para hortas.

4.2 Fossa séptica biodigestora

A Fossa Séptica Biodigestora é um sistema de esgotamento unifamiliar desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2001), para tratar as águas residuárias do vaso sanitário. O sistema é composto por três caixas d'água interligadas onde ocorre a degradação do material orgânico e a transformação do esgoto em biofertilizante, que pode ser usado em algumas culturas.

Esse sistema é destinado apenas ao tratamento do esgoto das descargas do vaso sanitário e não é recomendado para o tratamento das águas cinzas. O sistema consiste em três caixas d'água de 1.000 litros cada, conectadas por tubos de esgoto de 100 mm com conexões e materiais para vedação. O esgoto entra pela parte superior da primeira caixa e segue para a 2ª e 3ª caixas, através de tubulações que saem do fundo de cada uma. A 3ª caixa serve de depósito para o biofertilizante, que pode ser aplicado em árvores frutíferas, mas não em verduras, hortalças ou frutas e legumes que crescem rente ao solo.

A área necessária para a implementação desse sistema para uma família de cinco pessoas varia de 10 m² a 12 m², sem a necessidade de pré-tratamento do esgoto. É possível

a construção da caixa com diversos materiais, como fibrocimento, fibra de vidro e anéis de concreto. Recomenda-se a aplicação mensal de esterco bovino fresco misturado com água para melhorar a formação de uma comunidade de micro-organismos, tornando o processo de decomposição da matéria orgânica mais eficiente, embora algumas pesquisas recentes questionem essa orientação.

4.3 Círculo de bananeiras

O Círculo de Bananeiras é um método de esgotamento doméstico unifamiliar utilizado para o tratamento complementar de esgoto ou águas cinzas. O efluente é direcionado para uma vala circular preenchida com galhos, brita ou pedras no fundo. Em volta da vala, são plantadas bananeiras, mamoeiros, taioba e outras plantas que ajudam no tratamento e reúso do efluente, pois a água e os nutrientes são absorvidos pelas plantas, e os restos orgânicos são degradados pelos micro-organismos presentes no solo. Esse sistema é uma alternativa eficaz para o tratamento complementar do efluente de tanque séptico e sua disposição final, devendo-se evitar sua implementação em locais com solo arenoso e nas proximidades de lençóis freáticos e nascentes.

É necessário cavar um buraco com formato de prato, com profundidade entre 0,5 m e 1 m, e diâmetro entre 1,4 m e 2 m. O buraco deve ser preenchido com galhos, capim seco, gravetos e restos de vegetais, de modo a garantir ventilação e espaço suficiente para receber o efluente a ser tratado. As bananeiras devem ser plantadas ao redor do buraco com espaçamento de 60 cm entre elas, podendo-se incluir outras espécies de menor porte, como lírios, taiobas e mamoeiros. Caso o volume de efluente produzido exceda a capacidade de absorção do Círculo de Bananeiras, pode-se construir outro círculo e dividir a vazão entre os dois sistemas.

4.4 Fossa verde

A Fossa Verde (ou Bacia de Evapotranspiração - BET), é um sistema de esgotamento unifamiliar utilizado para o tratamento de águas residuárias do vaso sanitário. Esse sistema é composto por três partes: uma parte central para o recebimento e digestão inicial do efluente, uma camada filtrante, e uma área destinada à plantação de bananeiras, também conhecida como tanque de evapotranspiração, ecofossa, fossa bioséptica, biorremediação vegetal, fossa de bananeira ou canteiro biosséptico. Faz-se a escavação de um reservatório tipo caixa, que é enterrado e impermeabilizado, podendo ser feito de concreto, alvenaria ou mantas/lonas de PVC. O esgoto entra através de um tubo de 100 mm e é despejado dentro da câmara central no fundo da caixa, onde ocorre a sedimentação dos sólidos e o início da digestão do esgoto.

Na câmara central, o esgoto passa pelas camadas filtrantes, que geralmente são

compostas por entulho, brita ou areia, materiais onde se desenvolvem micro-organismos que degradam o esgoto anaerobiamente. Acima da camada filtrante, são plantadas bananeiras, taiobas e lírios-do-brejo, que utilizam os nutrientes presentes no esgoto. Para inspeção e remoção de lodo, é necessário instalar tubos de 100 mm até a câmara central, permitindo a manutenção por caminhão limpa-fossa, embora isso ocorra raramente. A utilização de materiais como pneus velhos e tijolos furados também é comum na construção da camada filtrante.

4.5 Vala de filtração e filtro de areia

A Vala de Filtração e o Filtro de Areia são tecnologias aplicadas em sistemas de esgotamento doméstico unifamiliares ou semicoletivos, destinados ao tratamento de esgoto pré-tratado, geralmente após passar por um tanque séptico. Essas valas consistem em uma camada superior de areia, com camadas de outros materiais filtrantes abaixo que possuem partículas de maior granulometria (brita e seixos rolados). O tratamento do esgoto ocorre pela filtração das partículas e pela degradação do material orgânico por micro-organismos presentes na areia e nos materiais filtrantes. A profundidade da vala varia entre 1,20 m e 1,50 m, e a largura no fundo é de 0,50 m, com um tubo de 100 mm no fundo da vala.

A canalização receptora deve ser envolvida por uma camada de brita nº 1, com uma espessura não inferior a 0,50 m, e coberta com areia grossa ou material similar, formando o leito filtrante. Sobre essa camada de areia, deve ser assentada uma tubulação de drenagem com um tubo de 100 mm para distribuir o efluente do tanque séptico. O dimensionamento e os detalhes construtivos desse sistema de esgotamento doméstico são normatizados pelas NBR 11799/90 e NBR 13969/97. Após o tratamento adequado, a disposição final do esgoto deve ser feita de acordo com as características ambientais locais e a qualidade do esgoto tratado, observando a legislação ambiental.

4.6 Sistemas alagados construídos

Os Sistemas Alagados Construídos (SAC)² são utilizados para o tratamento de esgoto pré-tratado e águas cinzas, em configurações unifamiliares ou semicoletivas. Esses sistemas consistem em valas com paredes e fundos impermeabilizados, permitindo o alagamento das águas residuárias, com profundidade inferior a 1 m. As plantas aquáticas ou macrófitas atuam na remoção de poluentes e na fixação de microrganismos que degradam a matéria orgânica. O formato típico do SAC é retangular, escavado no solo, com paredes e fundos impermeabilizados (alvenaria ou mantas sintéticas).

O dimensionamento do SAC depende do volume diário de esgoto, sendo estimado em 2 m² por habitante, com uma profundidade de 0,60 m a 1 m. As plantas que compõem o sistema devem ser podadas periodicamente, pelo menos a cada seis meses, para garantir

² Também conhecidos como Zonas de Raízes ou *Wetlands* (do inglês: pântanos, zonas úmidas).

a eficiência do tratamento. O destino final do esgoto deve estar em conformidade com os limites estabelecidos pela legislação ambiental.

4.7 Reator anaeróbio de fluxo ascendente compacto

O Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA)³ Compacto é um sistema de esgotamento unifamiliar ou semicoletivo destinado ao tratamento de águas do vaso sanitário ou esgoto doméstico. As águas residuárias entram pela parte inferior do reator, percorrendo internamente a unidade até a saída no topo. Esse fluxo ascendente mantém o reator sempre cheio de esgoto. Em seu interior, forma-se um lodo com micro-organismos que decompõem a matéria orgânica sem a presença de oxigênio (degradação anaeróbia). No topo do reator, placas separam o líquido dos materiais sólidos e do biogás formado naturalmente.

O dimensionamento e o processo construtivo são normatizados pela NBR 12209/2011. A área necessária para a implementação desse sistema para uma família de cinco pessoas varia de 1,5 a 4 m², podendo ser construído com tubos plásticos, anéis de concreto, alvenaria ou qualquer outro material impermeável. Recomenda-se a limpeza interna anual do reator e a instalação de um sistema de ventilação nas tubulações.

4.8 Biodigestor

O Biodigestor é um sistema de esgotamento unifamiliar ou semicoletivo destinado ao tratamento de águas do vaso sanitário ou esgoto doméstico. Esse sistema é composto por uma câmara fechada onde ocorre a digestão anaeróbia da matéria orgânica e por um gasômetro que armazena o biogás produzido, que pode ser aproveitado como gás de cozinha. O modelo “chinês”, que é construído em alvenaria de tijolos e possui um gasômetro em forma de domo, é amplamente utilizado no Brasil.

A área necessária para a implementação de um biodigestor para uma família de cinco pessoas é de aproximadamente 5 m². O excesso de lodo do biodigestor deve ser removido a cada dois a quatro anos, através da caixa de compensação ou pela tampa da cúpula. Esse sistema trata eficientemente o esgoto doméstico e proporciona uma fonte sustentável de energia na forma de biogás, contribuindo para a redução do impacto ambiental e promovendo a sustentabilidade.

4.9 Reator anaeróbio compartimentado

O Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC) é um sistema de esgotamento unifamiliar ou semicoletivo utilizado para o tratamento de águas do vaso sanitário ou esgoto doméstico. Semelhante a um tanque séptico, possui várias câmaras dispostas em série,

³ O RAFA também é conhecido pela sigla *UASB* (do inglês, *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*).

o que melhora a eficiência do tratamento. Pode ser construído com diversos materiais impermeáveis, como anéis de concreto, alvenaria, tambores plásticos ou caixas d'água. A remoção do lodo acumulado no RAC deve ser realizada em intervalos de tempo definidos.

4.10 Vala de infiltração

A Vala de Infiltração é uma forma de esgotamento doméstico unifamiliar utilizada para o tratamento complementar de esgoto em solos com características que permitam a absorção do efluente proveniente de um tanque séptico. A percolação do líquido no solo facilita a mineralização do esgoto, evitando que ele se transforme em fonte de contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

As valas são escavadas em terrenos com profundidade entre 0,60 m e 1,00 m, e largura mínima de 0,50 m e máxima de 1,00 m, devendo ser assentadas com tubos de drenagem de 100 mm de diâmetro. Para a disposição do efluente de um tanque séptico, recomenda-se a utilização de pelo menos duas valas de infiltração, com comprimento máximo de 30 m cada. O efluente, após a remoção da matéria orgânica, pode ser disposto no ambiente ou eventualmente reutilizado de maneira segura.

4.11 Biossistema integrado

O Biossistema Integrado (BSI) é um sistema de esgotamento unifamiliar ou semicoletivo destinado ao tratamento das águas do vaso sanitário ou esgoto doméstico, fundamentado nos princípios ecológicos de aproveitamento total do esgoto através de um ciclo de tratamento. O BSI começa com um biodigestor que pode receber todo o esgoto ou apenas as águas do vaso sanitário, onde ocorre a digestão anaeróbia do material orgânico, e o biogás gerado pode ser aproveitado para uso como combustível.

O lodo acumulado no biodigestor e no filtro anaeróbio deve ser removido periodicamente. Esse sistema promove um tratamento eficiente do esgoto doméstico, integrando a geração de biogás e a gestão sustentável dos resíduos, alinhando-se aos princípios ecológicos.

4.12 Fossa seca ou privada com fossa seca

A Fossa Seca é uma unidade de tratamento de dejetos humanos que não utiliza água para descarga, destinada a receber apenas excretas e papel higiênico. É uma alternativa ideal para locais com escassez hídrica ou sem serviço de abastecimento de água. Trata-se de um buraco escavado no solo, sobre o qual é construída uma casinha, e que pode ou não ser revestido. Geralmente tem uma abertura circular de 90 cm de diâmetro ou uma abertura quadrada com lados de 80 cm, com uma profundidade média de 2,5 m.

É recomendada a instalação de um tubo de ventilação para evitar o acúmulo de

gases no interior da fossa. Sua construção deve ser realizada longe de poços e nascentes, e em locais que não estejam sujeitos a enchentes ou enxurradas. Caso ocorra mau cheiro, recomenda-se cobrir os dejetos com cal, terra ou cinza. É importante que não haja presença de água no interior da fossa, e que o buraco permaneça tampado para evitar a entrada de moscas.

4.13 Fossa de fermentação

A Fossa de Fermentação é uma alternativa de esgotamento unifamiliar ou semicoletivo destinada ao tratamento exclusivo de fezes e urina, que é composta por duas câmaras contíguas e independentes, que recebem os dejetos diretamente, sem a necessidade de descarga, funcionando de maneira semelhante à Privada de Fossa Seca. Essa fossa pode ser instalada em uma casinha externa, e as câmaras de fermentação podem ser construídas em alvenaria.

Uma das câmaras é utilizada até que sua capacidade seja esgotada, quando é isolada para permitir a mineralização do material. Durante esse período de mineralização, a segunda câmara é utilizada. Após a mineralização, o material pode ser retirado e a câmara reutilizada, garantindo um ciclo contínuo de uso e tratamento. Esse método é eficaz e sustentável, especialmente em áreas com escassez de água ou sem acesso a sistemas de esgotamento convencionais.

4.14 Tanque séptico

O Tanque Séptico é um sistema de esgotamento horizontal e contínuo, destinado ao tratamento local de águas de vaso sanitário ou esgoto doméstico em residências, pequenas fábricas e edificações na zona rural. Funciona separando sólidos leves e pesados, decompondo-os em meio anaeróbio. Essa unidade simples e não mecanizada é de operação fácil e de baixo custo, composta por uma câmara que armazena o esgoto por um determinado período, permitindo a sedimentação de materiais sólidos e a flutuação de óleos e gorduras. Os sólidos depositados no fundo formam um lodo que aloja micro-organismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica.

Sua construção pode utilizar anéis de concreto, tijolos ou qualquer material que garanta a impermeabilização das paredes e do fundo, com uma profundidade mínima de 1,50 m. O esgoto entra pela parte superior e fica retido de 12 a 24 horas, dependendo das características e do volume diário. Durante esse período, ocorre a sedimentação de até 70% das partículas em suspensão, formando o lodo. Os sólidos não sedimentáveis, como óleos e gorduras, ficam retidos na superfície do líquido, formando uma camada de espuma. Tanto o lodo quanto a espuma acumulados devem ser removidos e descartados adequadamente.

4.15 Banheiro seco compostável

O Banheiro Seco Compostável é uma estratégia popular de esgotamento unifamiliar ou semicoletivo, destinada ao tratamento apenas de fezes e, em alguns casos, urina, sem a utilização de água para descarga. Os dejetos são confinados em uma câmara impermeabilizada localizada abaixo do assento de evacuação. Além das fezes, adiciona-se serragem a cada uso, proporcionando condições ideais para a compostagem. Esse sistema pode ser instalado em uma casinha externa ou no interior da residência, com a câmara construída em alvenaria ou com recipientes plásticos.

Quando a câmara estiver quase cheia, deve-se alternar para outro assento ou, no caso de utilização de bombonas ou baldes, fazer a substituição por um recipiente vazio. Esse método facilita o tratamento seguro dos dejetos humanos e contribui para a produção de composto orgânico.

4.16 Filtro anaeróbio

O Filtro Anaeróbio é um sistema de esgotamento unifamiliar ou semicoletivo destinado ao tratamento de esgoto doméstico pré-tratado, composto por uma câmara preenchida com material filtrante que promove a fixação de micro-organismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica dissolvida. É recomendável que esse filtro seja precedido por um tanque séptico, biodigestor ou reator anaeróbio para otimizar o processo. Ele pode ser construído com anéis de concreto (zimbras), alvenaria ou qualquer material impermeável que assegure a estanqueidade das paredes e do fundo. Existem também modelos pré-fabricados disponíveis no mercado.

A manutenção do filtro anaeróbio não tem uma frequência determinada, mas o excesso de lodo acumulado deve ser removido periodicamente através da tubulação de limpeza. Esse sistema é eficiente para a redução da carga orgânica do esgoto, contribuindo para a melhoria da qualidade do efluente final.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Entendemos que as SBN com tecnologias para o esgotamento de forma individual e descentralizada em zonas rurais, favelas e comunidades urbanas atendem, de maneira sustentável, às necessidades de saneamento e promovem benefícios ambientais, sociais e econômicos. A implementação dessas soluções contribui para a conservação ambiental ao minimizar a poluição do solo e dos corpos d'água, além de melhorar a qualidade de vida das comunidades através da criação de empregos locais, promoção da saúde pública e inclusão social. Portanto, as SBN se destacam como uma alternativa viável e sustentável para enfrentar os desafios do saneamento em contextos vulneráveis, alinhando-se às metas de desenvolvimento sustentável e à necessidade urgente de reduzir as desigualdades no

acesso aos serviços básicos de saneamento.

As soluções individuais e descentralizadas de tratamento de esgoto ganham cada vez mais destaque como respostas viáveis para superar a deficiência na prestação adequada de serviços de esgotamento em áreas rurais, favelas e comunidades urbanas. Essas soluções são essenciais diante dos desafios e abordagens emergentes na realidade brasileira, marcada pela precariedade desses serviços e pelas incertas perspectivas futuras. Integrando o conceito de Soluções Baseadas na Natureza (SBN), essas tecnologias utilizam processos naturais para proporcionar uma gestão sustentável e eficaz do esgoto, promovendo a conservação ambiental e a melhoria da infraestrutura de saneamento (Funasa, 2015; Tonetti *et al.*, 2018; Vieira, 2020).

No que se refere às vantagens financeiras e técnicas, destaca-se a importância de considerar as responsabilidades, as funcionalidades e as garantias técnicas. Portanto, eis algumas vantagens para a implementação dessas soluções para os sistemas individuais e descentralizados de tratamento de esgoto doméstico, segundo Funasa, 2015; Tonetti *et al.*, 2018; Vieira, 2020:

- 1) custo reduzido, devido à operacionalidade simples e à conformidade com os atuais padrões de mercado;
- 2) oferta de produtos, ferramentas e materiais, com diversas alternativas, o que reduz os gastos relacionados a recursos e à mão de obra;
- 3) consumo energético reduzido, acompanhado de baixos custos para a manutenção, sem encargos pelo tratamento e outros procedimentos;
- 4) certos sistemas geram subprodutos que têm potencial de reutilização, como fertilizantes e itens proveitosos em diferentes contextos, que podem ser aproveitados em projetos de engenharia;
- 5) evita a necessidade de construir um sistema convencional de esgotamento que, frequentemente, se torna inviável devido à exigência de investimentos substanciais e ao uso de técnicas com custos elevados;
- 6) não requer a contratação de trabalhadores altamente especializados.

As vantagens humanas, sociais e ambientais das soluções de tratamento de esgotos individuais e descentralizadas representam um diferencial qualitativo importante e desempenham um papel extremamente vital. Isso ocorre mesmo quando comparadas com os aspectos técnicos e econômicos, que tradicionalmente têm recebido maior destaque. Funasa (2015), Tonetti *et al.* (2018) e Vieira (2020) apresentam as seguintes vantagens e respectivos processos, que podem ser identificados como os mais significativos:

- 1) criação de empregos e oportunidades de renda ao recrutar trabalhadores locais, o que gera um impacto na economia e no tecido social, proporcionando empregos diretos e indiretos, de curto e longo prazos;
- 2) surgimento orgânico de necessidades, empregos e ocupações, que decorrem da

ampliação do projeto e da criatividade e das ações das pessoas envolvidas direta ou indiretamente. Isso abrange desde os processos intelectuais de planejamento, de implementação, de operação e de manutenção, até a identificação e o atendimento de novas exigências que possam surgir;

3) contribuição para a substancial melhoria da saúde e qualidade de vida, o que desencadeia impactos positivos na conservação do meio ambiente e na ênfase na valorização da vida e do bem-estar coletivo;

4) esses sistemas individuais de esgotamento doméstico são bem recebidos nas comunidades devido a sua conformidade com os hábitos e cultura locais, pois levam em consideração elementos culturais e ecológicos;

5) baixo consumo de energia, já que as tecnologias mais suaves e renováveis causam menos impacto no ecossistema e têm a capacidade de serem sustentáveis por um período mais longo;

6) redução significativa na poluição do solo e dos corpos d'água, o que impacta a saúde, o bem-estar e a qualidade de vida das comunidades.

6 | CONCLUSÃO

Podemos concluir que as alternativas de Soluções Baseadas na Natureza (SBN) para o esgotamento sanitário, com foco em sistemas individuais descentralizados, atendem, de maneira sustentável, às necessidades de saneamento, promovendo benefícios ambientais, sociais e econômicos em zonas rurais, favelas e comunidades urbanas. Essas soluções individuais e descentralizadas emergem como uma resposta viável para enfrentar as lacunas nos serviços de esgotamento sanitário em comunidades desfavorecidas. Ressalta-se, no entanto, a importância do apoio de políticas públicas para a implementação eficaz dessas soluções.

Em termos financeiros e técnicos, as SBN oferecem várias vantagens significativas, incluindo baixo custo de implantação, eficiência energética e a possibilidade de produção de subprodutos reutilizáveis. Em alguns casos, essas soluções dispensam a construção de sistemas de esgotamento convencionais, promovendo a criação de empregos locais e contribuindo para a melhoria da saúde e qualidade de vida das comunidades. Social e ambientalmente, as SBN se destacam pela criação de empregos, melhoria da saúde pública, redução da poluição e promoção da inclusão social, o que contribui para a conservação ambiental ao minimizar a poluição do solo e dos corpos d'água.

A obtenção de dados precisos e atualizados sobre a implementação e eficácia das SBN no saneamento básico foi o maior desafio para esta pesquisa, devido à escassez de estudos empíricos específicos. Essas dificuldades ressaltam a necessidade de um esforço contínuo e colaborativo entre pesquisadores, autoridades públicas e comunidades locais para superar os desafios e promover a adoção de soluções sustentáveis de saneamento.

Este trabalho, diante do exposto, contribui para a compreensão da relevância dessas alternativas na promoção da saúde, mitigação das desigualdades sociais e saneamento de forma sustentável. Sugerimos que estudos futuros explorem a eficácia de diferentes tipos de SBN em diversas regiões climáticas, avaliem o impacto dessas soluções na saúde pública e investiguem modelos de financiamento e políticas públicas que incentivem a adoção dessas práticas. Este estudo também destaca a importância de priorizar o tratamento adequado do esgoto como uma medida eficiente de saneamento e como uma estratégia para enfrentar as desigualdades sociais e ambientais. A implementação de soluções individuais e descentralizadas de tratamento de esgoto emerge, portanto, como uma abordagem relevante para enfrentar essa complexa questão, promovendo benefícios tangíveis para os indivíduos e para o meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

O presente estudo foi conduzido com o respaldo generoso proporcionado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), uma instituição que merece toda a estima da sociedade brasileira, identificada pelo Código de Financiamento 001. Expressamos gratidão ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional (PPGPLUR) da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), cujo compromisso excepcional em pesquisa na área de Planejamento Urbano e Regional perdura há mais de três décadas.

REFERÊNCIAS

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Inovação para cidades sustentáveis: Soluções Baseadas na Natureza**. Brasília: CGEE, 2020. p. 22. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/7925407/CGEE_OICS_Sol_bas_nat.pdf/67146d75-e82a-4abe-8d5f-1ccab54638a3?version=1.3. Acesso em: 10 jul. 2024.

EMBRAPA Instrumentação. **Saneamento básico para a zona rural: fossa séptica biodigestora**. São Carlos: EMBRAPA, 2002.

ESTRELA, Carlos. **Metodologia Científica: ciência, ensino, pesquisa**. São Paulo: Artes Médicas, 2018.

FRAGA, Razia Gomes. **Soluções baseadas na natureza: elementos para a tradução do conceito às políticas públicas brasileiras**. 2020. 173 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Departamento de Saneamento, Manual de Saneamento**, 4. ed. Brasília: Funasa, 2015.

HARVEY, David. **A produção capitalista do espaço**. São Paulo: Annablume, 2005, p. 171.

HARVEY, David. **Cidades Rebeldes: do Direito à Cidade à Revolução Urbana**. São Paulo: Martins Fontes, 2014, p. 63.

HELLER, Léo. **Os direitos humanos à água e ao saneamento**. SciELO-Editora FIOCRUZ, 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Pesquisa Saneamento Básico em Áreas Irregulares**: relatório Brasil. São Paulo: INSTITUTO TRATA BRASIL, 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Aglomerados Subnormais**: resultados preliminares, base gráfica e tabular. 2020. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/15788-aglomerados-subnormais.html?=&t=acesso-ao-produto&utm_source=covid19&utm_medium=hotsite&utm_campaign=covid_19. Acesso em: 6 jun. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2022. 26 abr. 2024**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39237-censo-2022-rede-de-esgoto-alcanca-62-5-da-populacao-mas-desigualdades-regionais-e-por-cor-e-raca-persistem>. Acesso em: 11 mar. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Coordenação de Geografia. 2024**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102062.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2024.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2021.

MARICATO, Ermínia. **Para entender a crise urbana**. São Paulo: Expressão Popular, 2015.

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional. SNIS. **Diagnóstico Temático**: Gestão Técnica de Esgoto. 2022. Brasília. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/diagnosticos_snis. Acesso em: 16 ago. 2023.

NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto sanitário**: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo: Editora Blucher, 2021.

PHILIPPI JR., Arlindo; MALHEIROS, Tadeu Fabrício. Saneamento e saúde pública: integrando homem e meio ambiente. In: PHILIPPI JR., Arlindo. **Saneamento saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005.

SINGER, Paul. Urbanização e desenvolvimento: o caso de São Paulo. **IN: Economia Política da Urbanização**. Ed. Brasiliense, São Paulo, 1985.

TONETTI, Adriano Luiz *et al.* **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas**: referencial para a escolha de soluções. Campinas: Biblioteca Unicamp, 2018. Disponível em: <https://www.fecfau.unicamp.br/~saneamentorural/wp-content/uploads/2018/11/Livro-Tratamento-de-Esgotos-Dom%C3%A9sticos-em-Comunidades-Isoladas-ilovepdf-compressed.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2024.

UICN – União Internacional para a Conservação da Natureza. *Programa de la UICN 2017-2020 Aprobado por el Congreso Mundial de la Naturaleza septiembre de 2016*. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/WCC-6th-001-Es.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2024.

UICN – União Internacional para a Conservação da Natureza. *Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza: Un marco sencillo para la verificación, diseño y ampliación del uso de las SbN*. 2020a. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-020-Es.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2024.

UICN – União Internacional para a Conservação da Natureza. *Orientación para usar el Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza acompaña el Estándar Global para proporcionar el fundamento científico y la orientación de los usuarios*. 2020b. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-021-Es.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2024.

VIEIRA, José Moacir de Sousa. **Desafios da universalização dos serviços de esgotamento sanitário nos assentamentos precários de São José dos Campos-SP**. 2023. 130 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2023. Disponível em: <https://repositorio.univap.br/items/f032cf6d-4dd4-404f-8414-a8c379a95ce7/full>. Acesso em: 9 jul. 2024.

VIEIRA, José Moacir de Sousa. **Alternativas para o Sistema de Esgotamento Doméstico de Assentamentos Irregulares em Locais de Dificil Implantação de Sistema Convencional em uma Perspectiva Humana e Sustentável**. 2020. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2020.

VIEIRA, José Moacir de Sousa; VALÉRIO FILHO, Mário; MENDES, Rodolfo Moreda. A precariedade dos serviços de esgotamento sanitário nos aglomerados subnormais do estado de São Paulo: uma chaga de difícil tratamento. **RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 1, n. 1, 2024. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/rde/article/view/8775>. Acesso em: 8 jul. 2024.

VILLAÇA, Flávio. Segregação urbana e desigualdade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 37-72, 2011.

VILLAÇA, Flávio. **Reflexões sobre as cidades brasileiras**. São Paulo: Studio Nobel, 2012, p. 70.

VILLANOVA, L. B. **ÁREAS VERDES COMO INFRAESTRUTURA VERDE EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS-SP**. 2022. 187 f. Dissertação de mestrado (Pós-graduação em Planejamento e Gestão do Território), Universidade Federal do ABC, São Bernardo do Campo, 2022.