

# ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO SEMIÁRIDO: DESAFIOS CRÔNICOS, SOLUÇÕES DESCENTRALIZADAS E A AGENDA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Wender Messiatto da Silva<sup>1</sup>

**RESUMO:** O semiárido brasileiro se caracteriza por um déficit crônico em saneamento básico, especialmente em suas áreas rurais. Este quadro reflete desigualdades históricas no acesso à água e aos serviços de esgotamento sanitário. O presente estudo integra uma revisão narrativa da literatura com a análise de dados oficiais recentes, incluindo fontes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). A pesquisa evidencia que menos de 10% dos domicílios rurais na região possuem acesso a uma rede de esgoto. Adicionalmente, são discutidos os impactos ambientais e sanitários resultantes da ausência de tratamento de efluentes, e o potencial de tecnologias descentralizadas — como wetlands construídos, fossas biodigestoras e o reuso seguro de efluentes — para mitigar tais deficiências. Conclui-se que a integração de soluções tecnológicas adaptadas às condições locais com políticas públicas robustas é essencial para promover a resiliência socioambiental, a segurança hídrica e o avanço na agenda de desenvolvimento sustentável da região.

**Palavras-chave:** Saneamento rural; Semiárido brasileiro; Esgotamento sanitário; Tecnologias descentralizadas; Sustentabilidade; Wetlands construídos

## SANITATION IN THE SEMI-ARID REGION: CHRONIC CHALLENGES, DECENTRALIZED SOLUTIONS, AND THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT AGENDA

**ABSTRACT:** The Brazilian semi-arid region is marked by a chronic deficiency in basic sanitation, particularly in its rural areas, a condition that reflects long-standing inequalities in water supply and wastewater services. This study combines a narrative literature review with an analysis of recent official data from sources such as the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), the National Water and Basic Sanitation Agency (ANA), and the Superintendence for the Development of the Northeast (SUDENE). The research indicates that less than 10% of rural households in the region have access to a sewer network. The environmental and health impacts resulting from the lack of wastewater treatment are also discussed, as is the potential of decentralized technologies—including constructed wetlands, biodigester septic tanks, and safe effluent reuse—to mitigate these deficiencies. The findings suggest that integrating locally adapted technological solutions with robust public policies is essential to enhance socio-environmental resilience, water security, and progress toward the sustainable development agenda in the region.

**Keywords:** Rural sanitation; Brazilian semi-arid; Wastewater management; Decentralized technologies; Sustainability; Constructed wetlands

---

<sup>1</sup> Doutorando em Ciência dos Materiais pela Universidade Federal do Vale do São Francisco, italo.gilson@gtf.com.br

## **1. Introdução: Contextualizando a Crise de Saneamento na Região Semiárida**

A questão do saneamento básico é reconhecida globalmente como um direito humano fundamental e um pilar insubstituível para o desenvolvimento sustentável. A Agenda 2030 das Nações Unidas formalizou essa prioridade por meio do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6), que visa "assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos" (MMA/CNUC, 2024). Embora este objetivo tenha impulsionado um esforço global considerável, a realidade em diversas partes do mundo continua a ser de profunda carência, com milhões de pessoas vivendo sem acesso a serviços de saneamento seguros e adequados (IBGE, 2022).

A situação é particularmente aguda e complexa em ambientes de estresse hídrico, onde as soluções de saneamento convencionais são ineficazes ou inviáveis (SUDENE, 2021). A ausência de saneamento adequado perpetua um ciclo de vulnerabilidade, afetando desproporcionalmente as populações rurais e de baixa renda, que frequentemente são as mais marginalizadas (IBGE, 2022). A falta de infraestrutura não é apenas um problema de engenharia; ela é uma manifestação de desigualdade social, resultando em graves crises de saúde pública e barreiras ao desenvolvimento humano.

Embora a gravidade do déficit de saneamento seja amplamente documentada, a literatura acadêmica frequentemente carece de uma análise abrangente e sistemática de soluções viáveis e contextualmente apropriadas para ambientes de escassez hídrica (Matos et al., 2018). Existe uma lacuna crítica na pesquisa que integra a análise das falhas dos modelos centralizados com a exploração de abordagens descentralizadas e inovadoras, alinhadas com os princípios de sustentabilidade e resiliência climática.

Este artigo propõe preencher essa lacuna, argumentando que uma mudança de paradigma, de sistemas centralizados e intensivos em água para soluções descentralizadas e baseadas na comunidade, é essencial não apenas para enfrentar os desafios sanitários no Semiárido, mas também para alcançar as metas mais amplas da Agenda do Desenvolvimento Sustentável. Este estudo visa analisar as razões do fracasso dos modelos tradicionais, examinar o potencial das soluções descentralizadas e demonstrar sua ligação intrínseca com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

A estrutura deste artigo foi concebida para fornecer um roteiro abrangente e analítico para esta exploração. A próxima seção aprofundará a análise do legado das falhas centralizadas, examinando suas barreiras técnicas, socioeconômicas e de saúde pública. Subsequentemente, o artigo apresentará a mudança de paradigma em direção a soluções descentralizadas, detalhando uma tipologia de tecnologias e o papel do engajamento comunitário. A seção seguinte conectará diretamente a crise de saneamento e as soluções propostas com o quadro dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Finalmente, o artigo discutirá a viabilidade econômica das abordagens descentralizadas e oferecerá recomendações e perspectivas para a pesquisa e política futuras, solidificando o trabalho como uma contribuição valiosa para o debate sobre o desenvolvimento sustentável em regiões de estresse hídrico.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente estudo adota um delineamento metodológico de revisão narrativa integrada. A abordagem combina a análise de dados secundários com a síntese crítica de evidências científicas e relatórios institucionais. A coleta e a organização das informações foram estruturadas em três eixos analíticos:

**1. Dados Oficiais e Estatísticas Públicas:** Foram consultadas e sistematizadas informações provenientes de instituições governamentais de referência para caracterizar os aspectos socioambientais e a cobertura de saneamento no Brasil, com ênfase na região semiárida. As fontes principais incluem o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por meio do Censo Demográfico 2022 e da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) Contínua 2023 (IBGE, 2024a; IBGE, 2024b; IBGE, 2023); a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), com foco no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e no Atlas Esgotos (ANA, 2017; ANA, 2022); a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 2021); o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA/IBGE, 2019; MMA/CNUC, 2024); e o Ministério do Desenvolvimento Social, Família e Combate à Fome (MDS), por meio de seus relatórios institucionais (Agência Gov/MDS, 2024).

**2. Revisão da Literatura Científica:** Realizou-se uma busca sistemática em bases de dados científicas, incluindo Scopus, Web of Science e Google Scholar, utilizando termos-chave como “saneamento rural”, “semiárido brasileiro”, “wetlands construídos”, “fossas biodigestoras”, “reuso de água” e “impactos de saneamento”. O objetivo foi identificar e analisar estudos indexados que investigassem a viabilidade técnica, o desempenho operacional, os custos, os impactos socioambientais e as barreiras de implementação de soluções de saneamento descentralizado na região semiárida. Os artigos selecionados foram integrados à discussão das tecnologias e seus benefícios (Matos et al., 2018; Dantas et al., 2021; Salati et al., 2023; Ribeiro et al., 2022).

**3. Relatórios Técnicos e Programas Públicos:** Foram examinados relatórios de balanço e notas técnicas de programas governamentais, como o Programa Cisternas, com o propósito de quantificar o histórico de implantação e a execução de novas tecnologias de captação e gestão de água (Casa Civil, 2024; Agência Gov/MDS, 2024). Os dados quantitativos e qualitativos foram sistematizados em tabelas e quadros analíticos, permitindo uma apresentação clara e comparativa das informações.

A síntese dos resultados e a discussão foram conduzidas de forma a estabelecer as relações entre os déficits de saneamento, os impactos ambientais e as potencialidades das soluções tecnológicas, com rigorosa referência às fontes consultadas (autor, ano).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Panorama Hídrico e Climático do Semiárido

A delimitação do SAB é um fator crucial para a compreensão dos desafios hídricos e de saneamento. Conforme a SUDENE (2021), a região abrange um vasto território com condições climáticas singulares. A alta irregularidade pluviométrica e a elevada evapotranspiração são fatores que tornam a disponibilidade de água um desafio perene.

O regime de chuvas, concentrado em poucos meses, seguido por longos períodos de estiagem, favorece a intermitência dos cursos d'água e a salinização de solos e aquíferos (ANA, 2024). Essa dinâmica hidrológica compromete a segurança hídrica para consumo humano,

agricultura e demais usos múltiplos da água, ao passo que aumenta a vulnerabilidade socioambiental das comunidades rurais (Embrapa, 2007).

### 3.2. Acesso à Água e Esgotamento Sanitário

Um Cenário de Iniquidade A análise dos dados do Censo 2022 e da PNAD 2023 revela a magnitude do déficit de saneamento no Brasil, com disparidades acentuadas entre áreas urbanas e rurais, e entre as unidades federativas do Nordeste. Enquanto 62,5% da população brasileira tem acesso à rede de esgoto (IBGE, 2024b), esse serviço é escassamente distribuído no meio rural, onde apenas cerca de 1/3 dos domicílios dispõe de água por rede geral e menos de 10% tem esgoto por rede (IBGE, 2024a). A Tabela 1 sintetiza a situação do saneamento básico, evidenciando as diferenças regionais e estaduais que demonstram a urgência de políticas públicas focadas em áreas de maior vulnerabilidade.

**Tabela 1 – Cobertura de saneamento por UF no Nordeste e o déficit de atendimento.**

UF/Região	% domicílios com água por rede	% domicílios com esgoto por rede	Escala de Saneamento*	Déficit de Fonte
Sergipe	60	54,2	Baixo	IBGE, 2024b
Maranhão	38	16	Alto	IBGE, 2024b
Piauí	41	23,3	Alto	IBGE, 2023
Ceará	45	30	Médio	IBGE, 2024b
Nordeste (média rural)	33	<10	Alto	IBGE, 2024a

\*Escala qualitativa: Baixo ( $\geq 50$  cobertura), Médio (25–49%), Alto (<25)

A disparidade entre Sergipe, com 54,2% de domicílios rurais ligados à rede de esgoto, e Maranhão, com apenas 16%, ilustra a heterogeneidade da região. A baixa cobertura no Maranhão e no Piauí aponta para a necessidade de investimentos direcionados e soluções que considerem as especificidades locais, como a dispersão populacional e a baixa densidade demográfica que tornam inviáveis os sistemas centralizados de saneamento.

### 3.3. Segurança Hídrica Domiciliar

O Papel dos Programas Públicos Diante da intermitência da oferta de água, programas públicos de segurança hídrica mostram-se essenciais para garantir o acesso mínimo à água para consumo humano. O Programa Cisternas é um exemplo de iniciativa que tem impactado significativamente a resiliência de famílias no semiárido. A Tabela 2 apresenta dados quantitativos sobre a implementação de cisternas na região.

**Tabela 2 – Programa Cisternas: Quantitativo de entregas e cobertura na região Semiárida.**

Indicador	Quantidade	Cobertura (%)	Escala qualitativa de atendimento*	Fonte
Total de cisternas implantadas (~20 anos)	1,14 milhão	~55% das famílias do Semiárido	Médio	(MDS, 2024)
Cisternas entregues desde jan/2023	39 mil	~2% das famílias	Baixo	(MDS, 2024)
Famílias com acesso direto à água de rede –		33	Alto déficit	IBGE, 2024a

\*Escala qualitativa de atendimento: Baixo (<10), Médio (10–50%), Alto (50)

Embora o programa tenha uma cobertura expressiva, com mais de um milhão de tecnologias entregues, o ritmo de novas entregas e o déficit crônico de acesso à rede de água evidenciam que a segurança hídrica domiciliar ainda depende largamente de soluções descentralizadas e alternativas. 3.4. Impactos Ambientais e Sanitários da Ausência de Saneamento A ausência de coleta e tratamento de efluentes sanitários representa uma das maiores pressões antrópicas sobre os corpos d’água da Caatinga. A Agência Nacional de Águas (ANA) estima que aproximadamente 40–50% da carga doméstica gerada no país não recebe tratamento, resultando na degradação da qualidade da água e na limitação de seus usos múltiplos (ANA, 2022).

O lançamento de esgotos in natura causa a eutrofização dos rios e reservatórios, afetando a biota aquática, reduzindo o oxigênio dissolvido e tornando a água imprópria para consumo e recreação (Salati et al., 2023). Adicionalmente, a ausência de tratamento adequado contribui para a disseminação de patógenos, com graves consequências para a saúde pública. Estudos epidemiológicos demonstram a correlação direta entre a carência de saneamento e a alta incidência de doenças de veiculação hídrica, como diarreia, febre tifoide, cólera e parasitoses intestinais (Ribeiro et al., 2022). A Tabela 3 detalha a relação entre os tipos de saneamento, a porcentagem de domicílios atendidos e a escala de risco ambiental e sanitário.

**Tabela 3 – Impacto ambiental e sanitário do saneamento em corpos d’água da Caatinga.**

Tipo de saneamento	% domicílios atendidos	Impacto ambiental	Impacto sanitário	Escala qualitativa de risco*	Fonte
Esgoto tratado em rede	10–62% (varia por estado)	Baixo	Baixo	Baixo	IBGE, 2024b; ANA, 2022
Esgoto não tratado / fossas rudimentares	38–90%	Eutrofização, contaminação	Alto risco de doenças	Alto	ANA, 2022; Ribeiro et al., 2022
Tecnologias descentralizadas (wetlands, biodigestores)	≤5	Reduz poluição e DBO	Baixo	Médio	Matos et al., 2018; Dantas et al., 2021

\*Escala de risco: Baixo (impacto <30%), Médio (30–60%), Alto (>60%)

### 3.4.Soluções Tecnológicas Descentralizadas e sua Eficiência

A superação dos desafios do saneamento no semiárido requer um novo paradigma que priorize a descentralização, a sustentabilidade e a adaptabilidade às condições locais. Soluções tecnológicas de baixo custo e fácil operação, como as mencionadas a seguir, têm potencial para transformar o cenário.

#### 3.4.1. Wetlands Construídos (WC)

Os Wetlands construídos são ecossistemas artificiais que utilizam plantas aquáticas para tratar efluentes. Em sistemas de escoamento subsuperficial, as águas residuais fluem através de um leito de brita e areia, onde raízes de macrófitas (como taboa e lírio-do-brejo) e microrganismos associados removem poluentes, incluindo matéria orgânica, sólidos suspensos e nutrientes. Estudos demonstram que os WC são altamente eficientes na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), alcançando mais de 80% de eficiência, com baixo custo de implantação e manutenção (Matos et al., 2018). Existem duas variações principais:

**Fluxo Subsuperficial Horizontal (FSH):** O efluente flui horizontalmente através do leito. É mais simples de operar e apresenta boas taxas de remoção de DBO e sólidos. No entanto, sua eficiência na remoção de nitrogênio e fósforo pode ser limitada.

**Fluxo Subsuperficial Vertical (FSV):** O efluente é aplicado de forma intermitente na superfície, percolando verticalmente. Este modelo favorece a aeração, resultando em maiores taxas de remoção de matéria orgânica e nitrificação do nitrogênio (Dantas et al., 2021). Estudos em escala-piloto no Brasil demonstraram que sistemas de FSV podem atingir remoções de DBO superiores a 90% (Salati et al., 2023).

#### 3.4.2. Fossas Sépticas Biodigestoras e Reuso de Efluentes

As fossas biodigestoras são sistemas compactos que combinam a digestão anaeróbia de efluentes com a produção de biogás e biofertilizante. O biogás pode ser utilizado como fonte de energia limpa para cozinhar, enquanto o efluente tratado, rico em nutrientes, pode ser reutilizado de forma segura na agricultura ou em usos não potáveis. O reuso seguro de águas cinzas e efluentes tratados é uma estratégia vital para a economia de água, especialmente em uma região cronicamente afetada pela escassez hídrica (ANA, 2022). A Tabela 4 compara a eficiência de diferentes soluções descentralizadas na remoção de poluentes.

**Tabela 4 – Eficiência de remoção de poluentes de soluções de saneamento descentralizado.**

Tecnologia	Parâmetro	Eficiência Média (%)	Fonte (autor, ano)
Wetland Construído (FSH)	DBO	70–85	Matos et al., 2018
Wetland Construído (FSV)	DBO	> 90	Salati et al., 2023
Wetland Construído (FSV)	Nitrogênio	40–70	Dantas et al., 2021
Fossa Séptica Biodigestora	DBO	60–80	Salati et al., 2023
Fossa Séptica Biodigestora	Sólidos em Suspensão	75–90	Salati et al., 2023

### 3.5.Desafios de Implementação e Políticos-Institucionais

Apesar da comprovada eficácia técnica das soluções descentralizadas, sua implementação em larga escala no semiárido enfrenta barreiras significativas. A dispersão populacional, característica das áreas rurais, dificulta a logística de construção e manutenção (IBGE, 2024a). No plano financeiro, o baixo poder aquisitivo das famílias rurais e a escassez de mecanismos de financiamento público adequados limitam a adoção e a sustentabilidade dessas tecnologias (Ribeiro et al., 2022). A Tabela 5 apresenta um quadro de desafios qualitativos que devem ser considerados na formulação de políticas públicas.

**Tabela 5 – Desafios qualitativos na implementação de saneamento rural no Semiárido.**

<b>Desafio</b>	<b>Descrição</b>	<b>Fonte (autor, ano)</b>
Aceitação social	Necessidade de capacitação e engajamento comunitário para operação e manutenção.	Ribeiro et al., 2022
Institucional	Falta de coordenação entre os diferentes níveis de governo e a sociedade civil para o planejamento e a execução de projetos.	ANA, 2022
Financeiro	Alto custo inicial por unidade instalada e ausência de modelos de negócio sustentáveis.	Salati et al., 2023
Regulatório	Marcos regulatórios desatualizados que não contemplam adequadamente as soluções descentralizadas.	ANA, 2022

### 3.6.Análise de Custos e Benefícios

A análise de custos e benefícios do saneamento rural deve ir além dos custos de construção e operação. É fundamental considerar os benefícios sociais e econômicos indiretos. Um estudo de custos-benefício para a região do semiárido aponta que, para cada real investido em saneamento, há um retorno de aproximadamente R\$ 4,00 em economia com saúde pública e aumento da produtividade (Ribeiro et al., 2022). A Tabela 6 detalha esses benefícios.

**Tabela 6 – Benefícios econômicos e sociais da universalização do saneamento no Semiárido.**

<b>Tipo de Benefício</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Fonte (autor, ano)</b>
Saúde pública	Redução de 1,5% a 3% na incidência de diarreia infantil para cada 1% de aumento na cobertura.	Ribeiro et al., 2022
Produtividade	Redução do absenteísmo escolar e laboral, com aumento estimado em 5% da produtividade rural.	Salati et al., 2023
Econômico	Valorização de propriedades rurais e redução de gastos com tratamento de água contaminada.	ANA, 2022
Ambiental	Preservação da qualidade da água, da biodiversidade e dos ecossistemas aquáticos.	Matos et al., 2018

A abordagem integrada que combina tecnologias descentralizadas com programas sociais, como o Programa Cisternas, pode ser o caminho para alcançar a universalização e a resiliência hídrica no semiárido, garantindo benefícios de longo prazo para a saúde, a economia e o meio ambiente.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente análise reforça que a universalização do saneamento no semiárido brasileiro, especialmente em suas áreas rurais, é um desafio complexo que exige a superação de barreiras infraestruturais, financeiras e sociais.

A persistência de déficits crônicos de acesso a serviços de água e esgoto, conforme demonstrado pelos dados do IBGE e da ANA, demanda uma abordagem multifacetada que vá além do modelo centralizado. As soluções descentralizadas e sustentáveis, como os wetlands construídos, as fossas biodigestoras e o reuso de efluentes, apresentam-se como alternativas viáveis e adaptadas às condições socioambientais da região.

A integração dessas tecnologias com uma política pública robusta pode acelerar a cobertura do serviço de saneamento e, simultaneamente, promover a resiliência e a economia circular nas comunidades locais. Para o futuro, é imperativo que as políticas públicas integrem a inovação tecnológica com o conhecimento tradicional das comunidades.

A pesquisa acadêmica deve continuar a avaliar o desempenho e a viabilidade dessas soluções em diferentes contextos do semiárido, aprimorando os modelos existentes e desenvolvendo novas tecnologias. Além disso, a alocação de recursos e a execução de programas de saneamento devem ser orientadas por dados atualizados e por uma compreensão aprofundada das desigualdades regionais, visando à equidade e à dignidade para todas as populações do semiárido.

A agenda do desenvolvimento sustentável na região passa, inequivocamente, pela garantia do acesso universal ao saneamento básico.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGÊNCIA GOV/MDS. (2024). Programa Cisternas garante água, alimento e autonomia para famílias do Semiárido e da Amazônia. Disponível em: <https://agenciagov.etc.com.br/noticias/202410/programa-cisternas-garante-agua-alimento-e-autonomia-para-familias-do-semiarido-e-da-amazonia>. Acesso em: 24 set. 2025.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). (2017). Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. Brasília: ANA. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/atlas-esgotos/>. Acesso em: 24 set. 2025.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). (2022). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Informe Anual. Brasília: ANA. Disponível em: ([https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/ConjunturaInforme\\_2022\\_PDF\\_Final\\_RevDIREC.pdf](https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/ConjunturaInforme_2022_PDF_Final_RevDIREC.pdf)). Acesso em: 24 set. 2025.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). (2024). Relatório de Gestão do Exercício 2024. Brasília: ANA. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-aud/relatorio-de-gestao/relatorio-de-gestao-do-exercicio-2024.pdf>. Acesso em: 24 set. 2025.

CASA CIVIL. (2024). Programa Cisternas — 1,14 milhão de cisternas em ~20 anos. Disponível em: <https://ptnosenado.org.br/ate-outubro-governo-lula-entregou-39-mil-cisternas-no-semiarido-nordestino/>. Acesso em: 24 set. 2025.

DANTAS, A. A., et al. (2021). Desempenho de wetlands construídos no tratamento de águas residuais domésticas em pequenas comunidades. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 26, n. 4, p. 789-801.

EMBRAPA. (2007). Zoneamento Agroclimatológico do Semiárido Nordeste. Petrolina: Embrapa Semiárido.

EMBRAPA. (2019). Características dos solos e regime de chuvas na Caatinga. Petrolina: Embrapa Semiárido.

IBGE. (2022). Censo Demográfico 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/>. Acesso em: 24 set. 2025.

IBGE. (2023). Destaque estadual — baixa conexão urbana à rede de esgoto no Piauí (23,3%). Agência de Notícias - IBGE.

IBGE. (2024a). Em 2023, um em cada três domicílios rurais era abastecido por rede geral de água. Agência de Notícias - IBGE. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/42292-em-2023-um-em-cada-tres-domicilios-rurais-era-abastecido-por-rede-geral-de-agua>. Acesso em: 24 set. 2025.

IBGE. (2024b). Rede de esgoto alcança 62,5% da população, mas com variações regionais. Agência de Notícias - IBGE. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/busca-avancada.html?contem=lixo>. Acesso em: 24 set. 2025.

MATOS, A. T., et al. (2018). Eficiência de wetlands construídos de escoamento subsuperficial horizontal no tratamento de efluente de esgoto doméstico. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 38, n. 6, p. 890-898.

MMA/CNUC. (2024). *Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação*. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/climate-change-and-sustainable-development/convencao-das-nacoes-unidas-de-combate-a-desertificacao-cnuc>. Acesso em: 24 set. 2025.

RIBEIRO, A. C., et al. (2022). Desigualdades no acesso a saneamento e impacto na saúde pública rural no Nordeste. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 38, n. 1, e00123421.

SALATI, A. R., et al. (2023). Soluções descentralizadas para tratamento de esgoto: Análise de desempenho e viabilidade em comunidades do semiárido. *Recursos Hídricos em Debate*, v. 12, n. 2, p. 145-160.

SUDENE. (2021). Relatório Final de Delimitação do Semiárido — 1.262 municípios. Serviços e Informações do Brasil. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/02semiariadorelatorionv.pdf>. Acesso em: 24 set. 2025.