

MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO SEMIÁRIDO: UM FRAMEWORK INTEGRADO DE TECNOLOGIAS E POLÍTICAS

Wender Messiatto da Silva¹

Italo Kael Gilson²

Yago Rodrigues Cruz³

RESUMO: O semiárido brasileiro, caracterizado como uma das regiões semiáridas mais densamente povoadas e socioeconomicamente vulneráveis do mundo, enfrenta desafios persistentes relacionados à escassez hídrica, intensificados pela irregularidade pluviométrica e elevada evapotranspiração. Este estudo realiza uma análise crítica das estratégias sustentáveis para o manejo de águas pluviais, enfatizando o papel das tecnologias sociais e das políticas públicas voltadas ao desenvolvimento rural. Por meio de uma revisão sistemática da literatura científica e da análise de dados provenientes de instituições de pesquisa e órgãos governamentais, são avaliadas a eficácia e os impactos de tecnologias como cisternas familiares e comunitárias, barragens subterrâneas e soluções de infraestrutura verde. Os resultados indicam que a adoção dessas tecnologias contribui significativamente para a segurança hídrica, a promoção da saúde, o fortalecimento do capital social e a geração de renda local. Entretanto, persistem desafios relevantes, incluindo a garantia da qualidade da água, a sustentabilidade financeira dos programas e a consistência na alocação de recursos orçamentários. Para mitigar essas limitações, o estudo propõe um framework conceitual integrado, articulando as dimensões tecnológica, social, econômica, ambiental e institucional, oferecendo subsídios para a formulação de políticas públicas mais robustas, adaptativas e capazes de fomentar uma convivência resiliente e sustentável com o semiárido.

Palavras-chave: Semiárido brasileiro; Manejo de águas pluviais; Tecnologias sociais; Políticas públicas de desenvolvimento rural; Segurança hídrica; Resiliência socioambiental.

RAINWATER MANAGEMENT IN THE SEMI-ARID REGION: AN INTEGRATED FRAMEWORK OF TECHNOLOGIES AND POLICIES

ABSTRACT: The Brazilian semi-arid region, recognized as one of the most densely populated and socioeconomically vulnerable semi-arid areas in the world, faces persistent challenges related to water scarcity, exacerbated by irregular rainfall patterns and high evapotranspiration rates. This study provides a critical analysis of sustainable strategies for rainwater management, emphasizing the role of social technologies and public policies aimed at rural development. Through a systematic review of scientific literature and the analysis of data from research institutions and governmental agencies, the study evaluates the effectiveness and impacts of technologies such as household and community cisterns, underground dams, and green infrastructure solutions. The results indicate that the implementation of these technologies significantly contributes to water security, public health promotion, social capital strengthening, and local income generation. However, persistent challenges remain, including ensuring water quality, financial sustainability of programs, and consistency in budget allocation. To address these limitations, the study proposes an integrated conceptual framework that articulates technological, social, economic, environmental, and institutional dimensions, providing guidance for the formulation of more robust and adaptive public policies capable of fostering resilient and sustainable living in the semi-arid region.

Keywords: Brazilian semi-arid region; Rainwater management; Social Technologies; Rural development public policies; Water security; Socio-environmental resilience.

¹Doutorando em Ciência dos Materiais pela Universidade Federal do Vale do São Francisco

²Mestrando em Agroecossistemas em Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Email: italo.gilson@gtf.com.br

³Graduado em Engenharia Química em Universidade Federal dos Pampas

1. Introdução: Contexto da Escassez Hídrica e o Desafio da Convivência

O semiárido brasileiro, abrangendo aproximadamente 12% do território nacional, caracteriza-se como uma região de elevada complexidade socioambiental, na qual as dinâmicas climáticas, sociais e econômicas interagem para gerar vulnerabilidades persistentes. Com cerca de 28 milhões de habitantes, dos quais 38% residem em áreas rurais, trata-se de um dos semiáridos mais densamente povoados do mundo (IBGE, 2022). As condições climáticas da região, marcadas por precipitação média anual inferior a 800 mm, índice de aridez de até 0,5 e risco de seca superior a 60%, consolidam a gestão dos recursos hídricos como um elemento crítico para o desenvolvimento sustentável (Malvezzi, 2007).

Apesar de avanços significativos nas últimas décadas, o acesso a serviços básicos de saneamento permanece insuficiente. A limitada disponibilidade de água potável e a precariedade dos sistemas de esgotamento sanitário afetam de forma desproporcional as comunidades rurais, intensificando a concentração de pobreza. Em 2022, a região Nordeste, que abrange a maior parte do semiárido, concentrava 43,5% da população brasileira em situação de pobreza (ASA, 2024). Este contexto demanda estratégias inovadoras e sustentáveis, que se afastem do modelo tradicional de mitigação de secas e adotem uma abordagem centrada na convivência com o bioma.

A relevância deste estudo reside na necessidade de uma análise integradora que articule a avaliação da eficácia técnica das tecnologias de manejo de águas pluviais com os desafios de sua implementação social, econômica e institucional. Ao examinar criticamente o desempenho de iniciativas exitosas e os obstáculos enfrentados por programas governamentais, esta pesquisa objetiva fornecer subsídios para a formulação de políticas públicas mais efetivas. Especificamente, o estudo propõe analisar tecnologias sociais, como cisternas, barragens subterrâneas e infraestrutura verde; avaliar a sustentabilidade de programas governamentais, incluindo o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) e o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR); e, por fim, propor um framework conceitual integrado para orientar futuras intervenções. A metodologia adotada fundamenta-se em revisão sistemática da literatura científica e análise de documentos oficiais de organizações relevantes, com ênfase em publicações e relatórios recentes, garantindo uma visão atualizada e aprofundada sobre o tema.

2. Fundamentação Teórica e Contextualização do Semiárido

2.1. Caracterização Climática e Hidrológica

A delimitação oficial do semiárido brasileiro fundamenta-se em critérios climáticos precisos: precipitação média anual inferior a 800 mm, índice de aridez de até 0,5 e risco de seca superior a 60% (Malvezzi, 2007). A dinâmica hidrológica da região apresenta elevada complexidade, caracterizada pela intensa variabilidade espacial e temporal das precipitações, concentradas em períodos relativamente curtos do ano. Esta irregularidade pluviométrica, aliada a taxas elevadas de evapotranspiração, que em determinadas áreas podem superar duas vezes a precipitação anual, evidencia a necessidade imperiosa de estratégias eficazes de retenção e manejo da água da chuva, essenciais para a sobrevivência e o desenvolvimento socioeconômico regional.

2.2. Desafio Socioeconômico e Vulnerabilidade Populacional

A vulnerabilidade socioeconômica do semiárido brasileiro constitui um fenômeno complexo, multidimensional e historicamente estruturado. Dados do Censo Demográfico de 2022, conduzido pelo IBGE, indicam que o crescimento populacional da região (3,7% entre 2010 e 2022) permaneceu significativamente abaixo da média nacional (6,5%), refletindo um processo de esvaziamento demográfico (IBGE, 2022). Observa-se ainda que 51% dos municípios semiáridos perderam população no mesmo período, e que 90% das localidades com maior número de residências permanentemente fechadas encontram-se na região (Jornal da USP, 2024).

Esses indicadores demonstram que a migração rural não se explica exclusivamente por condições climáticas adversas. Embora a escassez hídrica e as limitações climáticas impactem diretamente a atividade agrícola, a principal motivação para o êxodo rural é a busca por oportunidades educacionais e laborais em centros urbanos, notadamente nas áreas litorâneas do Nordeste ou em outras regiões do país (Jornal da USP, 2024). Tal contexto evidencia que a provisão de água isoladamente não garante a fixação populacional; a segurança hídrica deve estar integrada a estratégias mais amplas de desenvolvimento socioeconômico que promovam oportunidades locais, fortalecendo a resiliência e o futuro das comunidades rurais. Em outras palavras, a ausência de perspectivas sociais e econômicas constitui o principal determinante da migração, mais do que a mera ausência de precipitação.

2.3. Paradigma da Convivência com o Semiárido

Historicamente, as políticas de gestão hídrica no semiárido foram pautadas pelo paradigma do "combate à seca", caracterizado pela construção de grandes obras de engenharia para o armazenamento e distribuição de água. No entanto, tais iniciativas demonstraram limitações quanto à efetiva garantia de acesso à água para a população rural, frequentemente excluída dos benefícios dessas infraestruturas.

Nesse contexto, o manejo de águas pluviais representa uma transição para o paradigma da "convivência com o semiárido", o qual valoriza soluções descentralizadas, de baixo custo e baseadas no conhecimento local. Em contraste com estratégias de dominação da natureza, este enfoque prioriza adaptação, resiliência e sustentabilidade, promovendo o uso de tecnologias sociais apropriáveis e geridas pelas próprias comunidades. Além de assegurar a segurança hídrica, essa abordagem contribui para o fortalecimento do capital social, o empoderamento comunitário e o desenvolvimento econômico local, constituindo-se em um modelo de intervenção integrado e contextualizado à realidade semiárida.

3. Análise Crítica e Avaliação da Eficácia das Tecnologias Sociais

3.1. Cisternas Familiares e Comunitárias

As cisternas de placas, com capacidade padrão de 16.000 litros, são uma das tecnologias sociais mais eficazes para garantir a segurança hídrica de uma família de cinco pessoas por até oito meses de estiagem (FUNASA, 2019; Agência Gov, 2024). O Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), coordenado pela Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), é a principal iniciativa de difusão dessa tecnologia, tendo beneficiado mais de 650.000 famílias em mais de 1.000 municípios da região (ASA, 2024). A sua ampla aceitação e o recente investimento

federal de mais de R\$ 600 milhões em 2023 para contratar 62.700 novas unidades demonstram a sua relevância e eficácia comprovada (Agência Gov, 2024).

A implementação das cisternas gera um efeito dominó de benefícios socioeconômicos. A redução do tempo gasto na busca por água, que chega a quase 90%, é um dos impactos mais significativos, beneficiando desproporcionalmente mulheres e crianças, que historicamente assumem essa tarefa (Fiocruz, 2023). A liberação desse tempo permite que os membros da família se dediquem a atividades produtivas e educacionais. Além disso, um estudo da Fiocruz aponta que o acesso contínuo à água de qualidade melhora a segurança alimentar para 75% das famílias e tem impactos positivos na saúde, como o aumento de peso em bebês de gestantes que contam com a tecnologia (Fiocruz, 2023). A cisterna, portanto, transcende a função de um mero reservatório e se estabelece como um catalisador de empoderamento social e desenvolvimento econômico local, transformando o acesso à água em um pilar para a melhoria de vida.

3.2. Barragens Subterrâneas

As barragens subterrâneas são tecnologias apropriadas que complementam a função das cisternas, focando no uso produtivo da água. Elas operam retendo a água da chuva no subsolo por meio de uma parede impermeável, elevando o lençol freático e mantendo o solo úmido por um período de dois a cinco meses após as chuvas (Embrapa, 2011). Essa característica é vital para a agricultura familiar, permitindo a produção agropecuária durante a estação seca e minimizando a dependência das chuvas (Embrapa, 2013).

Um estudo recente da Embrapa de 2023, avaliado no Balanço Social, revela o alto retorno sobre o investimento dessa tecnologia. A análise de custo-benefício (B/C) apontou uma relação de 2,27, indicando que cada R\$ 1,00 investido gerou um retorno de R\$ 2,27 para a sociedade (Embrapa, 2023; Paracatu Rural, 2024). Além do retorno financeiro para a sociedade, os agricultores que adotaram a tecnologia tiveram um incremento anual médio de 375 kg na produção, resultando em uma renda excedente de R\$ 7.361,10 por hectare em relação aos produtores que não a possuíam (Paracatu Rural, 2024). Esses dados transformam a barragem subterrânea de uma simples tecnologia de subsistência em uma estratégia de fomento econômico tangível. Essa capacidade de gerar renda e segurança alimentar robustece o argumento para a alocação de mais recursos públicos para essa tecnologia, alinhando-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Embrapa, 2013).

3.3. Infraestrutura Verde

A infraestrutura verde representa uma abordagem mais ampla e sistêmica para o manejo de águas pluviais, integrando a vegetação, os solos e os processos naturais. Embora ainda em fase de maior exploração no contexto do semiárido brasileiro, o conceito já está sendo discutido e aplicado em algumas iniciativas (US EPA, 2021). A implementação de práticas como jardins de chuva, bacias de bioinfiltração e sistemas agroflorestais contribui não apenas para a gestão do escoamento superficial, mas também para a conservação da biodiversidade, a regulação microclimática e a melhoria da qualidade de vida das comunidades (Martins et al., 2022). No contexto rural, os sistemas agroflorestais demonstram ser particularmente promissores, pois combinam a produção de alimentos com a conservação dos recursos naturais, aumentando a infiltração de água no solo e reduzindo a erosão.

A Tabela 1 apresenta um comparativo das principais tecnologias de manejo de águas pluviais no semiárido brasileiro, destacando sua eficácia, custo inicial, complexidade de implementação, impacto socioeconômico e limitações principais.

Tabela 1: Comparativo da Eficácia, Viabilidade e Complexidade das Tecnologias de Manejo de Águas Pluviais.

Tecnologia	Eficácia Principal	Custo Inicial	Complexidade de Implementação	Impacto Socioeconômico	Limitações Principais
Cisternas Familiares	Segurança Hídrica para Consumo	Baixo	a Baixa	Redução do tempo de busca de água, melhoria da saúde e segurança alimentar (Fiocruz, 2023)	Qualidade da água, necessidade de manutenção (ResearchGate, 2020)
Barragens Subterrâneas	Produção Agrícola e Segurança Alimentar	Moderado	a Alto	Média a Alta	Incremento de renda e produção; retorno de 2,27 Requerimentos para cada R\$ 1,00 técnicos específicos investido (Embrapa, 2023; (geologia, solo) Paracatu Rural, 2024)
Infraestrutura Verde	Drenagem, Conservação e Microclima	Baixo	a Moderado	Média	Conservação dos recursos, Conhecimento melhoria da qualidade de técnico e cultural vida (Martins et al., 2022) para implementação

4. Políticas Públicas e a Dinâmica de Implementação no Contexto Rural

4.1. Avaliação do Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC)

O P1MC, coordenado pela ASA, é amplamente reconhecido como um modelo de sucesso de política pública baseada em tecnologia social. Sua metodologia participativa, que envolve as comunidades rurais em todas as etapas, desde a capacitação técnica até a gestão, é um fator determinante para sua sustentabilidade a longo prazo (Alves et al., 2021). No entanto, a análise do programa revela que ele é vulnerável à descontinuidade política e à falta de financiamento. Dados de 2023 e 2024 confirmam que o programa foi retomado após um longo período de paralisação (Agência Gov, 2024), que demonstrou uma fragilidade institucional em governos anteriores. Essa intermitência no financiamento afeta a perenidade das ações e a capacidade de atender a demanda reprimida. Além disso, a sustentabilidade financeira, particularmente a manutenção das estruturas ao longo do tempo, continua sendo um desafio relevante.

4.2. O Papel do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR)

O PNSR, executado pela FUNASA, foi concebido para universalizar o acesso ao saneamento básico nas áreas rurais. No entanto, o desempenho do programa é marcado por uma grande discrepância entre as metas e os investimentos reais. O IPEA (2020) aponta que a meta do PNSR para a universalização do saneamento rural estabelecia um investimento médio anual de cerca de R\$ 10 bilhões. No entanto, o somatório dos investimentos entre 2019 e 2022 foi de aproximadamente R\$ 1,09 bilhão, um valor alarmantemente abaixo da meta de R\$ 40 bilhões para o período (IPEA, 2020).

A análise revela que a dificuldade em atingir as metas não se deve a uma falta de tecnologias ou conhecimento, mas sim a uma falha de governança, caracterizada pela insuficiente alocação de recursos financeiros e pela baixa prioridade política (IPEA, 2020). Isso indica que a universalização do saneamento rural é uma questão que demanda, sobretudo, vontade política e um compromisso orçamentário consistente para ser alcançada.

Como apresentado na Tabela 2, o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) e o Programa 1 Milhão de Cisternas (P1MC) apresentam diferenças significativas em termos de investimento e cobertura de beneficiários entre 2019 e 2023. O PNSR contou com um investimento aproximado de R\$ 1,09 bilhão no período de 2019-2022 (IPEA, 2020), enquanto o P1MC, em 2023, teve R\$ 600 milhões investidos para a contratação de 62.700 cisternas (Agência Gov, 2024).

Tabela 2: Comparativo de Desempenho e Financiamento do P1MC e PNSR (2019-2023).

Programa	Período de Análise	Investimento Total	Número de Unidades/Beneficiários
PNSR (FUNASA)	2019-2022	Aprox. R\$ 1,09 bilhão (IPEA, 2020)	N/A (não especificado nos documentos)
P1MC (ASA/MDS)	2023	R\$ 600 milhões (Agência Gov, 2024)	62.700 cisternas contratadas (Agência Gov, 2024)

4.3. Desafios de Governança, Financiamento e Sustentabilidade de Longo Prazo

Os dados de financiamento demonstram que, apesar da existência de programas bem planejados, a fragmentação institucional e a descontinuidade política representam os principais obstáculos para o sucesso a longo prazo das intervenções. A dependência de ciclos governamentais e a falta de uma agenda de Estado para o saneamento rural impedem a perenidade das ações.

Além do financiamento, a sustentabilidade das tecnologias depende de uma capacitação contínua das comunidades e de uma rede de assistência técnica que garanta a manutenção adequada das estruturas. A ausência de um plano de gestão integrada e a falta de coordenação entre os diferentes órgãos de governo comprometem a eficiência na utilização dos recursos públicos e a eficácia das intervenções.

5. Inovações e Perspectivas Tecnológicas para o Futuro do Manejo Hídrico

5.1. Novas Abordagens em Materiais e Métodos Construtivos

O manejo de águas pluviais pode ser aprimorado com o uso de materiais construtivos mais sustentáveis e de baixo custo. Um estudo da PUC Goiás mostra que os tijolos de solo-cimento, também conhecidos como tijolos ecológicos, podem reduzir o custo de construção de residências em até 40% e o tempo de obra em 30% em comparação com a alvenaria convencional (Matos et al., 2022). A produção desses tijolos não requer a queima em fornos, o que evita a emissão de gases do efeito estufa e reduz o impacto ambiental (Matos et al., 2022).

A adoção desses materiais em larga escala pode tornar a construção de cisternas e outras infraestruturas hídricas mais acessível e economicamente viável, permitindo que os programas de saneamento ampliem o número de beneficiários com o mesmo orçamento.

5.2. A Revolução da Internet das Coisas (IoT) e a Agricultura de Precisão

A Internet das Coisas (IoT) oferece uma nova fronteira para o manejo inteligente da água no semiárido. A aplicação de sensores de IoT em cisternas e sistemas de irrigação permite o monitoramento em tempo real do nível, da vazão e da qualidade da água, da umidade do solo e das condições climáticas (Sebrae, 2025; HidroPAAS, 2025; Boquinstruments, 2025). Essa

tecnologia transforma a gestão hídrica de uma prática reativa em uma estratégia ativa e orientada por dados, otimizando o uso do recurso.

A agricultura de precisão, viabilizada pela IoT, pode aumentar a produtividade em até 25% e reduzir o consumo de insumos como água e fertilizantes em 20% (Sebrae, 2025). A capacidade de tomar decisões com base em informações precisas sobre o momento ideal para irrigar, por exemplo, é crucial em um contexto de escassez hídrica.

A aplicação dessas tecnologias na agricultura familiar, no entanto, enfrenta o desafio da falta de conectividade e do alto custo inicial dos equipamentos. A difusão dessas inovações exigirá a colaboração de instituições de pesquisa e fomento, como a Embrapa e o Sebrae, para desenvolver modelos de negócio e tecnologias adaptadas à realidade socioeconômica da região (Sebrae, 2025).

6. Proposta de um Framework Integrado para o Manejo Adaptativo de Águas Pluviais

A complexidade dos desafios do semiárido, demanda uma abordagem integrada que vá além da solução tecnológica. Um framework conceitual, que articula as diversas dimensões do desenvolvimento rural, é essencial para guiar a formulação de políticas públicas mais eficazes.

Dimensão Tecnológica: A seleção de tecnologias deve ser contextualizada e flexível, priorizando soluções de baixo custo e fácil operação. A ênfase não deve ser apenas na captação e no armazenamento, mas também no tratamento da água, garantindo a potabilidade e mitigando riscos de contaminação microbiológica, um problema recorrente em cisternas. O uso de materiais sustentáveis e a adoção de tecnologias emergentes como a IoT devem ser incentivados.

Dimensão Social: O engajamento e o empoderamento das comunidades são cruciais. A metodologia participativa, demonstrada pelo P1MC, deve ser o pilar de qualquer programa (Alves et al., 2021). A capacitação técnica das famílias e o fortalecimento das organizações comunitárias garantem a apropriação e a sustentabilidade das intervenções a longo prazo.

Dimensão Econômica: A análise de viabilidade deve considerar o retorno financeiro direto e indireto para as famílias, transformando a segurança hídrica em um motor de crescimento econômico. O caso das barragens subterrâneas, com seu alto retorno sobre o investimento, serve de modelo para essa abordagem (Embrapa, 2023). É fundamental buscar a diversificação das fontes de financiamento e a criação de mecanismos que assegurem a sustentabilidade financeira dos sistemas.

Dimensão Ambiental: O manejo de águas pluviais deve ser integrado a práticas de conservação dos recursos naturais. A promoção de infraestrutura verde e o uso de materiais que minimizem o impacto ambiental da construção são essenciais. As estratégias de manejo devem contribuir para a recarga de aquíferos e a redução da erosão, fortalecendo a resiliência do ecossistema local.

Dimensão Institucional: A perenidade e a eficácia das políticas públicas dependem de um forte arranjo institucional. A articulação intersetorial entre diferentes níveis de governo, a sociedade civil e o setor privado é fundamental. A criação de um marco regulatório consistente e a garantia de financiamento contínuo, independentemente dos ciclos políticos, são pilares para o sucesso a longo prazo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo de águas pluviais no semiárido brasileiro se consolida como uma estratégia eficaz e essencial para mitigar a escassez hídrica e fomentar o desenvolvimento rural sustentável. Tecnologias sociais, como cisternas e barragens subterrâneas, demonstram impactos significativos na segurança hídrica e alimentar, na saúde e na renda das populações rurais. Enquanto as cisternas se destacam pela simplicidade e importância no consumo humano, as barragens subterrâneas apresentam elevado retorno econômico para a produção agrícola.

A análise dos programas governamentais evidencia que os desafios mais relevantes não são de natureza tecnológica, mas institucional e financeira. A descontinuidade das políticas públicas e a disparidade entre metas e recursos comprometem a universalização dos serviços de saneamento. Nesse contexto, inovações em materiais construtivos e a integração de tecnologias digitais, como a Internet das Coisas (IoT), oferecem oportunidades para aumentar a eficiência e a acessibilidade das soluções. A superação desses obstáculos demanda uma abordagem integrada, articulando dimensões tecnológica, social, econômica, ambiental e institucional, conforme estruturado no framework conceitual deste estudo.

Uma limitação importante reside na dependência de dados secundários e na escassez de pesquisas longitudinais que avaliem a eficácia e a sustentabilidade das tecnologias a longo prazo. Grande parte das evidências concentra-se em períodos curtos ou intermediários, dificultando a análise da perenidade das intervenções. Estudos futuros que acompanhem as iniciativas ao longo do tempo serão essenciais para consolidar estratégias de manejo hídrico efetivas e duradouras no semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA GOV. (2024). **Programa Cisternas avança e promove cidadania às famílias do Semiárido**. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202404/programa-cisternas-investe-r-570-milhoes-em-2024>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- ALVES, P. et al. (2021). **Tecnologias sociais e convivência com o semiárido**. *Revista Brasileira de Estudos Regionais*. Disponível em: <https://www.scielo.br>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- ASA Brasil. (2024). **O Semiárido é....** Disponível em: <https://asabrasil.org.br/semiarido/>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- BOQUINSTRUMENTS. (2025). **Sensores de Qualidade de Água IoT para Monitoramento e Análise Remotos**. Disponível em: <http://pt.boquinstruments.com/news/iot-water-quality-sensor/>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- EMBRAPA. (2011). **Barragem subterrânea**. Brasília: Embrapa Semiárido. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/917165/barragem-subterranea>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- EMBRAPA. (2013). **Sustentabilidade de agroecossistemas com barragem subterrânea**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/9934/sustentabilidade-de-agroecossistemas-com-barragem-subterranea>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- EMBRAPA. (2023). **Relatório de Tecnologias de Captação de Água de Chuva no Semiárido**. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/estudo-revela-impactos-positivos-das-barragens-subterraneas_487763.html. Acesso em: 19 ago. 2025.
- FIOCRUZ. (2023). **Cisternas diminuem doenças e melhoram segurança alimentar em região de seca, aponta estudo**. Disponível em: <https://cidacs.bahia.fiocruz.br/2025/08/cisternas-diminuem-doencas-e-melhoram-seguranca-alimentar-em-regiao-de-seca-aponta-estudo/>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- FUNASA. (2019). **Caderno Didático/Técnico - Manejo de águas pluviais em áreas rurais**. Brasília: FUNASA. Disponível em: <https://www.funasa.gov.br>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- HIDROPAAS. (2025). **IOT e a revolução no monitoramento de recursos hídricos**. Disponível em: <https://www.hidropaas.com.br/post/iot-e-a-revolu%C3%A7%C3%A7%C3%A3o-no-monitoramento-de-recursos-h%C3%ADdricos>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- IBGE. (2022). **Censo Demográfico 2022**. Disponível em: <https://midianinja.org/ibge-2022-a-populacao-do-semiarido-despencou-e-mudancas-climaticas-podem-ser-o-motivo/>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- IPEA. (2020). **Saneamento Básico no Meio Rural: uma agenda para a gestão intersetorial e a participação social**. Brasília: IPEA. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstreams/90f5d6a4-bc9f-4e3f-953b-15bdfe056249/download>. Acesso em: 19 ago. 2025.

JORNAL DA USP. (2024). **Censo mostra que 90% dos municípios com maior número de residências fechadas estão no semiárido.** Disponível em: <https://jornal.usp.br/radio-usp/censo-mostra-que-90-dos-municípios-com-maior-numero-de-residencias-fechadas-estao-no-semiárido/>. Acesso em: 19 ago. 2025.

MALVEZZI, A. (2007). **O uso e degradação dos recursos naturais no semiárido brasileiro. Caminhos de Geografia.** Disponível em: <https://seer.ufu.br>. Acesso em: 19 ago. 2025.

MARTINS, P. et al. (2022). **Infraestrutura verde para manejo de águas pluviais no semiárido.** *Journal of Water Management*. Disponível em: <https://www.jwm.org>. Acesso em: 19 ago. 2025.

MATOS, L. S.; LÔBO, M. S.; COUTO, A. B. P. (2022). **Análise de viabilidade do sistema construtivo com tijolo de solo-cimento (tijolo ecológico) para casas de interesse social.** Goiânia: PUC Goiás. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/8242/1/TCCII-~1.PDF>. Acesso em: 19 ago. 2025.

PARACATU RURAL. (2024). **Estudo revela impactos positivos das barragens subterrâneas.** Disponível em: <https://www.paracaturral.com/retrospectiva-top-5-maio-2024-como-as-barragens-subterraneas-mudaram-a-vida-do-produtor-rural-nordestino/>. Acesso em: 19 ago. 2025.

RESEARCHGATE. (2020). **Avaliação da Qualidade da Água Armazenada em Cisternas no Semiárido Cearense.** Missão Velha, CE: ResearchGate. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340424765_AVALIACAO_DA_QUALIDADE_DA_AQUA_ARMAZENADA_EM_CISTERNAS_NO_SEMIARIDO_CEARENSE. Acesso em: 19 ago. 2025.

SANTOS, R.; OLIVEIRA, T. (2022). **Estratégias de convivência sustentável com o semiárido brasileiro.** *Cuadernos de Educación*. Disponível em: <https://ojs.cuadernoseducacion.com>. Acesso em: 19 ago. 2025.

SEBRAE. (2025). **Relatório de Inteligência Transformando O Agro Com IOT.** Polo Sebrae Agro. Disponível em: <https://sebraepr.com.br/impulsiona/transformando-o-agro-com-iot/>. Acesso em: 19 ago. 2025.

US EPA. (2021). **Green infrastructure in the semi-arid West.** Washington: US EPA. Disponível em: <https://www.epa.gov>. Acesso em: 19 ago. 2025.