Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido

RELATÓRIO TÉCNICO

RELATÓRIO SITUACIONAL E PROPOSTA DE DIRETRIZES INSTITUCIONAIS PARA O FORTALECIMENTO DA SEGURANÇA HÍDRICA DAS COMUNIDADES RURAIS NO ENTORNO DO EIXO NORTE DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO

Sumé – PB
2026

CAPES ANA ProfÁgua Universidade Federal de Campina Grande

Universidade Federal de Campina Grande

MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

PROFÁGUA

RELATÓRIO TÉCNICO

Mariana Veríssimo Pacheco

Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

Salomão de Sousa Medeiros, D.Sc.
Orientador

Prof. José Irivaldo Alves Oliveira Silva, D.Sc.
Coorientador

Sumé – PB
2026

P116R Pacheco, Mariana Veríssimo.
Relatório situacional e proposta de diretrizes institucionais para o fortalecimento da segurança hídrica das comunidades rurais do entorno do Eixo Norte do Projeto de Transposição do Rio São Francisco. / Mariana Veríssimo Pacheco. - 2026.

26f. : il. Collor.

Orientador: Professor Dr. Salomão de Sousa Medeiros; Coorientador: Professor Dr. José Irivaldo Alves Oliveira Silva.
Produto Técnico (Relatório) - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA.

1. Comunidades rurais – abastecimento de água. 2. Projeto de Integração do Rio São Francisco – Eixo Norte. 3. Governança da água. 4. Segurança hídrica. 5. Abastecimento rural - água. 6. Relatório técnico situacional. 7. Produto técnico relatório – PROFÁGUA CDSA. I. Medeiros, Salomão de Sousa. II. Silva, José Irivaldo Alves Oliveira. III. Título.

CDU: 628.1(047)

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO 4

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NAS COMUNIDADES RURAIS DO EIXO NORTE DO PISF 5

3 METODOLOGIA DO RELATÓRIO TÉCNICO SITUACIONAL 7

3.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 7

3.2 LEVANTAMENTO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS 9

3.3 DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DE ANÁLISE 9

3.4 CONSTRUÇÃO DA MATRIZ DE VULNERABILIDADE 10

3.5 FORMULAÇÃO DAS DIRETRIZES ESTRATÉGICAS 10

4 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA QUANTO A SUA IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO 10

5 ESTIMATIVA DA VULNERABILIDADE DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO RURAL, E PROPOSIÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA SUPERAÇÃO DAS PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS 15

6 ESTRATÉGIAS INSTITUCIONAIS PARA SUPERAÇÃO DAS VULNERABILIDADES DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO RURAL 19

7 CONCLUSÃO 22

REFERÊNCIAS 24

1 APRESENTAÇÃO

O presente relatório técnico constitui o produto final da dissertação desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, e tem como objetivo apresentar um diagnóstico situacional estratégico dos sistemas de abastecimento de água implantados nas comunidades rurais situadas no entorno do Eixo Norte do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), bem como propor diretrizes institucionais voltadas ao fortalecimento da segurança hídrica dessas populações.

O Projeto de Integração do Rio São Francisco representa uma das mais importantes obras de infraestrutura hídrica do país, concebido para garantir a segurança hídrica do Nordeste Setentrional por meio da transferência de águas do rio São Francisco para bacias hidrográficas intermitentes. No entanto, a efetividade do empreendimento, especialmente no que se refere ao atendimento das comunidades rurais localizadas na Área Diretamente Afetada – ADA do Eixo Norte, depende não apenas da disponibilidade de água nos canais principais, mas da implantação, operação e gestão adequada dos sistemas de abastecimento responsáveis pela distribuição dessa água às populações beneficiárias.

Os resultados da pesquisa demonstraram que, embora haja avanços significativos na implantação das estruturas, persistem vulnerabilidades relacionadas à qualidade da água, disponibilidade hídrica, infraestrutura, sustentabilidade financeira e modelo de gestão, as quais comprometem a continuidade e a eficiência dos sistemas. Nesse contexto, torna-se necessário consolidar instrumentos técnicos que permitam identificar fragilidades, priorizar intervenções e orientar a atuação coordenada entre o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, os estados e os municípios.

Com essa finalidade, foi elaborado o presente Relatório Situacional Estratégico, estruturado com base na aplicação da Matriz de Vulnerabilidade dos Sistemas de Abastecimento Rural, instrumento desenvolvido nesta pesquisa para classificação do grau de risco operacional dos sistemas e definição de prioridades de intervenção.

O relatório possui caráter aplicado e destina-se a subsidiar a tomada de decisão por parte dos órgãos responsáveis pela gestão do PISF e pelos sistemas de

abastecimento rural, contribuindo para o aprimoramento das políticas públicas voltadas à segurança hídrica e à melhoria das condições de vida das populações rurais beneficiárias.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NAS COMUNIDADES RURAIS DO EIXO NORTE DO PISF

O acesso à água potável constitui condição fundamental para a promoção da qualidade de vida, da saúde pública e do desenvolvimento regional, sendo reconhecido como direito humano essencial e como elemento central para o cumprimento do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 6 – Água potável e saneamento. No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Marco Legal do Saneamento Básico estabelecem que o acesso à água deve ocorrer de forma universal, contínua e sustentável, incluindo as populações rurais, historicamente mais vulneráveis.

No semiárido nordestino, as limitações naturais impostas pela irregularidade das chuvas, pela predominância de aquíferos fissurais e pela elevada evapotranspiração tornam o abastecimento de água um desafio permanente.

Para além do aspecto físico, como destaca Silva et al., (2023), esta é a região semiárida mais populosa do planeta. Este aspecto demanda estratégias complexas de convivência com a seca e gestão hídrica, superando a visão histórica do combate aos fenômenos naturais em prol do desenvolvimento sustentável.

A dependência dessas fontes alternativas, muitas vezes sem tratamento adequado, expõe milhões de pessoas a riscos de doenças de veiculação hídrica (Baddianaah, et al., 2024). A qualidade da água nessas fontes é um ponto crítico, no entanto, a fiscalização e monitoramento são limitados, mesmo desempenhando papel fundamental na delineação de políticas públicas efetivas de abastecimento (Chougar et al., 2024).

Garantir o acesso aos serviços públicos de abastecimento de água potável no meio rural apresenta desafios específicos relacionados a dispersão populacional, que dificulta a implantação de grandes redes e sistemas centralizados; a baixa capacidade de pagamento pelas comunidades rurais, o que afeta a sustentabilidade financeira

dos serviços; a manutenção e operação de pequenos sistemas exigem capacitação e recursos contínuos e a garantia da potabilidade da água em sistemas alternativos é um desafio constante (Bolatova et al., 2025).

Nesse contexto, o Projeto de Integração do Rio São Francisco foi concebido como estratégia estruturante de segurança hídrica, com o objetivo de garantir oferta de água para múltiplos usos, incluindo o abastecimento humano. Para atendimento das demandas hídricas difusas, foi estabelecido como um dos objetivos do Projeto Básico Ambiental do PISF, no âmbito do processo de licenciamento ambiental junto ao Ibama Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), a implantação de sistemas de abastecimento de água potável para as populações rurais situadas na Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento, por meio das ações do Programa de Apoio Técnico para Implantação da Infraestrutura de Abastecimento de Água ao Longo dos Canais (PBA 15 do PISF).

No entorno do Eixo Norte do empreendimento foram implantados sistemas de abastecimento destinados a atender comunidades rurais localizadas nos estados de Pernambuco, Ceará e Paraíba. Esses sistemas apresentam características diversas quanto à fonte hídrica, tipo de infraestrutura, modelo de gestão e condições de operação, refletindo as diferenças ambientais e institucionais existentes entre os territórios.

Apesar dos avanços obtidos com a implantação das estruturas, a pesquisa identificou que parte dos sistemas apresenta dificuldades operacionais, incluindo problemas de salinidade da água, baixa disponibilidade hídrica, falhas de infraestrutura, limitações financeiras e ausência de modelo de gestão estruturado. Tais fatores demonstram que a garantia da segurança hídrica não depende exclusivamente da obra principal do PISF, mas da consolidação dos sistemas locais responsáveis pela distribuição da água às comunidades. Atingir a universalização do abastecimento de água no meio rural exige uma atuação conjunta e coordenada de diversos atores, políticas públicas que reconheçam as particularidades e vulnerabilidades das comunidades, investimento em soluções adequadas e no fortalecimento da gestão local (Machado et al., 2023).

Diante desse cenário, torna-se necessário adotar abordagem integrada, que considere simultaneamente aspectos técnicos, institucionais e socioeconômicos, de modo a assegurar que os sistemas implantados operem de forma contínua e sustentável.

3 METODOLOGIA DO RELATÓRIO TÉCNICO SITUACIONAL

A elaboração do presente relatório técnico foi realizada com base em abordagem aplicada, de caráter diagnóstico-propositivo, estruturada em etapas sequenciais que envolveram levantamento de dados, definição de indicadores, construção de matriz de vulnerabilidade, análise comparativa entre estados e formulação de diretrizes institucionais.

3.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde à Área Diretamente Afetada do Eixo Norte do Projeto de Integração do Rio São Francisco, abrangendo comunidades rurais localizadas nos estados de Pernambuco, Ceará e Paraíba, atendidas por sistemas de abastecimento implantados no âmbito do empreendimento.

A ADA do Eixo Norte, de acordo com as definições constantes no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do PISF corresponde a uma faixa de 5 km de largura a partir do eixo do empreendimento. Nesta área, em que se situam 12 (doze) municípios dos estados de Pernambuco (Cabrobó, Salgueiro, Terra Nova e Verdejante), Ceará (Penaforte, Jati, Brejo Santo, Mauriti, Barro) e Paraíba (São José de Piranhas, Monte Horebe e Cajazeiras), ocorrem os principais impactos do empreendimento e, também, as principais medidas mitigadoras desses impactos, estabelecidas no âmbito do Projeto Básico Ambiental do PISF. Além destes municípios, foram considerados outros 2, em função do atendimento à públicos específicos dos Programas Ambientais, como o de comunidades quilombolas, (Quadro 1 e Figura 1).

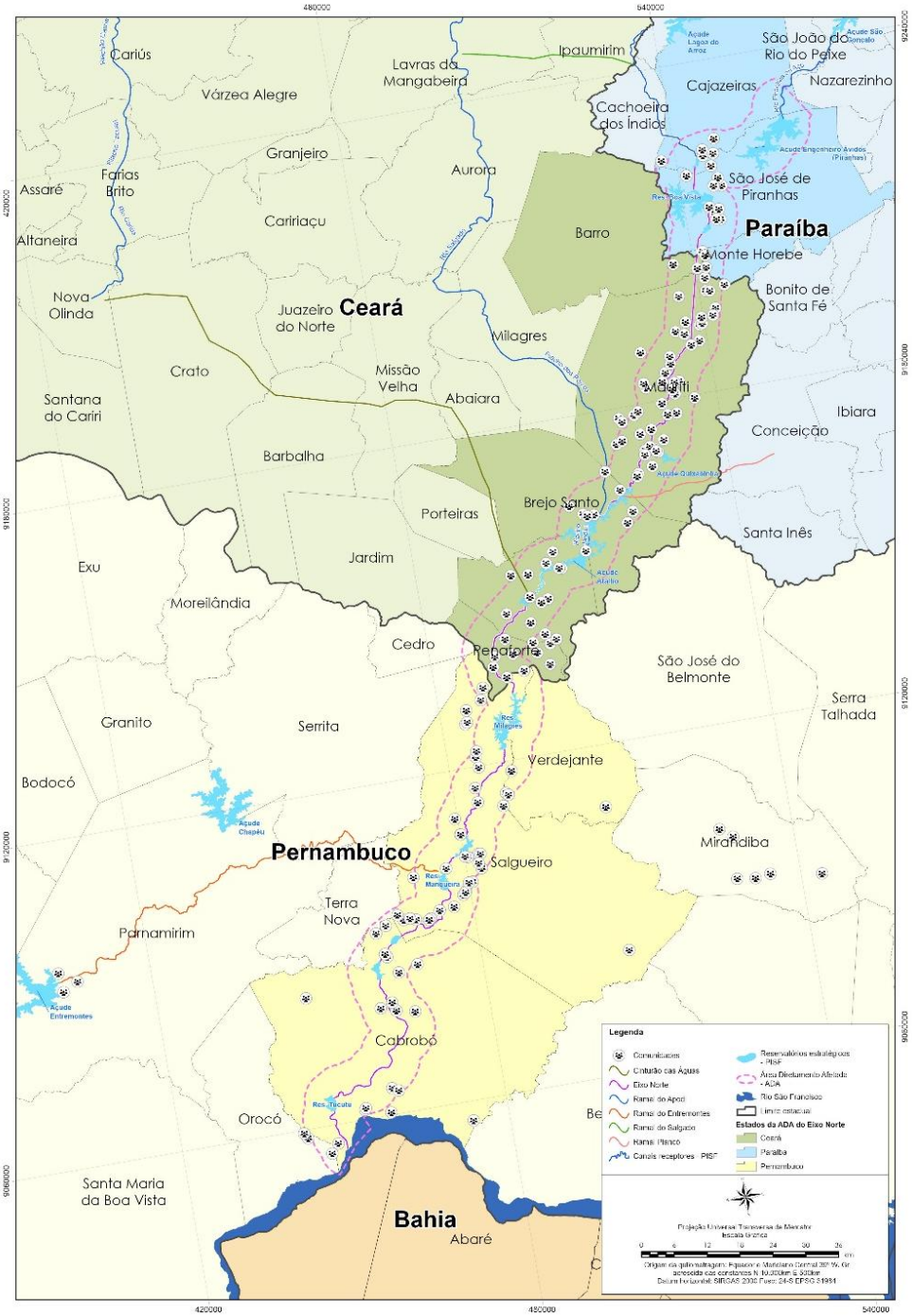
Quadro 1. Comunidades rurais beneficiárias do abastecimento de água pelo PBA 15.

Estado	Nº de Municípios	Municípios	Nº de Comunidades
Pernambuco	05	Cabrobó, Salgueiro, Verdejante. Mirandiba e Parnamirim	70
Ceará	05	Penaforte, Jati, Brejo Santo, Mauriti e Barro.	81

Paraíba	04	São José de Piranhas, Cajazeiras Monte Horebe e Cachoeira dos Índios.	18
Total	**14**		**169**

Fonte: Da própria autora, 2025.

Figura 1: Área Diretamente Afetada ao longo do Eixo Norte do PISF.



Fonte: Da própria autora, 2025.

O público beneficiário da implantação de sistemas de abastecimento de água no Eixo Norte do Projeto São Francisco corresponde a 169 (cento e sessenta e nove) comunidades rurais, para os quais previu-se a instalação de 77 (setenta e sete) sistemas de abastecimento de água, os quais atendem a uma ou mais comunidades.

3.2 LEVANTAMENTO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Foram utilizados dados provenientes de relatórios técnicos, registros institucionais e informações obtidas durante a pesquisa, incluindo:

- situação de implantação dos sistemas;
- situação operacional;
- tipo de fonte hídrica;
- características hidrogeológicas;
- modelo de gestão;
- população atendida;
- distância do sistema;
- barreiras operacionais identificadas.

Os dados foram organizados em banco estruturado, permitindo a construção dos indicadores e a aplicação da matriz de vulnerabilidade.

3.3 DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DE ANÁLISE

Foram definidos indicadores para avaliação da efetividade dos sistemas, que permitiram identificar padrões de desempenho e diferenças entre os estados analisados incluindo:

- Percentual de comunidades sistemas implantados;
- Distribuição de comunidades e situação de implantação por estado;
- População atendida por sistema por estado;
- Percentual de sistemas com fonte hídrica superficial ou subterrânea:
- Percentual de Sistemas Abastecimento de Água (SAA) e de Soluções Alternativas Coletivas (SAC);
- Percentual de comunidades com sistemas em operação;
- Identificação de barreiras percebidas à operação;
- Modelo de gestão do sistema;

Após a aferição dos indicadores, realizou-se a sistematização das informações obtidas junto aos órgãos gestores, identificando-se os entraves técnicos, e barreiras de governança. Os dados coletados foram tabulados e analisados por meio de uma ferramenta de gestão de riscos, denominada Matriz de Vulnerabilidades.

3.4 CONSTRUÇÃO DA MATRIZ DE VULNERABILIDADE

Como instrumento central do relatório, foi elaborada a Matriz de Vulnerabilidade, baseada na atribuição de notas a variáveis agrupadas em três dimensões: características hidrogeológicas; barreiras operacionais; e barreiras de governança.

A soma das pontuações permitiu classificar os sistemas em:

- baixa vulnerabilidade;
- média vulnerabilidade;
- alta vulnerabilidade.

A matriz foi utilizada para identificar comunidades prioritárias para intervenção e subsidiar a formulação das diretrizes institucionais.

3.5 FORMULAÇÃO DAS DIRETRIZES ESTRATÉGICAS

Com base nos resultados da análise, foram elaboradas diretrizes voltadas ao fortalecimento da segurança hídrica, organizadas em dois níveis:

- diretrizes no âmbito do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional;
- diretrizes no âmbito dos estados de Pernambuco, Ceará e Paraíba.

As diretrizes consideram a necessidade de monitoramento permanente, adequações técnicas conforme tipologia de vulnerabilidade, fortalecimento da gestão compartilhada e priorização de comunidades críticas.

4 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA QUANTO A SUA IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO

O diagnóstico da situação de implantação dos sistemas de abastecimento de água nas comunidades rurais beneficiárias do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) evidenciou diferenças significativas entre os estados de

Pernambuco, Ceará e Paraíba, indicando que a efetividade da implementação não depende apenas da disponibilidade hídrica proporcionada pelo empreendimento, mas também da capacidade institucional, do arranjo de gestão adotado e do nível de articulação entre os entes federativos.

No estado de Pernambuco, observa-se um cenário preocupante, uma vez que, apesar de possuir uma das maiores extensões da faixa de domínio do empreendimento (122,6 km) e um número expressivo de comunidades beneficiárias (70), apresenta o maior percentual de sistemas em execução (50%) e não iniciados (34%), e apenas 16% dos sistemas implantados. Esse resultado sugere dificuldades no processo de viabilização das obras, podendo estar associado a entraves administrativos, limitações orçamentárias, morosidade em processos licitatórios, dificuldades fundiárias, ou ainda fragilidades na coordenação entre governo federal, estado e municípios.

Além disso, a baixa taxa de implantação pode indicar ausência de um modelo institucional consolidado para a gestão dos sistemas rurais, o que compromete não apenas a execução das obras, mas também o planejamento da operação futura, elemento essencial para a sustentabilidade dos sistemas, conforme preconiza a Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) e a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997).

Em contraste, o estado do Ceará, que possui o maior número de comunidades beneficiárias (81), apresenta 91% dos sistemas implantados, indicando maior capacidade de execução e, possivelmente, maior maturidade institucional na condução de políticas de abastecimento rural. Esse desempenho pode estar relacionado à experiência acumulada do estado com modelos de gestão compartilhada, como o SISAR – Sistema Integrado de Saneamento Rural, amplamente reconhecido como referência nacional na operação sustentável de sistemas comunitários de abastecimento de água. A existência de uma estrutura estadual organizada, com participação das comunidades e apoio técnico permanente, tende a reduzir o risco de paralisação das obras e favorecer a continuidade das ações.

O estado da Paraíba, por sua vez, apresenta 100% dos sistemas implantados, porém esse resultado deve ser interpretado com cautela, uma vez que o estado possui

o menor número de comunidades beneficiárias (18). A menor escala de intervenção pode ter contribuído para maior facilidade de execução, menor complexidade logística e melhor controle do processo de implantação. Ainda assim, o resultado demonstra que, quando há planejamento adequado e definição clara de responsabilidades institucionais, é possível alcançar a universalização da implantação no âmbito das comunidades atendidas.

Em relação à fonte hídrica, a pesquisa revelou que entre as 103 comunidades que contavam com infraestrutura de abastecimento instalada**,** 82% delas possuem como manancial as fontes subterrâneas (poços), enquanto 18% utilizam fontes superficiais (reservatórios e canais) do sistema adutor do PISF. Com base nesse valor é possível inferir que, apesar de o PISF ser uma alternativa de fonte de abastecimento de água, a segurança hídrica dessas populações permanece fortemente dependente dos aquíferos locais, sendo esta, uma condição comum em regiões semiáridas, como destaca o estudo conduzido por Ahmed; Sohail; Ekwam, (2024). Tal fato pode estar relacionado à distância das comunidades rurais, uma vez que, considerando as comunidades com sistema de abastecimento implantados, 46,6% se situavam a mais de 2 quilômetros do empreendimento, o que afeta, desta maneira, a viabilidade econômica de uma captação no canal ou em seus reservatórios.

O indicador Percentual de Comunidades com Sistemas em Operação permitiu avaliar não apenas a implantação física das infraestruturas de abastecimento de água, mas principalmente a sua efetividade funcional, ou seja, se os sistemas estão operando de forma regular e garantindo o fornecimento de água às populações rurais beneficiárias do PISF. Os resultados demonstram que, entre as 103 comunidades com sistemas implantados, existe diferença significativa entre os estados quanto à capacidade de manter os sistemas em funcionamento.

O estado do Ceará apresenta o melhor desempenho, com 100% das 74 comunidades com sistemas implantados, em operação, indicando elevado nível de eficiência na etapa pós-implantação. Esse resultado sugere a existência de um arranjo institucional consolidado para operação e manutenção dos sistemas rurais, possivelmente associado à experiência do estado com modelos de gestão compartilhada, como o SISAR, que tem se mostrado eficaz na sustentabilidade dos

serviços de abastecimento em comunidades de pequeno porte. A atuação integrada entre estado, associações comunitárias e entidades de apoio técnico tende a reduzir a descontinuidade operacional, garantindo suporte permanente aos sistemas.

No estado da Paraíba, observa-se também um desempenho satisfatório, com 89% dos sistemas em operação (16 de 18), embora ainda existam casos de paralisação. Esse resultado indica que, apesar da alta taxa de implantação, persistem desafios relacionados à operação, que podem estar associados à ausência de assistência técnica contínua, limitações financeiras para custeio, dificuldades na gestão comunitária ou indefinição institucional quanto ao responsável pela operação.

O cenário mais crítico é verificado no estado de Pernambuco, onde, das 11 comunidades com sistemas implantados, apenas 7 (64%) estão em operação, enquanto 4 (36%) encontram-se sem funcionamento. Esse resultado evidencia que, além das dificuldades já observadas na fase de implantação, o estado também enfrenta entraves na etapa de operação, o que compromete diretamente a efetividade do investimento público realizado. Sistemas implantados, mas não operacionais, representam perda de eficiência do gasto público e impedem que o empreendimento cumpra sua função social.

A pesquisa revelou que das 103 comunidades com sistemas implantados, 97 estão em operação e em relação às barreiras operacionais percebidas, que visou identificar quais obstáculos identificados para o bom funcionamento dos sistemas em operação, foi possível observar que no estado de Pernambuco, a qualidade da água foi a resposta predominante. Este fato está correlacionado com a predominante alta salinidade dos recursos hídricos locais. A salinidade elevada pode inviabilizar o consumo humano direto, exigindo sistemas de dessalinização, cujo custo operacional e manutenção técnica nem sempre são compatíveis com a capacidade institucional das comunidades rurais, sobretudo no contexto de comunidades localizadas em ambientes semiáridos, como discutido por Medina et al. (2025). As barreiras ligadas à infraestrutura, financeira, e oscilações da vazão de poços profundos também foram mencionadas. Em Pernambuco, apenas uma comunidade apontou o bom funcionamento do sistema.

Quanto ao estado da Paraíba, a infraestrutura e a deficitária disponibilidade das fontes hídricas foram os principais problemas detectados. A ocorrência de infraestruturas deficitárias, ou subdimensionadas, a exemplo do observado por Jojozi; Mbhele; Eresia-Eke (2025), e a associação deste fator com a baixa disponibilidade hídrica, como abordado por Hanif et al. (2025), também são recorrentemente relatadas na literatura científica como fatores dificultantes ao pleno abastecimento hídrico de comunidades rurais. No estado, houve cinco comunidades que afirmaram bom funcionamento do sistema de abastecimento. No estado do Ceará, destacou-se o bom funcionamento dos sistemas, resposta apontada por 51 comunidades atendidas com abastecimento hídrico. A disponibilidade hídrica deficitária foi apontada como barreira operacional em 14 comunidades e a problemática financeira foi detectada por 09 comunidades, e esta é uma problemática recorrente em muitas comunidades rurais, como destacam, Sychareun et al. (2025), e Mateus et al. (2020).

Quanto ao modelo de gestão, observou-se que os arranjos predominantes são os compartilhados, especialmente aqueles estruturados entre Comunidade e SISAR (50), seguidos de Comunidade e Prefeitura (16). Os modelos exclusivamente comunitários (13), público municipal (15) e público via companhia estadual (03) apresentam menor representatividade. O estado cearense se destaca pela predominante adoção de modelos compartilhados de gestão hídrica, onde a comunidade divide o protagonismo com outros agentes institucionais, seja o poder público, ou SISAR, promovendo uma maior estabilidade na governança, em função da responsabilidade compartilhada entre esses atores. O panorama observado em Pernambuco e na Paraíba, evidencia um padrão institucional significativamente distinto daquele observado no Ceará, caracterizado por menor presença de arranjos regionalizados estruturados e maior dependência da autogestão local. Nesta perspectiva, Angmor et al. (2024) destacaram a importância do papel do estado como agente que busca minimizar essas carências, a partir de ações de descentralização da gestão, fornecimento de suporte técnico, subsídios e treinamentos.

5 ESTIMATIVA DA VULNERABILIDADE DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO RURAL, E PROPOSIÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA SUPERAÇÃO DAS PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS

A estimativa da vulnerabilidade dos sistemas de abastecimento de água das comunidades rurais permitiu identificar que a efetividade dos sistemas implantados não depende de um único fator, mas da interação entre condicionantes hidrogeológicos, estruturais, institucionais, financeiros e operacionais, que variam entre os estados analisados.

A análise das 103 comunidades com sistemas implantados evidenciou que as vulnerabilidades se distribuem de forma diferenciada entre Pernambuco, Paraíba e Ceará, refletindo as características ambientais do semiárido, a diversidade das fontes hídricas utilizadas e, principalmente, as diferenças nos modelos de gestão adotados.

A análise conjunta dos três estados demonstra que as vulnerabilidades dos sistemas de abastecimento rural podem ser agrupadas em quatro grandes categorias:

- Vulnerabilidade hidrogeológica – salinidade, baixa vazão e intermitência das fontes;
- Vulnerabilidade estrutural – falhas de dimensionamento, infraestrutura insuficiente;
- Vulnerabilidade institucional – ausência de modelo de gestão consolidado;
- Vulnerabilidade financeira – dificuldade de custeio e inadimplência.

A distribuição dos scores permite comparar o grau de risco operacional entre os estados do Ceará, Pernambuco e Paraíba, evidenciando diferenças significativas quanto à estabilidade dos sistemas e à capacidade institucional de manutenção do serviço de abastecimento. Os resultados indicam que o melhor desempenho ocorre quando há combinação de:

- fonte hídrica confiável,
- infraestrutura adequada,
- modelo de gestão definido,
- participação comunitária,
- suporte técnico permanente.

Quando um ou mais desses fatores falham, aumenta a probabilidade de paralisação ou funcionamento precário dos sistemas, comprometendo o alcance da segurança hídrica, objetivo central do PISF.

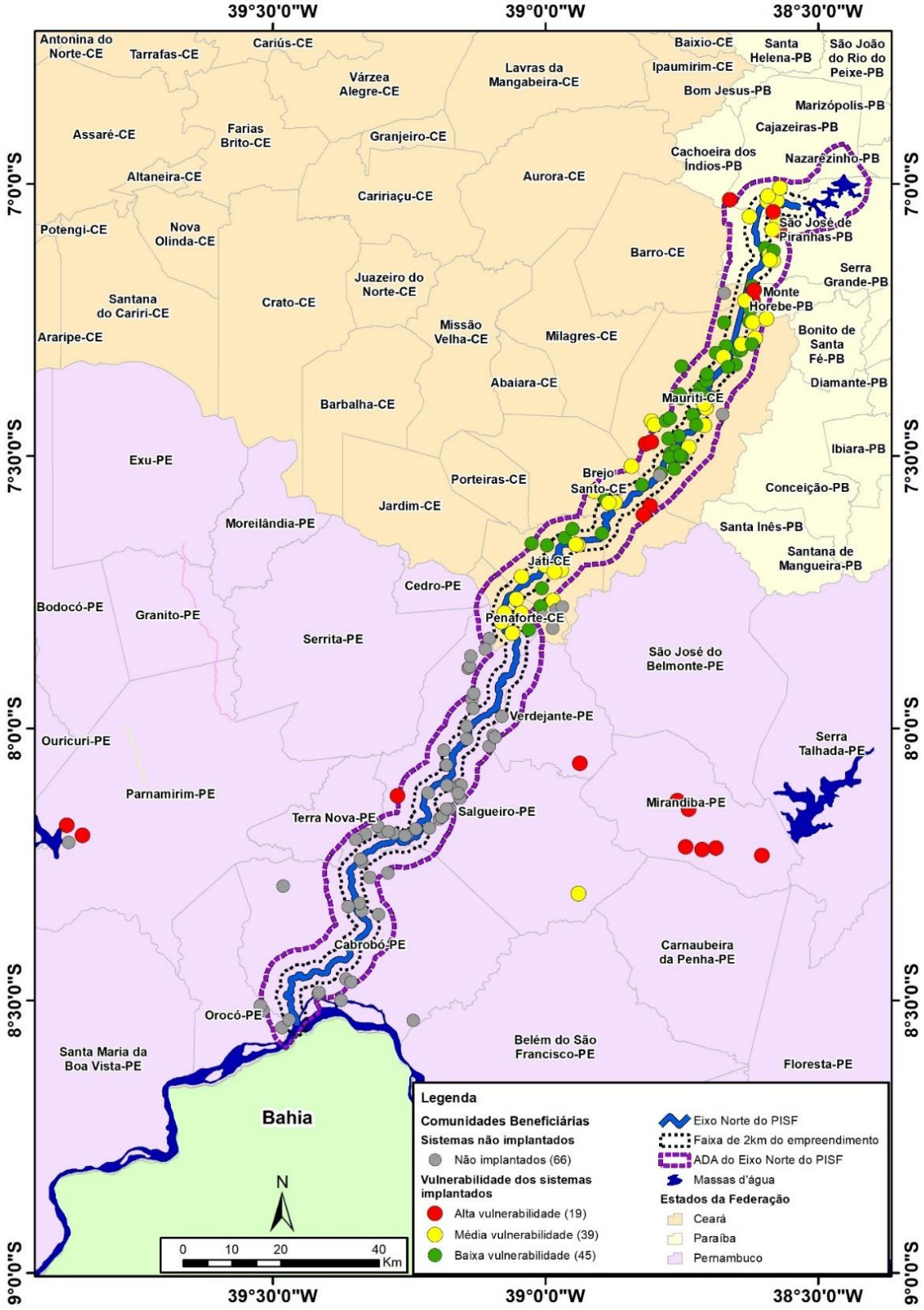
De modo geral, observa-se que o estado do Ceará apresenta o cenário mais favorável, com predominância de comunidades classificadas na faixa de baixa vulnerabilidade. Do total de 74 comunidades analisadas, 42 (56,8%) foram enquadradas na categoria de baixa vulnerabilidade, 28 (37,8%) na categoria média e apenas 4 (5,4%) na categoria de alta vulnerabilidade. Esse resultado indica que, na maioria dos casos, os sistemas implantados no estado apresentam condições relativamente estáveis de operação, com menores limitações relacionadas à infraestrutura, disponibilidade hídrica ou modelo de gestão. Esse desempenho pode estar associado à maior consolidação de arranjos institucionais de gestão compartilhada, especialmente com participação de estruturas organizadas de apoio técnico, o que contribui para maior continuidade do serviço e menor risco de paralisação.

Em contraste, o estado de Pernambuco apresenta o quadro mais crítico, com predominância quase absoluta de sistemas classificados na categoria de alta vulnerabilidade. Das 11 comunidades avaliadas, 10 (90,9%) foram classificadas como de alta vulnerabilidade, enquanto apenas uma comunidade (9,1%) foi enquadrada na categoria média, não havendo registros de sistemas com baixa vulnerabilidade. Esse resultado revela elevado grau de fragilidade operacional, indicando que os sistemas implantados no estado estão mais expostos a fatores de risco, como salinidade elevada da água, instabilidade de vazão de poços profundos, deficiências de infraestrutura e fragilidade nos modelos de gestão. A ausência de comunidades classificadas como de baixa vulnerabilidade reforça a necessidade de intervenções prioritárias, com adequações técnicas e institucionais voltadas à consolidação dos sistemas.

O estado da Paraíba apresenta situação intermediária, com distribuição mais equilibrada entre as categorias de vulnerabilidade. Entre as 18 comunidades analisadas, 3 (16,7%) foram classificadas como de baixa vulnerabilidade, 10 (55,6%) como de média vulnerabilidade e 5 (27,8%) como de alta vulnerabilidade. Esse

resultado indica que, embora parte dos sistemas apresente condições satisfatórias, ainda há parcela significativa com limitações estruturais ou operacionais que podem comprometer a continuidade do abastecimento. A predominância da categoria média sugere que muitos sistemas possuem funcionamento parcial, dependendo de intervenções técnicas ou institucionais para alcançar maior estabilidade. A Figura 2, a seguir, apresenta a espacialização dos *scores* de vulnerabilidade de cada comunidade.

Figura 2. Classificação de vulnerabilidade das comunidades atendidas pelo Programa de Apoio Técnico para Implantação de Infraestrutura de Abastecimento de Águas ao Longo dos Canais, do Eixo Norte do PISF.



Fonte: Da própria autora, 2026.

A comparação entre os estados evidencia que a vulnerabilidade dos sistemas não está relacionada apenas à implantação da infraestrutura, mas resulta da interação entre fatores hidrogeológicos, condições técnicas dos sistemas, disponibilidade hídrica e modelo de gestão adotado. Estados com maior presença de gestão compartilhada e suporte institucional tendem a apresentar menor vulnerabilidade, enquanto contextos com predominância de gestão comunitária isolada e dependência de fontes hídricas de baixa confiabilidade apresentam maior risco operacional. Esses achados corroboram com (Silva, 2024), que aponta que a gestão comunitária, embora importante para a participação social e o controle local, necessita de suporte técnico e institucional permanente para alcançar sustentabilidade no longo prazo.

6 ESTRATÉGIAS INSTITUCIONAIS PARA SUPERAÇÃO DAS VULNERABILIDADES DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO RURAL

Com base na Matriz de Vulnerabilidade, as estratégias para superação das vulnerabilidades dos sistemas de abastecimento rural no entorno do Eixo Norte do Projeto de Integração do Rio São Francisco devem ser organizadas em dois níveis complementares: o nível nacional, sob coordenação do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), e o nível estadual, sob responsabilidade de Pernambuco, Ceará e Paraíba, com atuação articulada com municípios, comunidades, companhias estaduais e arranjos cooperativos de gestão.

Neste contexto, foram propostas diretrizes institucionais diferenciadas para o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional e para os estados de Pernambuco, Paraíba e Ceará, considerando as especificidades hidroambientais, estruturais e de governança observadas em cada território, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2. Estratégias institucionais para superação das vulnerabilidades dos sistemas de abastecimento rural no entorno do Eixo Norte do PISF.

Âmbito	Vulnerabilidade	Estratégia do MIDR	Estratégia estadual	Priorida-de	Resultado esperado
Federal / Estados	Sistemas implantados sem operação regular	Monitoramento da consolidação operacional pós-implantação	Execução das ações corretivas das vulnerabilidades identificadas	Alta	Funcionamento efetivo e contínuo dos sistemas
Federal / Estados	Necessidade de adequações	Definição de diretrizes	Execução das adequações	Alta	Sistemas ajustados às

Âmbito	Vulnerabilidade	Estratégia do MIDR	Estratégia estadual	Priorida-de	Resultado esperado
	técnicas específicas	técnicas, prioridades e disponibilizaçã o de recursos	conforme tipologia de vulnerabilidade		condições locais
Federal / Estados	Salinidade, escassez hídrica, infraestrutura incompleta	Monitoramento da aplicação de recursos e da efetividade das intervenções	Dessalinização, reforço de captação, interligações, reservação, automação e manutenção	Alta	Sustentabilidad e operacional
Federal / Estados	Fragilidade institucional na gestão	Indução e monitoramento de modelos de gestão compartilhada	Implementação de gestão compartilhada	Alta	Maior estabilidade operacional
Federal / Estados	Falta de informações consolidadas	Sistema de monitoramento	Alimentação periódica de dados operacionais	Média-alta	Planejamento baseado em evidências
Federal / Estados	Ausência de modelo de gestão definido	Condicionar novos investimentos à formalização da gestão	Formalização de responsabilidade s entre estado, município e comunidade	Alta	Melhor operação dos sistemas
Federal / Estados	Baixa capacidade técnica local	Diretrizes para capacitação e apoio técnico-operacional	Formação de operadores e apoio regional	Média-alta	Melhor operação dos sistemas
Âmbito	**Vulnerabilidade**	**Estratégia do MIDR**	**Estratégia estadual**	**Priorida-de**	**Resultado esperado**
PE	Alta salinidade da água	Recursos para adequação tecnológica dos sistemas	Implementar medidas de enfrentamento à salinidade	Alta	Garantia de potabilidade
PE	Oscilação de vazão de poços	Recursos para adequação tecnológica dos sistemas	Diversificação de fontes e reservação estratégica	Alta	Continuidade do abastecimento
PE	Infraestrutura deficiente	Recursos para requalificação dos sistemas	Revisão técnica e reforço estrutural	Alta	Sistemas mais confiáveis
PE	Gestão comunitária isolada	Indução de gestão compartilhada	Transição para modelos cooperativos	Alta	Estabilidade operacional
PE	Falta de recursos para manutenção	-	Mecanismo para custeio emergencial	Média-alta	Redução de paralisações
Âmbito	**Vulnerabilidade**	**Estratégia do MIDR**	**Estratégia estadual**	**Priorida-de**	**Resultado esperado**
PB	Infraestrutura insuficiente	Recursos para requalificação dos sistemas	Revisão estrutural dos sistemas	Alta	Melhor desempenho

Âmbito	Vulnerabilidade	Estratégia do MIDR	Estratégia estadual	Priorida-de	Resultado esperado
PB	Baixa disponibilidade hídrica	Recursos para adequação tecnológica dos sistemas	Diversificação de fontes e reservação estratégica	Alta	Redução da intermitência
PB	Subdimensionamento	Recursos para requalificação dos sistemas	Ampliação de reservação e bombeamento	Alta	Estabilidade operacional
PB	Gestão comunitária frágil	Indução de gestão compartilhada	Transição para modelos cooperativos	Alta	Melhor governança
PB	Falta de suporte técnico	Induzir ações de apoio técnico-operacional	Formação de operadores e apoio regional	Média-alta	Melhoria da operação
Âmbito	**Vulnerabilidade**	**Estratégia do MIDR**	**Estratégia estadual**	**Priorida-de**	**Resultado esperado**
CE	Baixa disponibilidade hídrica	Recursos para adequação tecnológica dos sistemas	Ampliação de reservação e interligações	Média-alta	Segurança hídrica
CE	Fragilidade financeira	-	Subsídio operacional calibrado	Média	Sustentabilidade
Âmbito	**Vulnerabilidade**	**Estratégia do MIDR**	**Estratégia estadual**	**Priorida-de**	**Resultado esperado**
Geral	Falta de definição da gestão	Condicionar investimentos à formalização do modelo de gestão e operação	Definir operador responsável	Alta	Sistemas operacionais
Geral	Falta de assistência técnica	Condicionar investimentos à formalização do modelo de gestão e operação	Apoio técnico permanente	Média-alta	Menos falhas
Geral	Problemas de qualidade da água	Integração com políticas nacionais	Integração com saúde e saneamento	Média	Água segura
Geral	Sistemas críticos	Priorizar pela vulnerabilidade das comunidades	Intervenção nas comunidades de maior risco	Alta	Segurança hídrica

Fonte: Da própria autora, 2026.

7 CONCLUSÃO

A presente pesquisa permitiu analisar a efetividade da implantação, operação e gestão dos sistemas de abastecimento de água destinados às comunidades rurais situadas no entorno do Eixo Norte do Projeto de Integração do Rio São Francisco, evidenciando que a garantia da segurança hídrica dessas populações não depende exclusivamente da disponibilidade de água proporcionada pelo empreendimento, mas da consolidação operacional, da adequação técnica e da sustentabilidade institucional dos sistemas implantados. A análise demonstrou que, embora tenham sido realizados avanços significativos na implantação das infraestruturas, persistem vulnerabilidades relevantes que comprometem a continuidade do serviço e reduzem o alcance social do investimento público realizado.

Os resultados evidenciaram diferenças expressivas entre os estados de Pernambuco, Ceará e Paraíba quanto ao grau de implantação, operação e estabilidade dos sistemas. O estado do Ceará apresentou o melhor desempenho, com elevada taxa de implantação e funcionamento dos sistemas, associado à predominância de modelos de gestão compartilhada e à existência de estrutura institucional de apoio técnico-operacional, o que contribui para maior continuidade do serviço. A Paraíba apresentou situação intermediária, com boa taxa de implantação, porém ainda com limitações estruturais e de disponibilidade hídrica que impactam a operação. Já o estado de Pernambuco apresentou o cenário mais crítico, caracterizado por baixo percentual de implantação, maior ocorrência de sistemas inoperantes e predominância de alta vulnerabilidade, associada principalmente à salinidade das fontes, à instabilidade de vazão, à deficiência de infraestrutura e à fragilidade dos modelos de gestão.

A aplicação da Matriz de Vulnerabilidade demonstrou que o desempenho dos sistemas é determinado pela interação entre fatores hidrogeológicos, estruturais, institucionais e financeiros. Sistemas localizados em áreas com fontes hídricas de baixa confiabilidade, infraestrutura insuficiente e ausência de arranjos institucionais estruturados apresentam maior probabilidade de paralisação ou funcionamento precário. Por outro lado, verificou-se que os melhores resultados ocorrem quando há combinação de fonte hídrica adequada, dimensionamento compatível, modelo de

gestão definido, participação comunitária organizada e suporte técnico permanente, confirmando que a sustentabilidade do abastecimento rural depende de abordagem integrada e contínua.

A análise dos modelos de gestão evidenciou que a gestão comunitária isolada está associada aos maiores níveis de vulnerabilidade, enquanto os arranjos compartilhados, especialmente aqueles que envolvem comunidade, poder público e estruturas organizadas de apoio técnico, apresentam maior estabilidade operacional. O desempenho observado no estado do Ceará, com ampla utilização de modelos cooperativos, reforça a importância da governança compartilhada como elemento central para a sustentabilidade dos sistemas rurais, indicando que a consolidação institucional deve acompanhar a implantação física das obras.

Os resultados obtidos permitiram concluir que a política pública de abastecimento rural vinculada ao Projeto de Integração do Rio São Francisco necessita avançar da fase de implantação para a fase de consolidação operacional, com atuação coordenada entre o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, os estados e os municípios. Nesse sentido, a estimativa da vulnerabilidade mostrou-se instrumento que pode contribuir para identificação de comunidades prioritárias, permitindo orientar a alocação de recursos, definir intervenções técnicas específicas e estruturar estratégias diferenciadas conforme o grau de risco operacional dos sistemas.

Com base no diagnóstico realizado, foram propostas diretrizes institucionais voltadas ao monitoramento permanente da operação, à disponibilização de recursos para adequações técnicas, à indução de modelos de gestão compartilhada, à criação de sistemas de informação e ao fortalecimento da cooperação interfederativa. Tais diretrizes indicam que a sustentabilidade dos sistemas depende de atuação estruturante da União, associada à execução descentralizada pelos estados, respeitando as especificidades hidroambientais e institucionais de cada território.

Conclui-se, portanto, que o fortalecimento da segurança hídrica das comunidades rurais no entorno do Eixo Norte do PISF exige a integração entre infraestrutura, gestão, financiamento e monitoramento contínuo, de modo a assegurar que os sistemas implantados permaneçam em funcionamento regular e garantam

água potável em quantidade e qualidade adequadas. A adoção de estratégias baseadas na análise de vulnerabilidade, aliada ao fortalecimento dos modelos de governança compartilhada, constitui caminho fundamental para que o empreendimento cumpra sua função social e contribua efetivamente para a melhoria das condições de vida das populações beneficiárias.

Por fim, ressalta-se que a presente pesquisa não esgota a complexidade do tema, sendo recomendável a realização de estudos complementares que aprofundem o conhecimento sobre a operação dos sistemas, o tratamento da água, as condições socioeconômicas das comunidades e os impactos do abastecimento na qualidade de vida da população rural, de modo a subsidiar o aprimoramento contínuo das políticas públicas de segurança hídrica no semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS

AHMED, N., SOHAIL, M., EKWAM, J.; Investigating Alternative Water Supply in Settlements: Cases from Turkana County in Kenya and Orangi in Karachi, Pakistan. **Sustainability (Switzerland),** v. 16, n. 19, 1 out. 2024.

ANGMOR, E., FRIMPONG, L. K., MENSAH, S.L., OKYERE, S. A; Exploring the institutional barriers to rural water management in Ghana. **Water Policy**, v. 26, n. 9, p. 921–940, 1 set. 2024.

BADDIANAAH, I., DONGZAGLA, A., SALIFU, S. N.; Navigating access to safe water by rural households in sub-Saharan Africa: Insights from north-western Ghana**. Sustainable Environment**, v. 10, n. 1, 2024.

BOLATOVA, Z., SHARAPATOVA, R., KABIYEV, Y., BERNDTSSON, R., TUSSUPOVA, K.; Towards Sustainable Solutions: Assessing Rural Access to Safe Drinking Water and Sanitation in Atyrau, Kazakhstan. **Water (Switzerland)**, v. 17, n. 664, p. 1–15, 2025.

CHOUGAR, R., BAALI, F., HADJI, R. GHRIEB, L., HAMAD, A., HAMED, Y.; Assessing groundwater quality in semi-arid conditions: A geographic information systems-integrated approach using water quality index. **Bulletin of the Mineral Research and Exploration**, v. 174, p. 129–143, 1 ago. 2024.

HANIF, A., MIRZAHI, S., ZAKIRI, J. A., LOODIN, N., NADEEM, G. F., RAHMANI, S. A. B.; Maneuvers of Informal Settlement Communities in Access to Drinking Water: Insights from Herat City, Afghanistan. **ACS ES&T Water**, v. 5, n. 1, p. 81–90, 10 jan. 2025.

JOJOZI, F. N., MBHELE, T. P., ERESIA-EKE, C.; Water management optimization challenges: a supply-side perspective. **Sustainable Water Resources Management**, v. 11, n. 5, 1 out. 2025.

MACHADO, A. V. M., OLIVEIRA, P. A. D., MATOS, P. G., SANTOS, A. S. P.; Strategies for Achieving Sustainability of Water Supply Systems in Rural Environments with Community Management in Brazil**. Water (Switzerland)**, v. 15, n. 12, p. 1–12, 2023.

MATEUS, C., VALENCIA, M., DIFRANCESCO, K., OCHOA-HERRERA, V., GARTNER, T., QUIROGA, D.; Governance mechanisms and barriers for achieving water quality improvements in Galapagos. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 21, p. 1–24, 1 nov. 2020.

MEDINA, N., RAD, M. R., NOZARI, S., SUTER, J. F., BAILEY, R. T., SAHOO, D.; Water Scarcity Compounds the Negative Effects of Salinity on Irrigated Agriculture. **Water Resources Research**, v. 61, n. 11, 1 nov. 2025.

SILVA, L. A. P., SILVA, C. R., SOUZA, C. M. P., BOLFE, E. L., SOUZA, J. P. S., LEITE, M. E.; Mapeamento da aridez e suas conexões com classes do clima e desertificação climática em cenários futuros – Semiárido Brasileiro. **Sociedade & Natureza**, v. 35, n. 1, 19 jun. 2023.

SILVA, J.; Rural water access and supply in Mexico and Brazil, el acceso y el suministro de agua rural en México y Brasil. **Tecnologia y Ciencias del Agua**, v. 15, n. 3, p. 349–390, 2024.

SYCHAREUN, V., THONGMIXAY, S., VONGXAY, V., SOMPHET, V., PHOMMAVONG, C., PHOMMAVONGSA, P, PHANTHAMALA, S., KHONGSAB, S., DETCHANTHACHACK, K., THONGMALA, V., DURHAM, J.; Facilitators/barriers to the implementation of public policies and strategies towards water security, Lao PDR. **Water Policy**, v. 27, n. 3, p. 261–274, 1 mar. 2025.