



UNILAB

UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA

AFRO BRASILEIRA

INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

CURSO DE ENFERMAGEM

CAROLINE EVARISTO LOURENÇO

**VARIAÇÃO SAZONAL DA QUALIDADE DA ÁGUA E DA EXPOSIÇÃO AOS
PATÓGENOS NO SEMIÁRIDO CEARENSE: IMPLICAÇÕES PARA A PRÁTICA
DE ENFERMAGEM**

**REDENÇÃO
2025**

CAROLINE EVARISTO LOURENÇO

**VARIAÇÃO SAZONAL DA QUALIDADE DA ÁGUA E DA EXPOSIÇÃO AOS
PATÓGENOS NO SEMIÁRIDO CEARENSE: IMPLICAÇÕES PARA A PRÁTICA
DE ENFERMAGEM**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Enfermagem da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Enfermagem.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Rafaella Pessoa
Moreira

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Cunha
Costa

REDENÇÃO

2025

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Lourenço, Caroline Evaristo.

L892v

Variação sazonal da qualidade da água e da exposição aos patógenos no semiárido cearense: implicações para a prática de enfermagem / Caroline Evaristo Lourenço. - Redenção, 2025.
70f: il.

Monografia - Curso de Enfermagem, Instituto De Ciências Da Saúde, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2025.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Rafaella Pessoa Moreira.

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Cunha Costa.

1. Doenças transmitidas pela água. 2. Qualidade da água. 3. Enfermagem em saúde comunitária. 4. Vulnerabilidade em saúde. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 614.514

CAROLINE EVARISTO LOURENÇO

VARIAÇÃO SAZONAL DA QUALIDADE DA ÁGUA E DA EXPOSIÇÃO AOS
PATÓGENOS NO SEMIÁRIDO CEARENSE: IMPLICAÇÕES PARA A PRÁTICA DE
ENFERMAGEM

Monografia apresentada ao curso de
Graduação em Enfermagem da Universidade
da Integração Internacional da Lusofonia
Afro-Brasileira (UNILAB) como requisito
para a obtenção do título de Bacharel em
Enfermagem.

Aprovada em: 03 de dezembro de 2025

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dr^a Rafaella Pessoa Moreira
(Orientadora)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)
(assinado eletronicamente)

Prof. Dr. Alexandre Cunha Costa
(Co-orientador)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)
(assinado eletronicamente)

Prof. Dr. Luiz Martins de Araujo Junior
(Membro da banca examinadora)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)
(assinado eletronicamente)

Profa. Dra. Hérica Cristina Alves de Vasconcelos
(Membro da banca examinadora)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)
(assinado eletronicamente)

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, por ter sido meu amparo em todos os momentos. Pela força concedida nos dias difíceis, pela sabedoria nas decisões, pela perseverança diante dos desafios e pela paz nos momentos de incerteza. Sem Deus, nada disso seria possível.

Aos meus pais, Rosimeire Evaristo Lourenço e Almir Abreu Lourenço, dedico este trabalho que reflete parte de toda minha trajetória acadêmica. Agradeço por sempre acreditarem em mim e por se dedicarem, incansavelmente, a oferecer o melhor em educação para mim e para a minha irmã. Essa conquista é nossa!

À minha irmã, Aline Maria Evaristo Lourenço, por me ouvir diante das adversidades ao longo da minha trajetória, sendo amparo, amor e sabedoria.

Ao meu namorado, Francisco Ismael Torres Paulino, por ser um incentivador obstinado dos meus estudos, que simbolicamente fez questão de me presentear com o primeiro jaleco. Obrigada por ser inspiração nos estudos e por passar a segurança de ter um companheiro em todos os momentos da vida.

Aos meus avós maternos, Salviano Evaristo de Sousa e Maria Roseli de Sousa, que vibram todas as minhas conquistas e me cercam de amor e carinho. Aos meus avós paternos, Antônio Lourenço Filho e Cleonice Abreu Lourenço, que mesmo estando no céu se orgulhariam da minha trajetória.

Aos meus amigos, Francisco Nalberth Santos Silva, Antônio Marcos de Souza Soares, Maria Eduarda Carvalho Sousa e Luiz Henrique de Freitas, pelo incentivo constante, por sustentarem uns aos outros nos momentos mais desafiadores e por comemorarem juntos cada conquista. Agradeço por cada diálogo, estudos em grupo e momentos de descontração, vocês fizeram essa caminhada mais leve e significativa.

Ao meu amigo Patrício Ferreira Felício, que desde o início da faculdade compartilhamos muitos momentos e aprendizados, sua alegria e brilho genuíno marcaram de forma especial essa trajetória.

À minha amiga desde a infância, Kéthelly Rocha Uchôa, que não imaginávamos que os nossos caminhos iriam se encontrar novamente na graduação. Mesmo em cursos diferentes esteve sempre presente. Nos longos trajetos de idas e voltas foi a minha companhia de assento de ônibus, a que dividia fofquinhas, risadas sinceras e problemas pessoais. Sou imensamente grata pela sua amizade.

À minha querida orientadora, Rafaella Pessoa Moreira, por sempre acreditar em mim, por acreditar neste trabalho, por cada correção cuidadosa, e por todos ensinamentos. Suas palavras de sabedoria contribuíram de forma essencial para minha formação acadêmica e científica.

Ao meu coorientador, Alexandre Cunha Costa, pela orientação nas análises dos dados e na condução das inferências, sua contribuição foi fundamental para o sucesso deste trabalho.

Ao meu grupo de pesquisa e extensão Tecnologias do Cuidado de Enfermagem no Cenário das Doenças Crônicas, em especial à Tahissa Frota Cavalcante, por ainda no segundo semestre, ter me convidado a participar do grupo de pesquisa e me oportunizado com uma bolsa de iniciação científica, acreditando desde cedo no meu potencial. Aos membros José Erivelton de Souza Maciel Ferreira e João Cruz Neto, pelo brilhantismo na carreira acadêmica e profissional, por serem enfermeiros que me inspiram profundamente.

Às professoras do Instituto de Ciências da Saúde da Unilab, em especial, Ana Caroline Rocha de Melo Leite, Edmara Chaves Costa, Tahissa Frota Cavalcante, Rafaella Pessoa Moreira, Paula Marciana Pinheiro de Oliveira, Patricia Freire de Vasconcelos, Anne Fayma Lopes Chaves, Vivian Saraiva Veras, Monalisa Ribeiro Mariano Grimaldi, Camila Chaves da Costa, Alana Santos Monte, Stella Maia Barbosa, Hérica Cristina Alves de Vasconcelos, Emanuella Silva Joventino Melo e Emilia Soares Chaves Rouberte, que foram presença fundamental ao longo da minha trajetória acadêmica, contribuindo muito além da sala de aula. Com suas orientações, reflexões e exemplos, estimularam o pensamento crítico e clínico, o interesse pela produção científica e o compromisso responsável com o cuidado em saúde. A profissional que sou hoje só se tornou possível graças ao apoio, às discussões e ao conhecimento compartilhado por essas docentes, cuja influência permanece viva na maneira como interpreto a ciência e construo minha prática na enfermagem. Manifesto minha gratidão pela dedicação, pelo empenho e pela sensibilidade em transmitir não apenas conteúdos teóricos e práticos, mas também princípios éticos e humanos essenciais na formação profissional.

Às enfermeiras que atuaram como preceptoras de estágio em meu internato hospitalar no Hospital Geral de Fortaleza, em especial, Larissa Alves Rabêlo, Maria Oneide Feitosa, Rafaela Nunes de Lima, Ryvanne Paulino Rocha, Thayná Queiroz de Moraes, Antônia Karliany Magalhães Teixeira, Taiana Aparecida Vasconcelos Araújo e Ingridy da Silva Medeiros, pela acolhida no setor e por não medirem esforços para me ensinarem a prática da enfermagem com excelência. Agradeço pela confiança e pelo cuidado na transmissão dos saberes e pela atuação profissional pautada na ética e na responsabilidade.

À enfermeira Maria Larissa Oliveira Matos, preceptora do meu estágio de internato em comunidade, cuja convivência durante esse período representou uma valiosa oportunidade de aprendizado, não apenas técnico, mas também humano. Sua atuação, marcada pelo conhecimento das necessidades dos pacientes do território, e pela firmeza na condução das equipes, contribuiu de maneira significativa para a minha formação profissional.

Nada te perturbe, nada te espante,

Tudo passa, Deus não muda,

A paciência tudo alcança;

Quem a Deus tem, nada lhe falta:

Só Deus basta.

(Santa Teresa de Ávila)

RESUMO

Introdução: O acesso limitado à água no semiárido brasileiro, agravado por mudanças climáticas, aumenta o risco de doenças diarreicas em áreas rurais. A Enfermagem assume papel central na prevenção e vigilância sanitária, sendo essencial compreender as estratégias locais de abastecimento para mitigar riscos e promover a segurança hídrica nessas populações vulneráveis. **Objetivo:** Investigar as variações sazonais das inter-relações entre vulnerabilidade hídrica, características socioambientais, qualidade da água e desfechos em saúde em comunidades rurais de Quixadá e de Quixeramobim, Ceará. **Metodologia:** Trata-se de um estudo descritivo, ecológico e de série temporal, realizado em fevereiro, abril e setembro de 2025 em três comunidades rurais do semiárido cearense. A população envolveu famílias sem acesso à rede pública de água, das quais foram coletados dados socioeconômicos e de incidência de diarreia. Realizou-se análise hidroclimática comparando a precipitação de 2025 com a série histórica de 30 anos via score Z. A qualidade da água, de fontes do território e importadas, foi analisada por parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Na análise estatística aplicou-se Teste de Kruskal-Wallis e o pós-teste de Dunn para os dados físico-químicos, Teste Exato de Fisher para os dados microbiológicos, e Q de Cochran para avaliar a sazonalidade dos casos de diarreia. O estudo foi aprovado no Comitê de Ética da UNILAB, sob o parecer nº 7.666.408/2025. **Resultados:** No ano de 2025 em Quixeramobim a precipitação acumulada apresentou uma redução de 35,16% em relação a 2024, enquanto em Quixadá apresentou uma redução de 27,86%. As famílias demonstraram manejo estratégico das fontes: a cisterna é priorizada para ingestão, enquanto açudes e poços destinam-se à higiene. Os níveis das cisternas oscilaram sazonalmente, com recarga em abril e redução crítica em setembro. A variação sazonal das análises físico-químicas no Jatobá e na Serrinha evidenciaram diferença significativa do potencial de oxidação-redução (ORP). Em Olho d'Água houve diferença significativa no potencial hidrogeniônico (pH). Na comparação entre os tipos de fontes houve padrões físico-químicos significativamente distintos. A água de poços, carro-pipa e do Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR) concentraram os maiores valores de temperatura, pH, ORP e condutividade elétrica (EC), enquanto cisternas e garrafões mostraram características com valores menores de ORP e EC. Na comparação entre as comunidades apresentaram diferenças marcantes de ORP, com Jatobá exibindo valores mais elevados e Olho d'Água os mais baixos. Microbiologicamente, houve contaminação generalizada por coliformes totais e presença persistente de *E. coli* na maioria das fontes, incluindo cisternas e águas tratadas independentemente da sazonalidade. Consequentemente, casos de diarreia ocorreram de forma contínua nas três comunidades, sem variação estatística entre os períodos de chuva e estiagem. Diante desse risco sanitário constante, o estudo propõe estratégias de Enfermagem focadas na educação para o tratamento domiciliar da água, limpeza de reservatórios e vigilância ativa junto aos Agentes Comunitários de Saúde. **Conclusão:** Embora essenciais, cisternas no semiárido apresentam riscos microbiológicos. A Enfermagem é crucial para garantir segurança hídrica mediante educação e vigilância contínua, assegurando o manejo correto e a saúde da comunidade.

Descritores: Qualidade da Água; Doenças Transmitidas pela Água; Enfermagem em Saúde Comunitária; Vulnerabilidade em Saúde

ABSTRACT

Introduction: Limited water access in the Brazilian Semi-arid region, worsened by climate change, increases the risk of diarrheal diseases in rural areas. Nursing plays a central role in prevention and sanitary surveillance. Understanding local supply strategies is essential to mitigate risks and promote water security in these vulnerable populations. **Method:** This is a descriptive, ecological, time-series study conducted in February, April and September 2025 in three rural communities in the semi-arid regiões of Ceará. The population included families without public water access, from whom socioeconomic and diarrhea incidence data were collected. Hydroclimatic analysis compared 2025 precipitation with a 30-year historical series using Z-scores. Water quality from local and imported sources was monitored via physicochemical. Statistical analysis applied Kruskal-Wallis tests and Dunn's comparisons for physicochemical data, Fisher's Exact Test for microbiology, and Cochran's Q to evaluate the seasonality of diarrhea cases. The study was approved by the UNILAB Ethics Committee with opinion number 7.666.408/2025. **Results:** In 2025, accumulated precipitation in Quixeramobim decreased by 35.16% compared to 2024, while Quixadá recorded a 27.86% reduction. Families demonstrated strategic management of water sources: cisterns were prioritized for drinking, whereas ponds and wells were used for hygiene. Cistern levels showed seasonal fluctuations, with replenishment in April and critical decline in September. The seasonal variation of physicochemical analyses in Jatobá and Serrinha revealed significant differences in oxidation-reduction potential (ORP). In Olho d'Água, there was a significant difference in hydrogen potential (pH). When comparing types of sources, markedly distinct physicochemical patterns were identified. Water from wells, water trucks, and the "*Sistema Integrado de Saneamento Rural*" (SISAR) showed the highest values of temperature, pH, ORP, and electrical conductivity (EC), while cisterns and bottled water exhibited lower ORP and EC values. Comparisons among communities showed notable ORP differences, with Jatobá presenting the highest values and Olho d'Água the lowest. Microbiological analyses indicated widespread contamination by total coliforms and persistent presence of *E. coli* in most sources, including cisterns and treated water, regardless of seasonality. Consequently, diarrhea cases occurred continuously in all three communities, with no statistical variation between rainy and dry periods. Given this persistent sanitary risk, the study proposes Nursing strategies focused on education for household water treatment, reservoir cleaning, and active surveillance in collaboration with Community Health Agents. **Conclusion:** Although essential, cisterns in the semi-arid region present microbiological risks. Nursing is crucial to guarantee water security through education and continuous surveillance, ensuring proper handling and community health.

Mesh Terms: Water Quality; Waterborne Diseases; Community Health Nursing; Health Vulnerability

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	01
2	OBJETIVOS.....	04
	2.1 <i>Objetivo Geral.....</i>	04
	2.2 <i>Objetivos Específicos.....</i>	04
3	MÉTODO.....	05
	3.1 <i>Desenho do estudo.....</i>	05
	3.2 <i>Área do estudo.....</i>	05
	3.3 <i>População do estudo e critérios de elegibilidade.....</i>	06
	3.4 <i>Coleta de dados.....</i>	06
	3.5 <i>Análise das condições hidroclimáticas sazonais.....</i>	07
	3.6 <i>Coleta e análise da qualidade da água.....</i>	08
	3.7 <i>Métodos estatísticos.....</i>	08
	3.8 <i>Considerações éticas.....</i>	09
4	RESULTADOS.....	11
	4.1 <i>Condições Hidroclimáticas Sazonais.....</i>	11
	4.2 <i>Tipos de fontes e o uso doméstico.....</i>	13
	4.3 <i>Variação Sazonal do nível da água da cisterna.....</i>	18
	4.4 <i>Análise da qualidade da água.....</i>	19
	4.5 <i>Análise dos casos de diarreia.....</i>	39
	4.6 <i>Propostas de ações para a enfermagem direcionada às populações em vulnerabilidade hídrica.....</i>	42
5	DISCUSSÃO.....	43
6	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS.....	51
	APÊNDICES	
	ANEXOS	

INTRODUÇÃO

O acesso à água potável continua sendo um dos grandes desafios de saúde pública e desenvolvimento em nível mundial. Segundo relatório da Organização Mundial de Saúde (OMS), cerca de 2,1 bilhões de pessoas, ou seja, 1 em cada 4 indivíduos, ainda não têm acesso à água potável, e 3,4 bilhões de pessoas ainda não têm saneamento básico (WHO, 2025). Em áreas rurais, entre 2015 e 2024, a cobertura de água potável aumentou apenas de 50% para 60% (WHO, 2025). Além disso, eventos climáticos extremos, como secas severas, intensificam a escassez hídrica, reduzem a disponibilidade de água superficial e subterrânea e comprometem a segurança hídrica de comunidades inteiras (Walker et al. 2024).

Dentro dessa realidade, o semiárido brasileiro compõe uma região das mais desafiadoras do país no que se refere ao acesso à água e à gestão de recursos hídricos. Com temperaturas elevadas ao longo de todo ano e taxas acentuadas de evapotranspiração, que podem atingir até 78% da precipitação anual (Alvares et al. 2013). O regime de chuvas é marcado por forte irregularidade, alternando longos períodos de seca com episódios concentrados de chuvas intensas, principalmente entre fevereiro e maio, que concentram 70% de toda a precipitação anual (Costa et al., 2021). Essa configuração representa uma vulnerabilidade híbrida, ampliada pela presença de solos rasos, pelo embasamento cristalino e pelo predomínio de rios intermitentes e riachos efêmeros, moldando um cenário em que a água é um recurso escasso, instável e profundamente condicionado aos ciclos climáticos (Neto et al., 2024).

Historicamente, tais condições impulsionaram a construção de reservatórios superficiais como estratégia descentralizada de armazenamento e oferta de água durante os períodos de estiagem. As cisternas de captação, como são chamados os reservatórios que armazenam água da chuva, são iniciativas fundamentais para contribuir com o abastecimento de famílias rurais dispersas, que permanecem à margem dos sistemas de tratamento e distribuição regulares (Diniz; Santos; Rozendo, 2022). Entretanto, a vulnerabilidade socioambiental da região tem sido agravada pelas mudanças climáticas, expressas pelo aumento da frequência e intensidade das secas, maior irregularidade na distribuição das chuvas e tendência à aridificação (Cavalcante et al., 2025).

A vulnerabilidade hídrica pode ser entendida como uma condição de fragilidade socioambiental em que uma comunidade ou território não dispõe de garantias confiáveis de acesso à água em quantidade e qualidade suficientes (De Moura et al., 2020). Nesse contexto, a vulnerabilidade surge da conjugação de fatores estruturais, a oferta irregular ou limitada de

água, a dependência de fontes alternativas ou emergenciais, e as desigualdades sociais que aumentam a exposição e reduzem a capacidade de adaptação das populações diante de secas, escassez ou falhas no abastecimento.

Nesse contexto, as comunidades rurais do semiárido dependem de soluções locais e multifontes para suprir suas necessidades hídricas, dado que não são atendidas por sistemas convencionais de abastecimento. Para a ingestão, predominam duas fontes principais: as cisternas de captação de água da chuva, construídas com capacidade média de 16 mil litros e amplamente distribuídas por programas sociais, e os garrafões de 20 litros, adquiridos comercialmente (Henig, 2023). Já para os demais usos domésticos, as famílias recorrem a uma combinação de fontes naturais e alternativas: águas subterrâneas de poços, frequentemente associados a águas mais salinizadas; pequenos reservatórios superficiais (açudes), sujeitos à contaminação ambiental; o volume remanescente das cisternas, quando disponível; e, em períodos mais críticos, o abastecimento emergencial por caminhões-pipa (Daly et al, 2021).

A precariedade no acesso à água segura tem repercussões diretas sobre a carga global de doenças (Wolf et al, 2023). A doença diarreica é a terceira principal causa de mortalidade em crianças menores de 5 anos, com cerca de 443.832 mortes anuais, segundo dados da OMS (WHO, 2024). Diversos estudos epidemiológicos evidenciam casos de diarreia resultantes do consumo de águas inseguras (Chen et al, 2023). A diarreia permanece uma das principais causas de morbidade em regiões marcadas pela vulnerabilidade socioambiental, onde a insegurança hídrica é agravada pelos longos períodos de seca, pela irregularidade no abastecimento e armazenamento inadequado da água para uso doméstico. Evidências recentes mostram que a contaminação fecal da água representa o principal fator de risco para episódios diarreicos, sobretudo em áreas rurais de baixa renda (Liu et al., 2024; Loyola et al., 2020).

Diante desse cenário, a Enfermagem assume um papel central na prevenção e mitigação dos agravos associados ao consumo de água insegura, especialmente em áreas rurais e de maior vulnerabilidade socioambiental (Enebeli; Saint; Hämel, 2024). Na Atenção Primária à Saúde, o enfermeiro atua na vigilância dos riscos sanitários, na orientação sobre práticas seguras de captação, armazenamento e uso da água, no reconhecimento precoce de sinais e sintomas de doenças de veiculação hídrica e na implementação de ações educativas voltadas à promoção da saúde (Amorim; Nascimento, 2025).

Estudos de campo realizados no semiárido brasileiro e em áreas rurais do Nordeste têm investigado a qualidade da água para consumo humano e sua relação com agravos à saúde, evidenciando contaminação microbiológica associada à sazonalidade das chuvas, ao

manejo da água e às condições de saneamento, bem como a ocorrência de doenças de veiculação hídrica (Vitor et al., 2025; Dias et al., 2018).

Essas pesquisas contribuem para a compreensão dos fatores ambientais e sanitários envolvidos, porém ainda não apresentam a articulação entre os achados ambientais e a implementação de intervenções em saúde protagonizadas pela enfermagem e pelos Agentes Comunitários de Saúde (ACS), principalmente no âmbito da prevenção e da educação em saúde em contextos de vulnerabilidade hídrica.

Evidências recentes destacam que intervenções de enfermagem realizadas em conjunto com agentes comunitários de saúde são fundamentais para reduzir a ocorrência de episódios diarreicos, fortalecer práticas preventivas no domicílio e ampliar a resiliência das comunidades frente à escassez hídrica crescente (Schwingel et al., 2024).

Considerando esse contexto intrincado de problemáticas, é imperativo compreender como as condições hidroambientais, os padrões de uso doméstico da água e as estratégias comunitárias de abastecimento interagem para moldar a segurança hídrica e os riscos sanitários nas populações rurais do semiárido. A análise dessas dinâmicas permite identificar vulnerabilidades específicas, compreender os fatores que condicionam a qualidade da água consumida e reconhecer como a variabilidade sazonal, a precariedade estrutural e as práticas cotidianas impactam a saúde, especialmente no que se refere às doenças de veiculação hídrica, além de evidenciar as implicações para a prática de enfermagem.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Investigar as variações sazonais das inter-relações entre vulnerabilidade hídrica, características socioambientais, qualidade da água e desfechos em saúde em comunidades rurais de Quixadá e de Quixeramobim, Ceará.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar as condições hidroclimáticas sazonais das comunidades rurais;.
- Analisar a variação sazonal do uso doméstico da água associado aos tipos de fontes hídricas, e do nível da água das cisternas;
- Analisar a variação sazonal da qualidade da água, considerando seus parâmetros físico-químicos e microbiológicos;
- Analisar os casos de diarreia;
- Propor ações para a enfermagem direcionada às populações em vulnerabilidade hídrica.

3 MÉTODO

3.1 Desenho do estudo

Trata-se de um estudo descritivo, de série temporal e abordagem ecológica. Realizado em três comunidades rurais do interior do Estado do Ceará, em três cortes temporais, fevereiro, abril e setembro de 2025.

3.2 Área do estudo

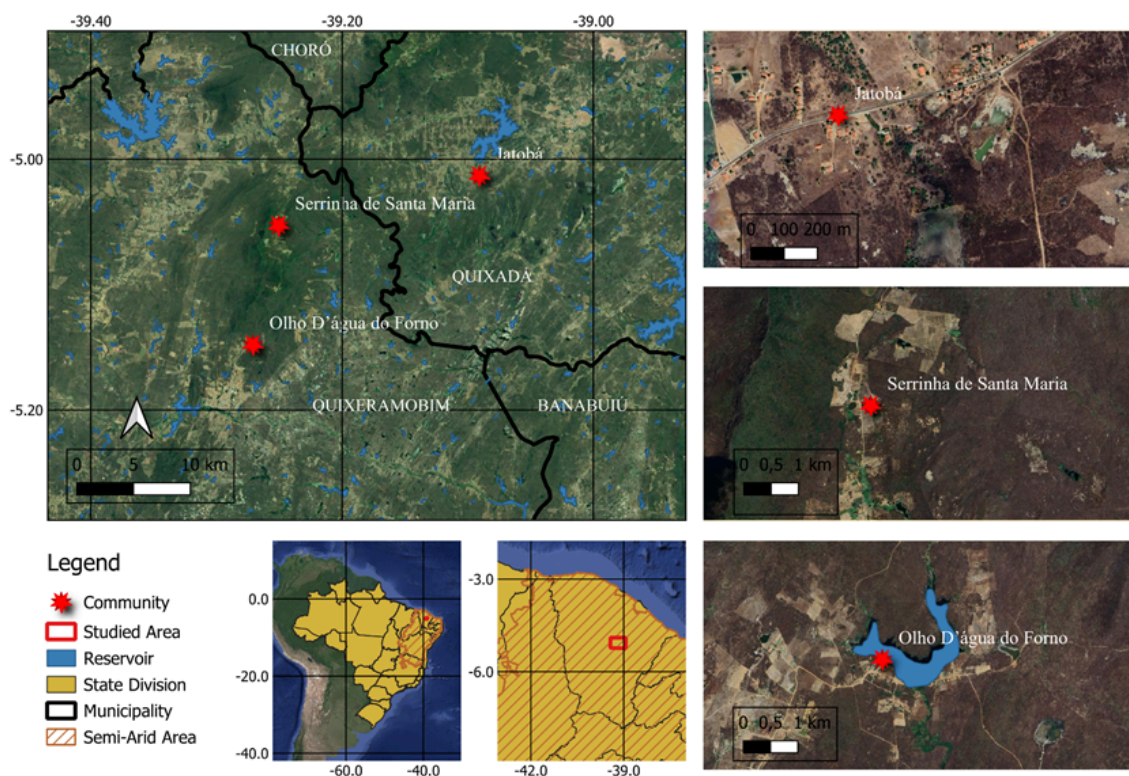
O estudo foi conduzido em três comunidades rurais: Jatobá, Olho d'Água do Forno e Serrinha de Santa Maria, comunidades localizadas em Quixadá e Quixeramobim, no interior do Estado do Ceará. Essas comunidades integram a região do Sertão Central cearense e situam-se integralmente nos limites da Região Semiárida Brasileira. O semiárido é caracterizado por precipitação pluviométrica média anual inferior a 800mm, índice de aridez de até 0,5 e risco de seca superior a 60% (INSA, 2025).

De acordo com os Perfis Municipais do IPECE (2017), os municípios de Quixadá e Quixeramobim apresentam características ambientais semelhantes, típicas do clima tropical quente semiárido. Quixadá possui área de 2.019,8 km², com temperaturas médias entre 26°C e 28°C e pluviosidade anual em torno de 838 mm, concentrada especialmente entre fevereiro e abril. Seu relevo é marcado por depressões sertanejas e maciços residuais, com destaque para os monólitos que caracterizam sua paisagem, além de solos rasos e vegetação predominante de caatinga. Segundo dados do Censo Demográfico de 2010, publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 28,68% da população (23.119 habitantes) residia na zona rural.

Quixeramobim, por sua vez, abrange uma área maior, de 3.275,6 km², apresenta a mesma faixa de temperatura média (26°C a 28°C) e uma pluviosidade inferior, cerca de 707,7mm anuais, igualmente concentrados no início do ano. O relevo é semelhante ao de Quixadá, composto por depressões sertanejas e maciços residuais, porém sem a presença marcante dos monólitos, mantendo a caatinga como vegetação predominante (IPECE, 2017). De acordo com o Censo Demográfico de 2010 do IBGE, Quixeramobim apresentava 39,59% da população (28.463 habitantes) na zona rural.

Diante desse cenário, a população estudada enfrenta secas recorrentes e está em situação de vulnerabilidade socioambiental, que se agrava mediante às mudanças climáticas, que muitas vezes impede o acesso à água segura e devidamente testada de acordo com os parâmetros de qualidade, trazendo possíveis riscos à saúde.

Figura 1 - Localização geográfica das três comunidades rurais do estudo, no semiárido brasileiro.



Fonte: 3D4REAL Project.

3.3 População do estudo e critérios de elegibilidade

A população do estudo foram famílias residentes nas três comunidades rurais do estudo, por meio do recrutamento de um representante familiar, e os critérios de inclusão foram: residir em uma das áreas de estudo, não possuir água encanada ou ter água encanada não proveniente de fontes tratadas governamentais, e possuir pelo menos uma pessoa com idade maior que 18 anos em casa como representante para a coleta de dados. Foram excluídas as pessoas com deficiência cognitiva que impossibilitasse a coleta de dados, ou ausência de indivíduos na residência por qualquer motivo.

3.4 Coleta de dados

A coleta de dados de informações autorrelatadas aconteceu por meio de um instrumento de coleta de dados com perguntas acerca da composição familiar, renda mensal familiar, benefícios governamentais, fontes e usos da água, nível e compartilhamento da cisterna, e casos de diarreia atuais ou há três meses. Informações detalhadas sobre composição

familiar, renda mensal e benefícios governamentais, elaboradas pela autora a partir dos dados coletados no estudo, encontram-se disponíveis no Apêndice A.

A coleta aconteceu a partir da leitura de cada item e registro da resposta pelo pesquisador, em um ambiente de escolha do representante familiar para garantir seu conforto e privacidade. O instrumento utilizado foi adaptado de um instrumento aplicado no Projeto 3D4REAL- 3D Drought Diagnosis for REliable ALternative water resources, localizado no Anexo I (Van Oel et al., 2024).

3.5 Análise das condições hidroclimáticas sazonais

Para caracterizar as condições hidroclimáticas sazonais dos municípios de Quixadá e Quixeramobim no período da pesquisa, realizou-se uma análise da precipitação acumulada nos últimos 30 anos, durante o intervalo de janeiro a junho, por representar o período chuvoso no período de coleta de dados nas comunidades. Os dados pluviométricos foram obtidos a partir dos postos pluviométricos oficiais da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), disponíveis no site oficial, localizados na sede de cada município.

As séries mensais de precipitação disponibilizadas pela FUNCEME foram exportadas para o *Microsoft Excel*, incluindo o período de 1996 a 2025. Para cada ano dessa série histórica, calculou-se a precipitação acumulada de janeiro a junho, por meio da soma dos totais mensais desse intervalo. A partir dos valores anuais acumulados (janeiro a junho de cada ano), procedeu-se ao cálculo da média histórica (μ) e do desvio-padrão (σ) da precipitação para cada município, de modo a caracterizar a variabilidade climática do período chuvoso ampliado ao longo das últimas três décadas e contextualizar a dinâmica hídrica local no momento das coletas.

Com base nesses parâmetros, estimou-se o score Z para o ano de 2025, utilizando a expressão:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

em que X representa a precipitação acumulada no período de janeiro a junho de 2025, μ é a média histórica (1996–2025) e σ o desvio-padrão correspondente.

O score Z permitiu identificar se 2025 apresentou precipitação dentro, acima ou abaixo do padrão climatológico esperado para cada município. Valores negativos indicam redução da chuva em relação à média histórica, enquanto valores positivos refletem anos relativamente mais úmidos. Essa análise foi utilizada para contextualizar as condições ambientais vigentes durante as coletas de dados e interpretar possíveis relações com a

disponibilidade hídrica e padrões de uso das fontes de abastecimento nas comunidades estudadas.

3.6 Coleta e análise da qualidade da água.

Na análise de qualidade da água, foram coletadas variadas amostras de água de todas as fontes utilizadas nos três cortes temporais: cisterna, carro-pipa, água de garrafão, água encanada do poço, água encanada tratada do Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR), e água encanada do açude advinda da chuva. As variáveis analisadas da qualidade da água foram: temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), potencial de oxirredução (ORP), condutividade elétrica (EC), coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. Coli*).

A coleta era realizada mediante solicitação de uma amostra de água, para o representante familiar, das fontes de água disponíveis naquela residência, as que eram encanadas o morador retirava da torneira e entregava em um copo para o pesquisador transferir para o recipiente que seria realizado o teste, algumas amostras das cisternas foram retiradas diretamente da cisterna e a água do açude, a amostra era fornecida do recipiente que o morador armazenava a água.

Na análise dos parâmetros físico-químicos de temperatura, pH, ORP e EC da água, utilizou-se uma sonda de baixo custo para realização do teste. Antes de realizar o teste a sonda era calibrada com uma solução padrão, as amostras eram coletadas, era colocada em contato com a sonda para fazer a medição dos parâmetros, e em seguida eram registrados os valores de leitura.

Para a análise microbiológica de coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. Coli*) foi utilizado o *COLItest*[®]. As amostras foram coletadas em campo, armazenadas nos frascos do teste (frascos estéreis com tiosulfato de sódio) e colocados em uma caixa térmica para que no final do turno fossem encaminhadas para o laboratório de universidades parceiras para que prosseguissem com a análise. A água de cada amostra era colocada no meio de cultura *COLItest*[®] e homogeneizada, em seguida era colocada para incubar em uma estufa bacteriológica a 35 + 2 °C por 48h.

Após o período de incubação, o resultado era considerado negativo (ausência de coliformes totais e *E. coli*) quando não havia alteração de cor púrpura para amarelo. O resultado era considerado positivo (presença de coliformes totais) quando havia alteração de cor púrpura para uma faixa de variações de tonalidades para o amarelo, desde amostra verde-amarelada, marrons, caramelo e amarelo claro ao amarelo ouro, decorrente da variação do pH das amostras. Na análise de *E. coli* era necessário realizar a prova de fluorescência

como passo seguinte do resultado positivo da etapa anterior. O teste era considerado positivo (presença de *E. coli*) quando a amostra tinha fluorescência azul sob luz ultravioleta.

3.7 Métodos estatísticos

3.7.1 Análise estatística da qualidade da água

Os dados obtidos foram organizados em planilhas eletrônicas e analisados no software *Jamovi*[®] (versão 2.7), integrado ao ambiente estatístico *R*[®] (versão 4.5). A análise dos parâmetros físico-químicos de temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), potencial de oxidação-redução (ORP) e condutividade elétrica (EC) foi conduzida em três etapas.

Na primeira etapa, investigaram-se possíveis diferenças sazonais entre os três períodos de coleta (fevereiro, abril e setembro) em cada comunidade, utilizando análise descritiva com medidas de tendência central e dispersão (média, mediana, desvio-padrão, valores mínimos e máximos). Os resultados foram representados por diagramas de caixa construídos no ambiente virtual gratuito do *Flourish Studio*. Em seguida, verificou-se a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk, a fim de subsidiar a escolha dos testes inferenciais (Siegel; Castellan, 2006). Quando identificada distribuição não normal ($p < 0,05$), aplicou-se o teste de Kruskal–Wallis, seguido pelo pós-teste de comparações múltiplas de Dunn com correção de Bonferroni para identificar quais períodos diferiram entre si, adotando-se nível de significância de 5% (Devore, 2006).

Ainda nessa etapa, na comunidade de Jatobá realizou-se uma análise adicional comparando as “águas do território” (cisterna e poço) com as “águas importadas” (carro-pipa, SISAR, garrafão, e água fornecida por “carroceiro” na última coleta), tal comparação não foi realizada nas demais comunidades por ausência de registro de fontes importadas.

Na segunda etapa, comparou-se cada parâmetro físico-químico entre os diferentes tipos de fontes de água, utilizando análises descritivas com dados apresentados em diagrama de caixa, aplicação do teste de Kruskal–Wallis e, quando houve diferença significativa, realizou-se o pós-teste de comparações múltiplas de Dunn. Por fim, na terceira etapa, os parâmetros foram comparados entre as três comunidades do estudo, empregando-se os mesmos procedimentos estatísticos adotados nas etapas anteriores.

A análise estatística da qualidade microbiológica foi conduzida utilizando o Teste Exato de Fisher, adequado para amostras pequenas e dados categóricos, permitindo verificar a associação entre o período de coleta e a presença de coliformes totais e *E. coli*, que foram categorizadas em “positivo” e “negativo”. Esse método possibilitou identificar se havia variação sazonal significativa na contaminação da água entre os diferentes recortes temporais.

3.7.2 Análise estatística de casos de diarreia

Os dados foram tabulados e analisados no software *RStudio*, (versão 2024.09.0), utilizando a linguagem *R* (versão 4.5.2). Para as variáveis qualitativas dicotômicas, de casos de diarreia nas famílias da amostra, foram realizadas análises descritivas, apresentadas em frequências (%). Com o objetivo de verificar a existência de diferenças nos casos de diarreia entre os três períodos de coleta (fevereiro, abril e setembro), aplicou-se o teste de *Cochran's Q*, adequado para variáveis dicotômicas medidas repetidamente em um mesmo grupo de participantes (Siegel; Castellan, 2006). Adotou-se o nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$). As hipóteses testadas foram:

H₀: não há diferença dos casos de diarreia entre os três períodos;

H₁: existe diferença dos casos entre os períodos.

Quando identificada significância estatística ($p < 0,05$), foram conduzidas análises pós-hoc com o teste de McNemar para comparações pareadas entre os períodos (Siegel; Castellan, 2006).

3.8 Considerações éticas

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNILAB, sob o parecer nº 7.666.408/2025, e seguiu os princípios éticos estabelecidos pela Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

4 RESULTADOS

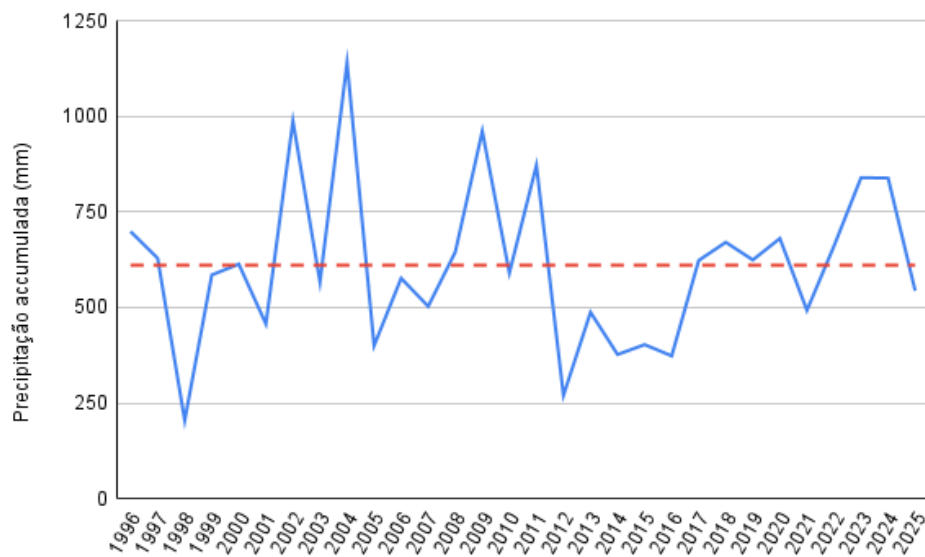
4.1 Condições Hidroclimáticas Sazonais

A análise histórica da precipitação acumulada entre janeiro e junho no município de Quixeramobim evidenciou ampla variabilidade interanual ao longo dos últimos 30 anos (1996–2025), conforme apresentado no Gráfico 1. Nesse período, a média histórica da estação chuvosa foi de 610,44 mm, com desvio-padrão de 207,29 mm, evidenciando elevada variabilidade interanual com um coeficiente de variação de 33,96%, característica típica da dinâmica pluviométrica do semiárido cearense.

No ano de 2025, a precipitação acumulada alcançou 543,80 mm, valor inferior à média climatológica. O score Z calculado ($-0,32$) evidenciou que a precipitação acumulada de 2025 esteve moderadamente abaixo do padrão histórico, embora ainda dentro dos limites de variabilidade natural observados, ao longo das últimas três décadas, para o município (403,15 a 817,73 mm), definidos com base na média histórica e seu desvio-padrão. Assim, 2025 não se configurou como um ano extremamente seco, mas apresentou redução moderada na precipitação, o que pode ter implicações importantes na disponibilidade hídrica local e no uso diferencial das fontes de abastecimento pelas famílias rurais. Vale salientar que a precipitação acumulada de 2025 apresentou uma redução de 35,16% em relação a 2024 e de 35,22% em relação a 2023.

Esse panorama permite contextualizar as condições ambientais no período de chuva dentro do período de coleta de dados, especialmente considerando que menores volumes de chuva tendem a reduzir a recarga hídrica dos mananciais e aumentar a dependência de fontes emergenciais, como água de carro-pipa.

Gráfico 1 - Precipitação acumulada de janeiro a junho nos últimos 30 anos em Quixeramobim-CE



Fonte: FUNCEME, 2025.

Nota: linha vermelha pontilhada (média de precipitação acumulada)

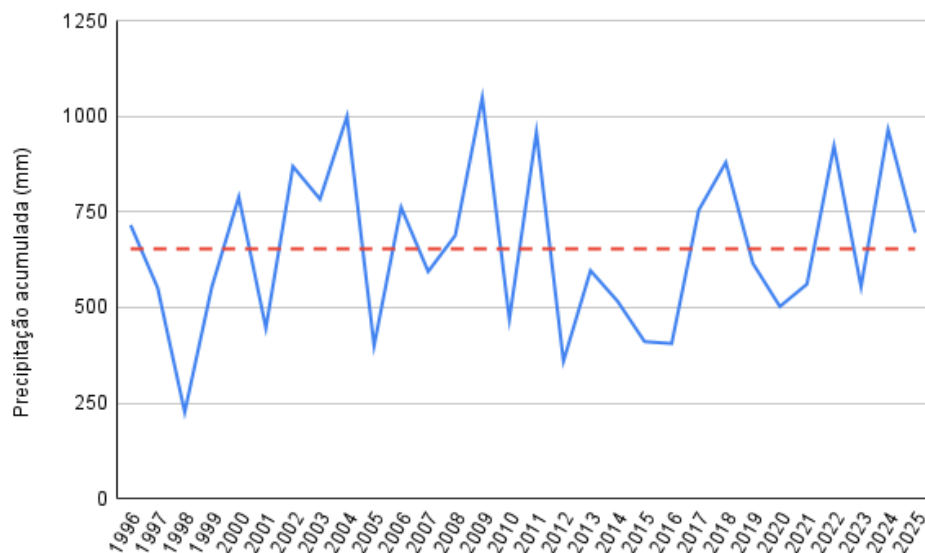
A análise da precipitação acumulada de janeiro a junho em Quixadá também revelou elevada variabilidade interanual entre 1996 e 2025, comportamento consistente com o regime pluviométrico irregular do semiárido cearense, conforme apresentado no Gráfico 2. Nesse intervalo, a média histórica da estação chuvosa foi de 653,13 mm, com desvio-padrão de 209,62 mm, refletindo oscilações expressivas entre anos substancialmente mais úmidos e anos marcadamente secos, com um coeficiente de variação de 32,1%.

Em 2025, a precipitação acumulada de janeiro a junho atingiu 696,0 mm, situando-se levemente acima da média histórica. O score Z de +0,20, indicando que a precipitação acumulada apresentou comportamento ligeiramente mais úmido do que o esperado, mas ainda dentro dos limites da variabilidade natural observada para o município (443,51 a 862,75 mm), definidos com base na média histórica da série e seu desvio-padrão. Assim, 2025 não caracterizou um evento extremo de chuva acima da média, configurando-se como um ano hidrológicamente típico.

Embora 2025 tenha apresentado precipitação próxima à média histórica, é importante destacar que no contexto do semiárido isso não implica maior segurança hídrica, uma vez que o padrão climatológico é caracterizado por irregularidade e limitações no acesso à água, permanecendo assim em condições de vulnerabilidade típicas da região. Ademais, a

precipitação acumulada de 2025 apresentou uma redução de 27,86% em relação ao ano de 2024.

Gráfico 2 - Precipitação acumulada de janeiro a junho nos últimos 30 anos em Quixadá-CE



Fonte: FUNCEME, 2025.

Nota: linha vermelha pontilhada (média de precipitação acumulada)

4.2 Tipos de fontes e o uso doméstico

Na comunidade de Jatobá, observou-se que, ao longo dos três cortes temporais (fevereiro, abril e setembro), a principal fonte de água para beber foi a cisterna. Em fevereiro, cerca de 69,0% (n=20) das famílias referiram utilizar a água da cisterna para beber, 24,1% (n=7) utilizavam água de garrafão, 3,4% (n=1) recorreram ao carro-pipa e 3,4% (n=1) ao poço. Em abril, manteve-se o predomínio da cisterna 65,5% (n=19), seguido do garrafão 27,6% (n=8), com participação residual do carro-pipa 3,4% (n=1) e do poço 3,4% (n=1). Em setembro, a dependência da cisterna para o consumo aumentou para 75,9% (n=22), enquanto o uso de garrafão reduziu-se para 20,7% (n=6), mantendo-se o poço como fonte minoritária 3,4% (n=1) e sem registro de uso de carro-pipa para beber. Esses achados indicam que a cisterna se configura como a principal estratégia de abastecimento para água de consumo direto, e o garrafão como uso complementar.

Para cozinhar, a cisterna também se destacou como fonte predominante nos meses de fevereiro e abril, com uma significativa mudança no mês de setembro, onde o poço foi mais utilizado. Em fevereiro, aproximadamente 51,7% (n=15) das famílias utilizavam água da cisterna para cozinhar, seguida pelo poço 27,6% (n=8), garrafão 17,2% (n=5) e carro-pipa 3,4% (n=1). Em abril, a participação da cisterna aumentou para 55,2% (n=16), com elevação

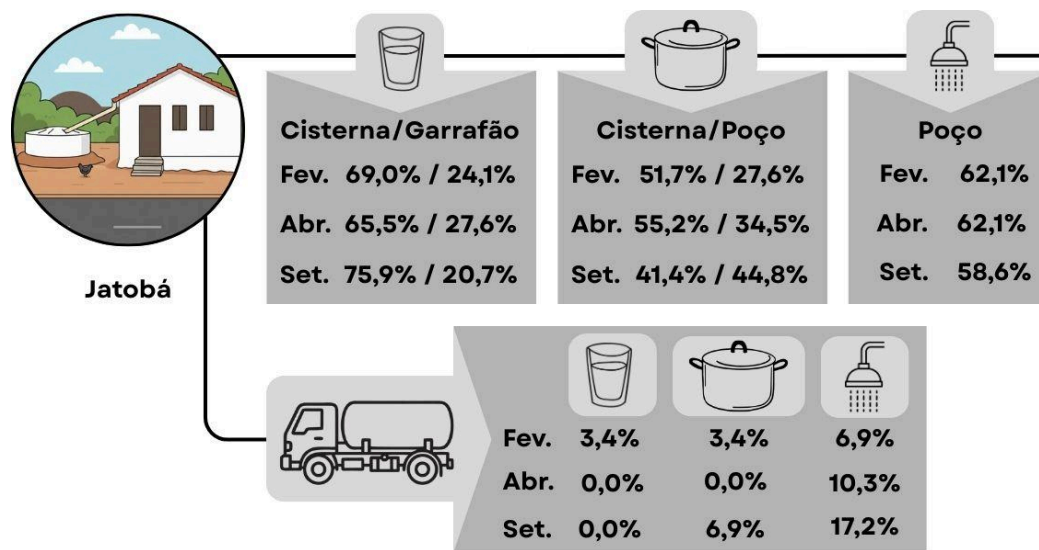
também do uso de água do poço 34,5% (n=10), enquanto carro-pipa e garrafão permaneceram como fontes secundárias, 3,4% (n=1) e 6,9% (n=2), respectivamente. Em setembro, observa-se intensificação do uso do poço para cozinhar 44,8% (n=13), embora a cisterna permaneça como uma das fontes principais 41,4% (n=12), e o carro-pipa e o garrafão mantenham participação reduzida, 6,9% cada (n=2).

No que se refere à higiene pessoal, a principal fonte utilizada foi a água do poço, complementarmente ao abastecimento por cisterna, carro-pipa, SISAR e, em menor grau, açude. Em fevereiro, cerca de 62,1% (n=18) das famílias utilizavam água do poço para banho e higiene, 13,8% (n=4) usavam água do carro-pipa, 13,8% (n=4) eram atendidas pelo sistema SISAR, 6,9% (n=2) recorriam à cisterna e 3,4% (n=1) utilizavam água do açude. Em abril, o poço manteve participação de 62,1% (n=18), com aumento do uso da cisterna 17,2% (n=5), enquanto carro-pipa e SISAR corresponderam a 10,3% (n=3) cada e não houve registro de uso do açude. Em setembro, o poço continuou predominando 58,6% (n=17), com elevação do uso de carro-pipa e cisterna, ambos 17,2% (n=5), SISAR com 6,9% (n=2) e, novamente, ausência de uso do açude.

Apesar do uso de carro-pipa não ser predominante, o aumento do uso dessa fonte a caracteriza como fonte emergencial para períodos de seca. Ao comparar o mês de fevereiro com setembro, apenas uma família usava água de carro-pipa para cozinhar, enquanto no mês de setembro dobrou para duas famílias. Para a higiene pessoal, quatro famílias usavam a água do carro-pipa em fevereiro, em abril esse número caiu para três e em setembro cinco famílias relataram utilizar a água do carro-pipa.

A Figura 2 sintetiza as informações apresentadas anteriormente sobre as fontes de água predominantes em Jatobá, de acordo com o uso para beber, cozinhar e higiene pessoal, além de apresentar a frequência de utilização do carro-pipa, possibilitando a compreensão da dinâmica dessa fonte emergencial.

Figura 2 - Fontes de água predominantes em Jatobá classificadas por tipos de uso: beber (copo), cozinhar (panela) e higiene pessoal (chuveiro); e frequência do uso de carro-pipa.



Fonte: A autora, 2025.

Na comunidade Serrinha, nos três cortes temporais analisados (fevereiro, abril e setembro), todas as famílias utilizaram exclusivamente a cisterna como fonte de água para beber. Esse achado indica uma dependência da água da cisterna destinada à ingestão ao longo de todo o período estudado, possivelmente decorrente do difícil acesso à comunidade, impossibilitando a entrega de água de garrafão.

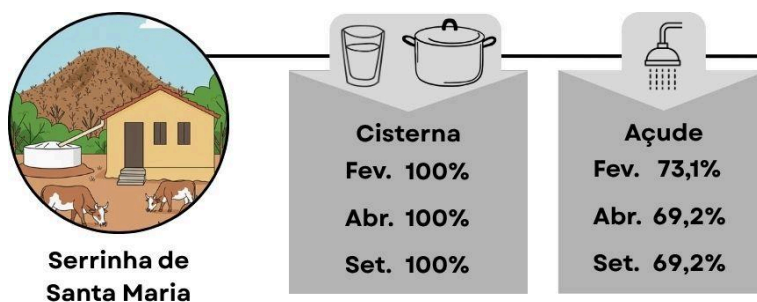
De forma semelhante ao consumo para beber, 100% (n=26) das famílias relataram usar exclusivamente água da cisterna para cozinhar, em todos os meses avaliados. Para a higiene pessoal, observou-se um padrão mais diversificado de uso de fontes, com predominância da água do açude, mas com participação relevante da cisterna e uso pontual do cacimbão. No mês de fevereiro a principal fonte utilizada foi o açude, 73,1% (n=19) das famílias, enquanto 26,9% (n=7) utilizavam água da cisterna. Em abril, manteve-se a predominância do açude, utilizado por 69,2% (n=18) das famílias, com participação estável da cisterna em 26,9% (n=7) e introdução do cacimbão como fonte complementar em 3,8% (n=1) das famílias. Já em setembro, o açude continuou sendo a principal fonte para higiene, utilizado por 69,2% (n=18) das famílias, seguido pela cisterna 23,1% (n=6) das famílias, e pelo cacimbão, utilizado por 7,7% (n=2).

Esses resultados evidenciam uma organização funcional do uso das fontes de água, na qual a cisterna é reservada para beber e cozinhar, enquanto a higiene pessoal é predominantemente suprida pelo açude, com participação complementar da cisterna e, em menor escala, do cacimbão, conforme sintetizado na Figura 3. Esse padrão indica uma

distribuição estratégica das fontes conforme a finalidade, privilegiando a água de melhor percepção de qualidade, segundo as famílias, para o consumo direto e destinando fontes superficiais ou alternativas às atividades de higiene pessoal.

Além disso, o acesso contínuo ao serviço de carro-pipa é praticamente inviável na comunidade, em razão das condições geográficas e da dificuldade do acesso com veículos de grande porte. Essa limitação estrutural reforça a dependência da cisterna como principal reserva hídrica para usos essenciais, levando as famílias a adotarem um manejo mais cauteloso e econômico desse recurso. Assim, o açude assume papel central nas práticas de higiene e limpeza, contribuindo para a preservação do volume armazenado na cisterna ao longo dos diferentes períodos sazonais.

Figura 3 - Fontes de água predominantes em Serrinha classificadas por tipos de uso: beber (copo) e cozinhar (panela), e higiene pessoal (chuveiro).



Fonte: A autora, 2025.

Na comunidade de Olho d'Água do Forno, a principal fonte de água para consumo direto ao longo dos três cortes temporais foi a cisterna. Em fevereiro, 91,3% (n=21) das famílias utilizaram água da cisterna para beber, enquanto 8,7% (n=2) consumiram água de garrafão. Em abril, manteve-se o mesmo padrão, de 91,3% das famílias consumindo água da cisterna (n=21) e 8,7% utilizando garrafão (n=2).

Já no mês de setembro, a cisterna permaneceu como fonte predominante, sendo utilizada por 91,3% das famílias (n=21), porém observou-se leve diversificação das fontes, com 4,3% das famílias consumindo água de garrafão (n=1) e 4,3% (n=1) passando a utilizar água de carro-pipa para beber. De modo geral, os achados indicam forte dependência da cisterna para o consumo humano, com participação pontual de água mineral de garrafão e de carro-pipa apenas no último período.

Para cozinhar, a cisterna também se destacou como a principal fonte, embora com participação complementar do açude e, em menor escala, do carro-pipa. Em fevereiro, 87,0%

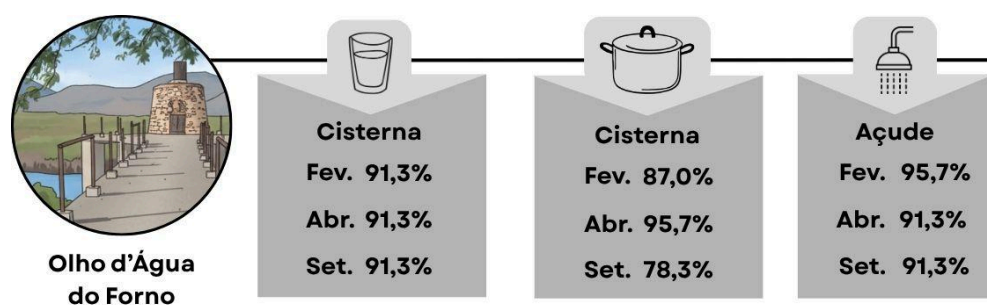
(n=20) das famílias referiram utilizar água da cisterna para cozinhar e 13,0% (n=3) relataram uso de água do açude. Em abril, a dependência da cisterna tornou-se ainda mais acentuada, sendo relatada por 95,7% das famílias (n=22), enquanto apenas 4,3% utilizaram água do açude para cozinhar (n=1).

Em setembro, embora a cisterna ainda concentre a maior parte do uso para preparo de alimentos, sua participação relativa diminuiu para 78,3% (n=18), com aumento da utilização do açude, que passou a ser usado por 17,4% das famílias (n=4), e introdução do carro-pipa como fonte complementar, utilizado por 4,3% das famílias (n=1). Esses resultados sugerem que, embora a cisterna siga como eixo central para usos alimentares, há uma tendência de maior diversificação das fontes em períodos específicos, possivelmente relacionada à redução do nível de água da cisterna.

No que se refere à higiene pessoal, a água do açude se configura como a principal fonte utilizada em todos os meses. Em fevereiro, 95,7% das famílias relataram usar água do açude para higiene (n=22) e 4,3% utilizaram água de carro-pipa (n=1). Em abril, o açude permaneceu predominante, suprimindo 91,3% das famílias (n=21), enquanto 8,7% passaram a utilizar água da cisterna para higiene pessoal (n=2). Em setembro, manteve-se exatamente o mesmo padrão observado em abril.

Esse arranjo se assemelha com o da comunidade Serrinha, evidenciando uma clara diferenciação de uso entre as fontes, priorizando a água da cisterna para beber e cozinhar, enquanto o açude, e no caso do Olho d'Água do Forno pontualmente o carro-pipa, são destinados às atividades de higiene pessoal. A Figura 4 sintetiza as informações apresentadas anteriormente sobre as fontes de água predominantes em Olho d'Água, de acordo com o uso para beber, cozinhar e higiene pessoal.

Figura 4 - Fontes de água predominantes em Olho d'Água classificadas por tipos de uso: beber (copo), cozinhar (panela) e higiene pessoal (chuveiro).



Fonte: A autora, 2025.

4.3 Variação Sazonal do nível da água da cisterna

Na comunidade de Jatobá 58,6% (n=17) das famílias compartilham a cisterna com outra família. No mês de fevereiro predominavam cisternas com baixo volume de armazenamento, sendo 41,4% (n=12) com menos da metade da capacidade e 17,2% (n=5) vazias. Apenas 10,3% (n=3) estavam cheias e 6,9% (n=2) acima da metade, enquanto 13,8% (n=4) das famílias relataram não ter cisterna, evidenciando uma condição inicial de vulnerabilidade hídrica.

Em abril, período chuvoso, observou-se melhora nas condições de armazenamento, com 31% (n=9) das cisternas na metade, 13,8% (n=4) acima da metade e o mesmo percentual (13,8%) cheias. Ainda assim, 20,7% (n=6) estavam com menos que a metade e 10,3% (n=3) vazias, evidenciando que, embora o abastecimento tenha melhorado, é notória as desigualdades no armazenamento das cisternas entre as famílias.

Em setembro, durante a estiagem, verificou-se redução dos volumes armazenados, com 27,6% (n=8) das cisternas na metade, 10,3% (n=3) menos que a metade, e apenas 6,9% (n=2) cheias, conforme apresentado na Figura 5. Além disso, 24,1% (n=7) encontravam-se vazias, o que reflete o impacto do período seco e do consumo acumulado ao longo dos meses, principalmente devido a maioria das famílias compartilharem a água da cisterna.

Na comunidade de Serrinha, 80,8% (n=21) das famílias não compartilham a cisterna, sobre o nível de água em fevereiro, também predominavam cisternas com baixo volume de armazenamento, sendo 53,8% (n=14) com menos da metade da capacidade e 23,1% (n=6) na metade. Apenas 7,7% (n=2) estavam cheias e o mesmo percentual (7,7%) apresentava mais que a metade, enquanto 7,7% (n=2) encontravam-se vazias, evidenciando escassez hídrica no início do ano.

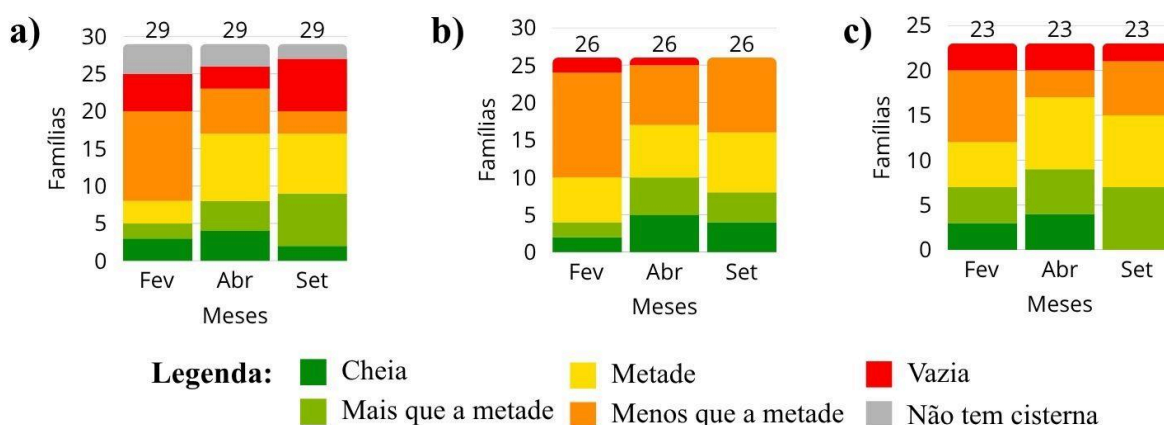
Em abril, período mais chuvoso, observou-se melhora nas condições de armazenamento, com 26,9% (n=7) das cisternas na metade, 19,2% (n=5) acima da metade e 19,2% (n=5) cheias, indicando recarga significativa. Ainda assim, 30,8% (n=8) estavam com menos da metade e 3,8% (n=1) vazias, indicando que ainda haviam muitas famílias em situação de vulnerabilidade hídrica.

No mês de setembro, durante o período seco, verificou-se redução gradual dos níveis, com 30,8% (n=8) das cisternas na metade, 15,4% (n=4) acima da metade e 15,4% (n=4) cheias, conforme apresentado na Figura 5. A maior parte, 38,5% (n=10), encontrava-se com menos da metade, e nenhuma cisterna estava vazia, o que sugere certa capacidade de reserva, mesmo com a redução das chuvas, e possível economia do uso da água da cisterna.

Na comunidade de Olho d'Água do Forno 65,2% (n=15) das famílias não compartilham a cisterna. Em fevereiro, a maior parte das cisternas apresentava níveis intermediários de armazenamento, com 34,8% (n=8) contendo menos que a metade e 21,7% (n=5) na metade da capacidade, enquanto apenas 13% (n=3) estavam cheias.

Em abril, observou-se melhora nas condições de abastecimento, possivelmente associada ao período chuvoso, com 34,8% (n=8) das cisternas na metade, 21,7% (n=5) com mais que a metade e 17,4% (n=4) cheias, indicando recarga mais equilibrada. Já em setembro, durante a estiagem, houve redução dos níveis, com 34,8% (n=8) na metade, 30,4% (n=7) com mais que a metade, 26,1% (n=6) menos que a metade e 8,7% (n=2) vazias, conforme apresentado na Figura 5. Nesse período não houve registros de cisternas cheias, evidenciando o impacto do consumo acumulado.

Figura 5 - Gráficos do nível de água da cisterna.



Fonte: A autora, 2025.

Nota: a) Jatobá; b) Serrinha de Santa Maria; c) Olho d'Água do Forno.

4.4 Análise da qualidade da água

4.4.1 Análise físico-química

4.4.1.1 Jatobá

Na análise de variação sazonal, valores de pH apresentaram distribuições semelhantes entre os meses, com medianas próximas (8,10 em fevereiro; 7,70 em abril; 8,30 em setembro) e poucas discrepâncias, indicando estabilidade do parâmetro ao longo do período, conforme evidenciado pelo diagrama de caixa da Figura 6. Em todos os meses, o pH permaneceu dentro da faixa recomendada pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (Brasil, 2021) (6,0–9,0), mantendo

adequado equilíbrio ácido-básico. O teste de Kruskal–Wallis não identificou diferença significativa entre os meses ($\chi^2 = 3,61$; $p = 0,164$), reforçando a ausência de variação sazonal relevante do pH na comunidade.

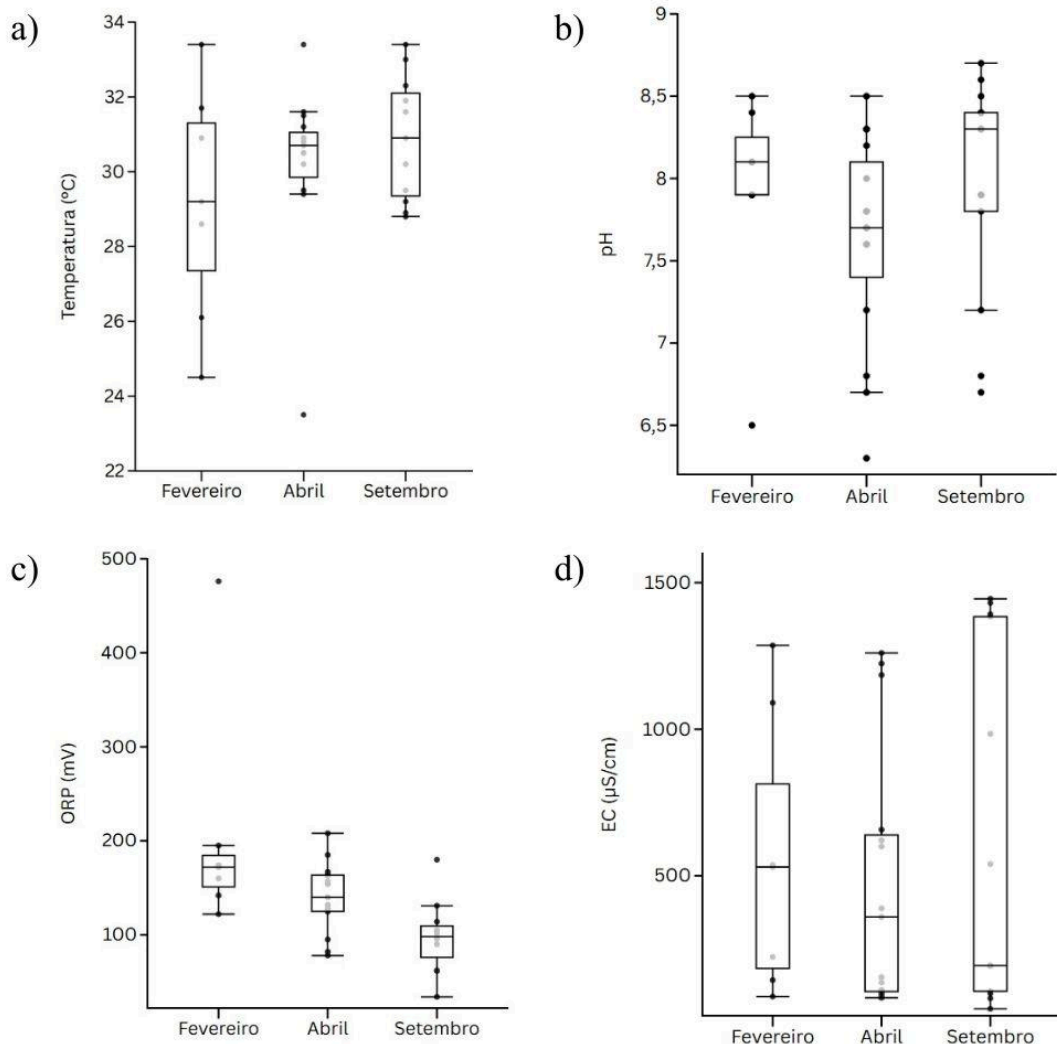
A temperatura da água mostrou comportamento semelhante nos três períodos de coleta, com medianas de 29,2°C em fevereiro, 30,7°C em abril e 30,2°C em setembro. O diagrama de caixa, da Figura 6, evidencia distribuições próximas, ainda que abril apresente valores ligeiramente mais elevados. Essa estabilidade é coerente com o padrão térmico do semiárido, onde a temperatura da água costuma acompanhar as condições ambientais sem oscilações abruptas (Santos et al., 2023; Machado et al., 2021). Embora a Portaria GM/MS nº 888/2021 (Brasil, 2021) não estabeleça limite para temperatura, valores elevados podem favorecer reações físico-químicas e processos microbiológicos, justificando seu monitoramento. O teste de Kruskal–Wallis confirmou a ausência de diferença significativa entre os meses ($\chi^2=0,534$; $p=0,766$), indicando que a temperatura da água não apresentou variação sazonal relevante no período analisado.

Os valores de ORP apresentaram variação marcante entre os períodos de coleta, com medianas de 172 mV em fevereiro, 140 mV em abril e 96 mV em setembro. O diagrama de caixa da Figura 6 evidencia redução progressiva do potencial oxidante ao longo do ano, com setembro exibindo valores substancialmente menores e maior dispersão. Essa diminuição indica um ambiente químico mais redutor, o que pode reduzir a eficiência de processos de desinfecção natural da água, já que valores mais elevados de ORP geralmente se associam a maior capacidade de inativação microbiológica (Bonilla-Jiménez et al., 2024). A análise pelo teste de Kruskal–Wallis mostrou diferença significativa entre os meses ($\chi^2=13,8$; $p=0,001$), e as comparações múltiplas de Dunn confirmaram diferença entre fevereiro e setembro ($p < 0,001$) e entre abril e setembro ($p = 0,024$). Esses resultados indicam queda relevante do ORP entre o início do ano e o período seco, sugerindo maior vulnerabilidade da água a processos de contaminação microbiológica em setembro.

A condutividade elétrica apresentou grande variação entre os períodos de coleta, com medianas de 530 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em fevereiro, 359 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em abril e 194 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em setembro. Apesar dessa diferença nas medianas, os diagramas de caixa revelam distribuições sobrepostas e alta dispersão em todos os meses, refletindo a heterogeneidade das fontes avaliadas. No Brasil, não há um parâmetro oficial definido para condutividade elétrica na água potável; entretanto, alguns laboratórios adotam faixas consideradas ideais entre 50 a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, podendo chegar até 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nesse contexto, observa-se que parte das amostras apresentou valores acima do ideal para ingestão, sugerindo maior concentração de sais dissolvidos. O teste de

Kruskal–Wallis não identificou diferença estatisticamente significativa entre os meses ($\chi^2=0,401$; $p=0,818$), indicando ausência de variação sazonal relevante da EC na comunidade.

Figura 6 - Diagrama de caixa da variação sazonal dos parâmetros físico-químicos de Jatobá.



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Nota: a) Temperatura (°C); b) pH; c) ORP (mV); d) EC (µS/cm).

4.4.1.1.1 Água do território vs. água importada

Foi realizada uma análise comparativa entre a qualidade da água do território com a água importada. As águas do território compreendem aquelas obtidas diretamente na comunidade, representadas pelas amostras provenientes de cisterna e poço. Já as águas importadas correspondem às fontes externas ao território ou adquiridas por meio de abastecimento complementar, incluindo carro-pipa, SISAR, garrafão e, na última coleta, houve registro de água fornecida pelo “carroceiro”. A comparação entre água do território e água importada foi realizada apenas para a comunidade de Jatobá, uma vez que Serrinha não

apresentou fontes importadas nas coletas e, em Olho d'Água do Forno, a presença de água importada ocorreu de forma pontual e insuficiente para análise estatística.

A comparação da temperatura entre as águas do território (cisterna e poço) e as águas importadas (carro-pipa, SISAR, garrafão e “carroceiro”) mostrou valores semelhantes entre os dois grupos. O diagrama de caixa da Figura 7 evidencia medianas próximas e amplitudes parecidas, sugerindo que a origem da água não influenciou de forma relevante o comportamento térmico. Esse padrão é compatível com a forte dependência da temperatura da água em relação às condições climáticas locais, independentemente da fonte utilizada. O teste de Kruskal–Wallis não identificou diferença significativa entre os grupos ($\chi^2=0,508$; $p=0,476$), confirmando que a temperatura das águas provenientes do território e das águas importadas apresentou comportamento homogêneo.

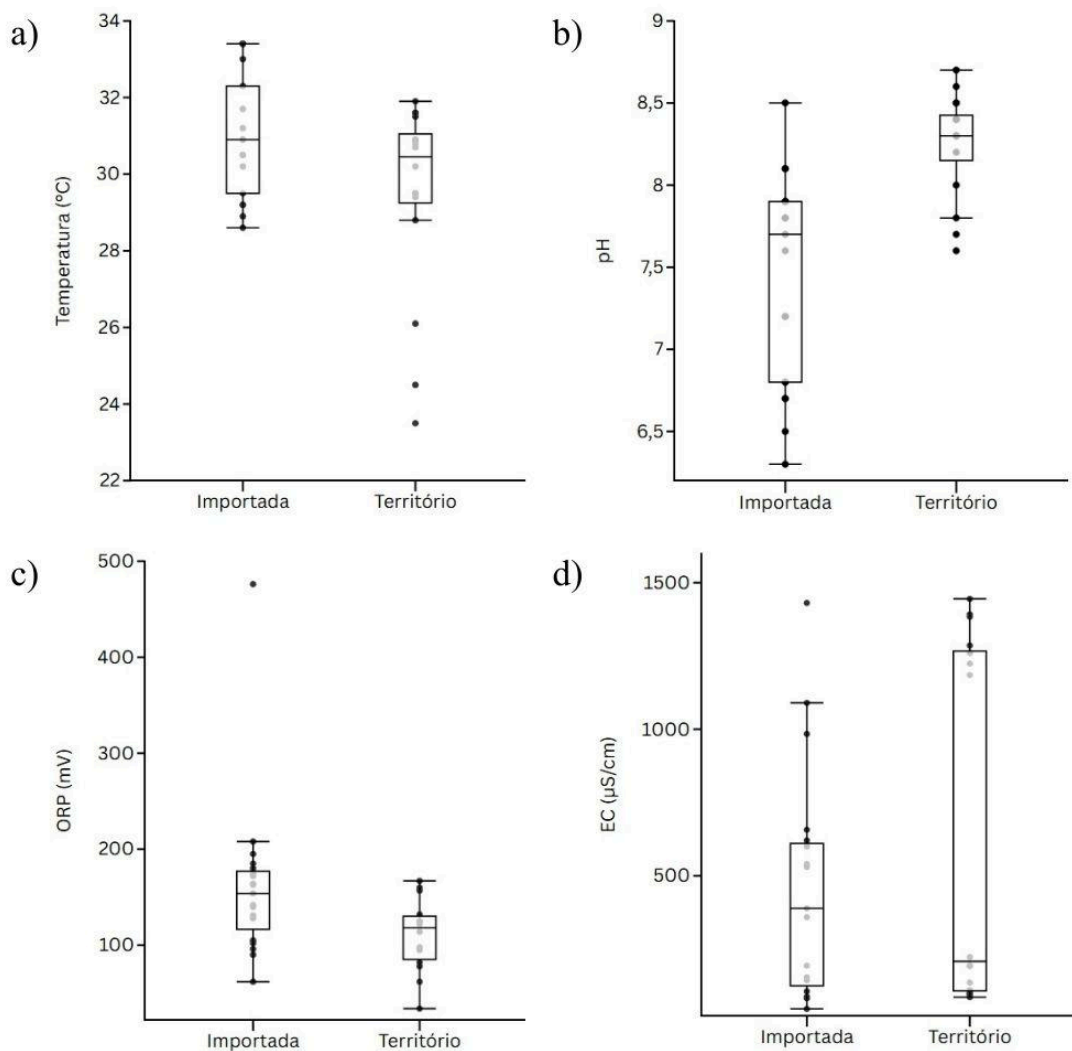
A comparação do pH entre as águas do território e as águas importadas revelou diferenças marcantes entre os dois grupos. As águas importadas apresentaram maior dispersão e medianas mais baixas, refletindo maior variabilidade nas condições químicas das fontes externas. Já as águas do território exibiram valores mais elevados e homogêneos, mantendo-se dentro de uma faixa estreita e levemente alcalina. O teste de Kruskal–Wallis indicou diferença significativa entre os grupos ($\chi^2=13,8$; $p<0,001$), evidenciando que as águas importadas apresentam pH significativamente menor que as águas do território, sugerindo maior estabilidade química nas fontes locais e maior variabilidade nas fontes externas, possivelmente relacionada ao tratamento, origem ou armazenamento.

A comparação do potencial de oxirredução (ORP) entre as águas do território e as águas importadas mostrou uma diferença clara entre os grupos. O diagrama de caixa da Figura 7 evidencia que as águas importadas apresentam valores mais elevados de ORP, indicando maior potencial oxidante, enquanto as águas do território exibem medianas mais baixas e distribuição mais heterogênea. Esse padrão sugere que as fontes locais tendem a apresentar ambiente químico mais redutor, possivelmente associado à ausência de tratamento ou presença reduzida de agentes oxidantes como o cloro residual. O teste de Kruskal–Wallis confirmou essa diferença ($\chi^2=8,02$; $p=0,005$), indicando que o ORP das águas importadas é significativamente maior que o das águas do território.

A comparação da condutividade elétrica entre as águas do território e as águas importadas mostrou padrões amplamente semelhantes entre os grupos. O diagrama de caixa evidencia maior amplitude e variabilidade nas águas do território, com valores que variam desde níveis muito baixos até concentrações elevadas de sais dissolvidos, enquanto as águas importadas apresentam distribuição mais concentrada e medianas intermediárias. Essa

heterogeneidade nas fontes locais reflete a influência direta das características hidrogeológicas e do contato da água com o solo e estruturas de armazenamento, enquanto as fontes importadas tendem a apresentar composição físico-química mais uniforme. O teste de Kruskal–Wallis não identificou diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($\chi^2 = 0,555$; $p = 0,456$), indicando que, apesar da maior variabilidade interna observada nas águas do território, a condutividade elétrica não diferiu de forma relevante entre águas locais e águas importadas na comunidade.

Figura 7 - Diagrama de caixa dos parâmetros físico-químicos da água importada x água do território de Jatobá.



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Nota: a) Temperatura (°C); b) pH; c) ORP (mV); d) EC (µS/cm).

4.4.1.2 Serrinha de Santa Maria

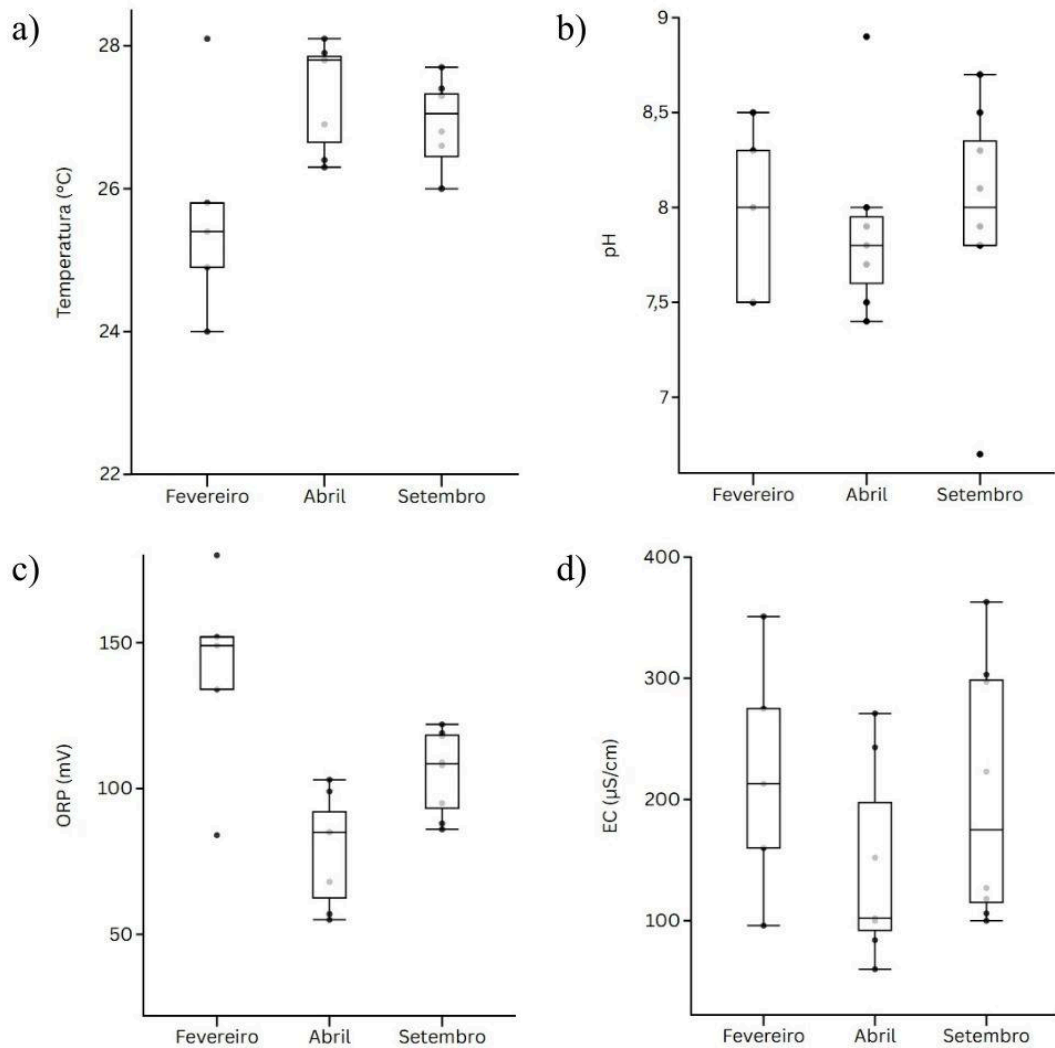
A temperatura da água na comunidade de Serrinha apresentou um aumento discreto entre fevereiro e abril, seguido de leve redução em setembro. O diagrama de caixa da Figura 8 evidencia medianas de 25,4 °C em fevereiro, 27,8 °C em abril e 27,1 °C em setembro, com menor dispersão nos meses de abril e setembro e variabilidade ligeiramente maior em fevereiro. Esses padrões refletem a influência direta das condições climáticas sazonais sobre a temperatura da água, dado que o parâmetro responde rapidamente às variações ambientais. O teste de Kruskal–Wallis não identificou diferença estatisticamente significativa entre os períodos ($\chi^2=5,20$; $p=0,074$), indicando que, embora haja variação visual entre as medianas, essa oscilação não foi suficiente para caracterizar mudança sazonal relevante na comunidade.

Os valores de pH da água apresentaram comportamento bastante estável ao longo dos três períodos de coleta. O diagrama de caixa da Figura 8 mostra medianas idênticas em fevereiro e setembro (8,0) e muito próximas em abril (7,8), com amplitudes semelhantes e poucas observações discrepantes, indicando pouca variabilidade entre os meses. Essa estabilidade sugere baixa influência da sazonalidade nas características ácido-básicas da água local, mantendo-se dentro da faixa levemente alcalina esperada para abastecimento domiciliar na região. O teste de Kruskal–Wallis reforçou a ausência de variação sazonal significativa ($\chi^2=0,785$; $p=0,675$), demonstrando que o pH das águas de Serrinha permaneceu homogêneo entre fevereiro, abril e setembro.

Os valores de ORP apresentaram variação importante entre os três períodos de coleta. O diagrama de caixa mostra valores mais elevados em fevereiro (mediana: 149 mV), redução acentuada em abril (mediana: 85 mV) e um aumento intermediário em setembro (mediana: 109 mV). Observa-se também maior dispersão dos dados em fevereiro, enquanto abril e setembro apresentaram variabilidade menor. Esses padrões indicam alterações sazonais no potencial oxidante da água, o que pode refletir diferenças nas condições ambientais e no manejo dos reservatórios ao longo do ano. O teste de Kruskal–Wallis identificou diferença significativa entre os períodos ($\chi^2=9,22$; $p=0,010$), sugerindo que o ORP variou de forma relevante ao longo dos meses. As comparações múltiplas de Dunn apontaram que a diferença significativa ocorreu entre fevereiro e abril ($p=0,010$), enquanto as comparações entre fevereiro e setembro ($p=0,760$) e entre abril e setembro ($p=0,117$) não apresentaram significância após correção. Dessa forma, o principal contraste sazonal observado foi a queda do ORP em abril, seguida de recuperação parcial em setembro.

A condutividade elétrica das águas de Serrinha apresentou variação moderada entre os meses analisados, porém sem alterações marcantes ao longo da estação chuvosa. O diagrama de caixa da Figura 8 mostra medianas de 213 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em fevereiro, redução para 102 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em abril e aumento para 175 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em setembro, com amplitudes semelhantes entre os períodos. Apesar dessas oscilações, os valores permanecem dentro de faixas compatíveis com a mineralização esperada para águas potáveis. O teste de Kruskal–Wallis indicou que essas diferenças não foram estatisticamente significativas ($\chi^2=2,77$; $p=0,250$), sugerindo que a condutividade elétrica da água em Serrinha não apresentou variação sazonal relevante entre fevereiro, abril e setembro.

Figura 8 - Diagrama de caixa da variação sazonal dos parâmetros físico-químicos de Serrinha de Santa Maria.



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Nota: a) Temperatura (°C); b) pH; c) ORP (mV); d) EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

4.4.1.2 Olho d'Água do Forno

Os valores de temperatura da água mantiveram-se semelhantes entre os meses. O diagrama de caixa da Figura 9 mostra medianas próximas, 30,2 °C em fevereiro, 29,4 °C em abril e 30,0°C em setembro, com amplitudes relativamente estáveis ao longo dos meses. Apesar da presença de alguns valores mais baixos em abril e setembro, esses pontos isolados não representam mudanças relevantes entre as coletas. O teste de Kruskal–Wallis indicou ausência de diferença significativa entre os meses ($\chi^2=1,12$; $p=0,572$), demonstrando que a temperatura da água permaneceu consistente ao longo das três etapas de coleta.

Os valores de pH apresentaram variações discretas entre fevereiro, abril e setembro. As medianas oscilaram entre 7,95 e 8,40, com maior concentração de valores próximos à neutralidade levemente alcalina em todos os meses. Observou-se pH mais elevado em fevereiro, enquanto abril e setembro apresentaram valores próximos entre si e com amplitude um pouco maior, como evidenciado no diagrama de caixa da Figura 9. O teste de Kruskal–Wallis indicou diferença estatisticamente significativa entre os meses ($\chi^2=6,38$; $p=0,041$), sugerindo uma leve oscilação do pH ao longo das coletas. As comparações múltiplas de Dunn mostraram diferença entre fevereiro e abril ($p=0,048$), enquanto fevereiro e setembro apresentaram diferença marginal após correção ($p=0,095$), e abril e setembro não diferiram significativamente. Apesar dessas pequenas variações, todos os valores permaneceram dentro da faixa recomendada para água potável (pH entre 6,0 e 9,0), conforme a Portaria GM/MS nº 888/2021.

Os valores de ORP apresentaram variações entre os meses, mas sem diferenças consistentes. As medianas variaram de 94 mV (fevereiro) a 93,5 mV (abril) e 98 mV (setembro), com amplitudes mais largas em abril e setembro, reflexo de maior dispersão entre as amostras. Alguns valores mais baixos foram observados nessas duas coletas, enquanto fevereiro apresentou distribuição mais concentrada.

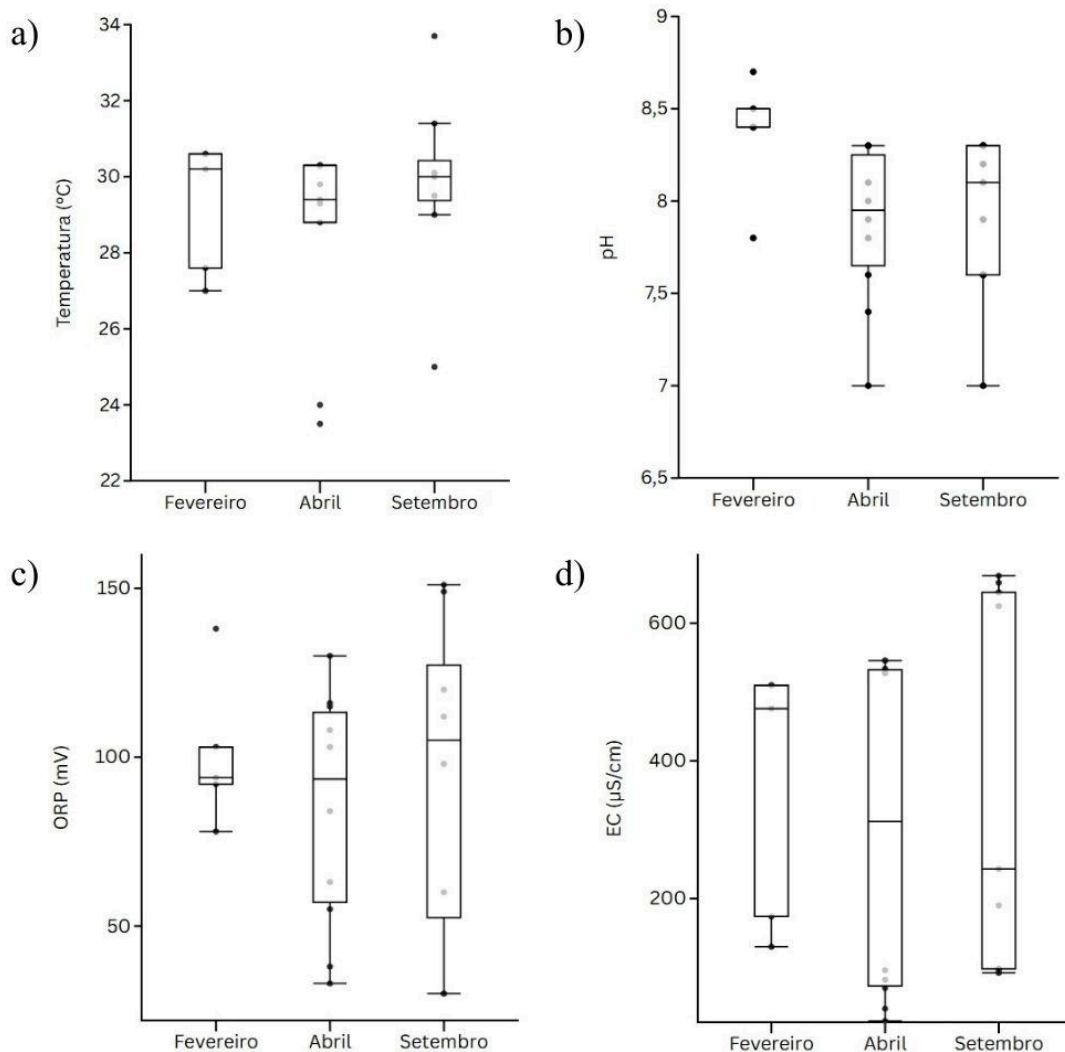
Apesar dessas diferenças visuais nos diagramas de caixa da Figura 9, o teste de Kruskal–Wallis indicou ausência de diferença estatisticamente significativa entre os meses ($\chi^2=0,183$; $p=0,913$). Assim, não houve evidência de mudança relevante no potencial de oxirredução ao longo das três coletas.

Os valores de condutividade elétrica mostraram variação ampla entre as três coletas, mas sem diferenças consistentes entre os meses. As medianas oscilaram entre 243 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (setembro) e 476 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (fevereiro), acompanhadas por amplitudes muito elevadas em todos os períodos, especialmente em abril e setembro, onde foram registradas tanto medidas muito

baixas quanto valores acima de 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Isso indica heterogeneidade importante entre as amostras, independentemente do mês.

Apesar dessa variação visual expressiva, o teste de Kruskal–Wallis não identificou diferença estatisticamente significativa entre fevereiro, abril e setembro ($\chi^2=1,59$; $p=0,453$). Assim, mesmo com um comportamento disperso, a condutividade elétrica não apresentou mudança relevante ao longo das coletas.

Figura 9 - Diagrama de caixa da variação sazonal dos parâmetros físico-químicos de Olho d'Água do Forno.



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Nota: a) Temperatura (°C); b) pH; c) ORP (mV); d) EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

4.5.1.1.1 Comparação entre as fontes de água

Na comparação entre os tipos de fontes de abastecimento, observaram-se diferenças relevantes nos valores de temperatura da água. As maiores temperaturas foram registradas

nas amostras provenientes de carro-pipa (média de 31,0 °C) e da água encanada do SISAR (30,9 °C), caracterizadas por baixa variabilidade e valores consistentemente elevados. O poço (29,9 °C) e o açude (28,5 °C) apresentaram temperaturas intermediárias, enquanto a cisterna (27,8 °C) e o garrafão (26,5 °C) exibiram os menores valores médios, sendo o garrafão a fonte com maior amplitude, possivelmente devido às variações de armazenamento, conforme o diagrama de caixa da Figura 10. O teste de Kruskal-Wallis indicou diferença significativa entre os tipos de fontes ($\chi^2 = 14,3$; $p = 0,014$). As comparações múltiplas de Dunn demonstraram que essa diferença ocorre principalmente entre o carro-pipa e a cisterna ($p = 0,021$), evidenciando que fontes móveis tendem a apresentar água mais aquecida quando comparadas aos reservatórios domiciliares. As demais comparações não alcançaram significância após correção de Bonferroni. Esses achados sugerem que o tipo de fonte influencia a temperatura da água, especialmente ao se comparar fontes de transporte, como o carro-pipa, com fontes de armazenamento, como a cisterna, refletindo diferenças nas condições ambientais e nos processos de captação e distribuição.

Na comparação do pH entre os diferentes tipos de fontes, observaram-se padrões distintos de acidez e alcalinidade. As águas provenientes de poço apresentaram os maiores valores médios (média 8,31; mediana 8,40), constituindo a fonte mais alcalina do conjunto. Açude e cisterna mostraram comportamento semelhante, com valores próximos a 8,0 e baixa variabilidade. O carro-pipa apresentou pH intermediário (7,95), enquanto a água encanada do SISAR exibiu valores mais próximos da neutralidade (média 7,30). O garrafão foi a fonte com os menores valores de pH (média 6,89), indicando maior acidez relativa. O teste de Kruskal-Wallis revelou diferença significativa entre as fontes ($\chi^2 = 23,5$; $p < 0,001$). As comparações múltiplas de Dunn mostraram que o garrafão difere de múltiplas fontes, incluindo açude ($p = 0,005$), cisterna ($p = 0,002$) e poço ($p < 0,001$), reforçando seu padrão mais ácido. Poço também apresentou diferenças em relação a algumas fontes, refletindo sua maior alcalinidade. Esses achados indicam que o tipo de fonte exerce influência marcante sobre o pH da água, com destaque para poços (mais alcalinos) e garrafões (mais ácidos).

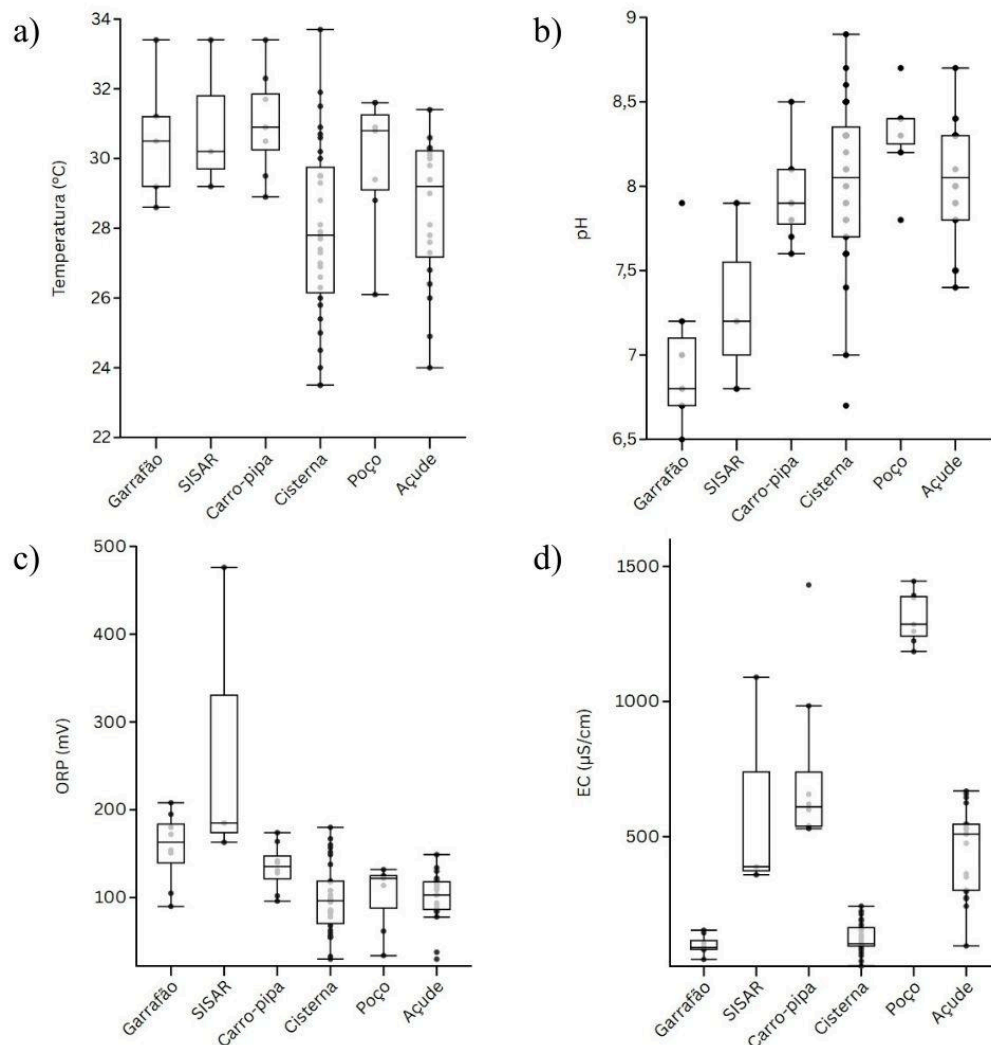
Na comparação do potencial de oxirredução (ORP) entre os diferentes tipos de fontes, verificou-se ampla variação nos níveis de atividade oxidante da água, conforme o diagrama de caixa da Figura 10. A água encanada do SISAR apresentou os maiores valores (média de 275 mV), com grande amplitude e presença de valores extremos, configurando-se como a fonte mais oxidante. Em seguida, destacaram-se o garrafão (média de 157 mV) e o carro-pipa (135 mV), ambos com padrões relativamente elevados. Os valores intermediários foram observados nas amostras de poço (102 mV), enquanto as menores médias foram

registradas nas águas de cisterna (93,5 mV) e açude (95,8 mV), indicando menor tendência oxidante nessas fontes. O teste de Kruskal–Wallis indicou diferença significativa entre os tipos de fontes ($\chi^2 = 23,0$; $p < 0,001$). As comparações múltiplas de Dunn mostraram que as maiores diferenças ocorrem entre fontes mais oxidantes, como o garrafão, e fontes de menor ORP, como cisterna ($p = 0,014$) e açude ($p = 0,049$). Observou-se ainda tendência de diferença entre SISAR e fontes naturais, reforçando que o tipo de captação e o nível de tratamento influenciam diretamente a atividade oxidante da água. Esses achados evidenciam que fontes tratadas ou armazenadas tendem a apresentar maior ORP, enquanto fontes naturais ou de captação doméstica apresentam níveis menores.

A condutividade elétrica apresentou ampla variação entre os tipos de fontes, refletindo diferenças marcantes na mineralização da água. As amostras provenientes de poço apresentaram os maiores valores (média de 1311 $\mu\text{S}/\text{cm}$), configurando-se como a fonte mais mineralizada do estudo. Carro-pipa (737 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e água encanada do SISAR (613 $\mu\text{S}/\text{cm}$) também exibiram condutividade elevada, embora com maior dispersão no caso do SISAR. O açude apresentou valores intermediários (449 $\mu\text{S}/\text{cm}$), enquanto as menores médias foram observadas nas águas de cisterna (126 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e garrafão (99,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$), caracterizando essas fontes como de baixa mineralização. O teste de Kruskal–Wallis evidenciou diferença significativa entre os tipos de fontes ($\chi^2 = 59,8$; $p < 0,001$). As comparações múltiplas de Dunn indicaram que poço difere das fontes de menor mineralização, como cisterna e garrafão ($p < 0,001$), assim como carro-pipa apresenta valores superiores a essas fontes ($p < 0,001$). Esses achados demonstram que o tipo de fonte exerce influência determinante sobre os níveis de sais dissolvidos na água, com destaque para poços, açude e carro-pipa, que concentram os maiores valores de condutividade.

De forma geral, os diferentes tipos de fontes apresentaram padrões físico-químicos distintos. As águas de poço, carro-pipa e SISAR concentraram os valores mais elevados de condutividade elétrica e ORP, indicando maior presença de sais dissolvidos e maior atividade oxidante. O açude apresentou valores intermediários, enquanto as cisternas e os garrafões exibiram baixa mineralização e menor atividade oxidante, refletindo um perfil físico-químico quimicamente mais leve, com menor concentração de íons. No conjunto, esses resultados evidenciam que o tipo de fonte influencia diretamente as características físico-químicas da água disponível às famílias, determinado por diferenças estruturais, ambientais e operacionais entre sistemas de captação, armazenamento e distribuição.

Figura 10 - Diagrama de caixa da comparação dos parâmetros físico-químicos nos diferentes tipos de fontes.



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Nota: a) Temperatura (°C); b) pH; c) ORP (mV); d) EC (µS/cm).

4.4.2 Comparação entre as comunidades

Na comparação entre as três comunidades, observaram-se diferenças significativas nos valores de temperatura da água. Jatobá apresentou as maiores temperaturas médias (29,7 °C), com mediana de 30,5 °C e maior amplitude de variação, indicando maior aquecimento e heterogeneidade entre as amostras. Em contraste, Serrinha exibiu as menores temperaturas (média de 26,7 °C e mediana de 26,9 °C), além da menor variabilidade, sugerindo um padrão mais estável e consistentemente mais frio. Olho d'Água apresentou valores intermediários (média de 28,3 °C), porém com maior dispersão, incluindo os valores mínimos e máximos mais extremos do conjunto, conforme o diagrama de caixa da Figura 11. O teste de

Kruskal-Wallis confirmou diferença significativa entre as comunidades ($\chi^2 = 22,5$; $p < 0,001$). As comparações múltiplas de Dunn indicaram que Jatobá possui temperaturas significativamente mais elevadas que Serrinha ($p < 0,001$), e Olho d'Água também apresentou temperaturas maiores que Serrinha ($p = 0,020$). Não houve diferença significativa entre Jatobá e Olho d'Água ($p = 0,168$), reforçando que Serrinha mantém o padrão mais frio entre as localidades.

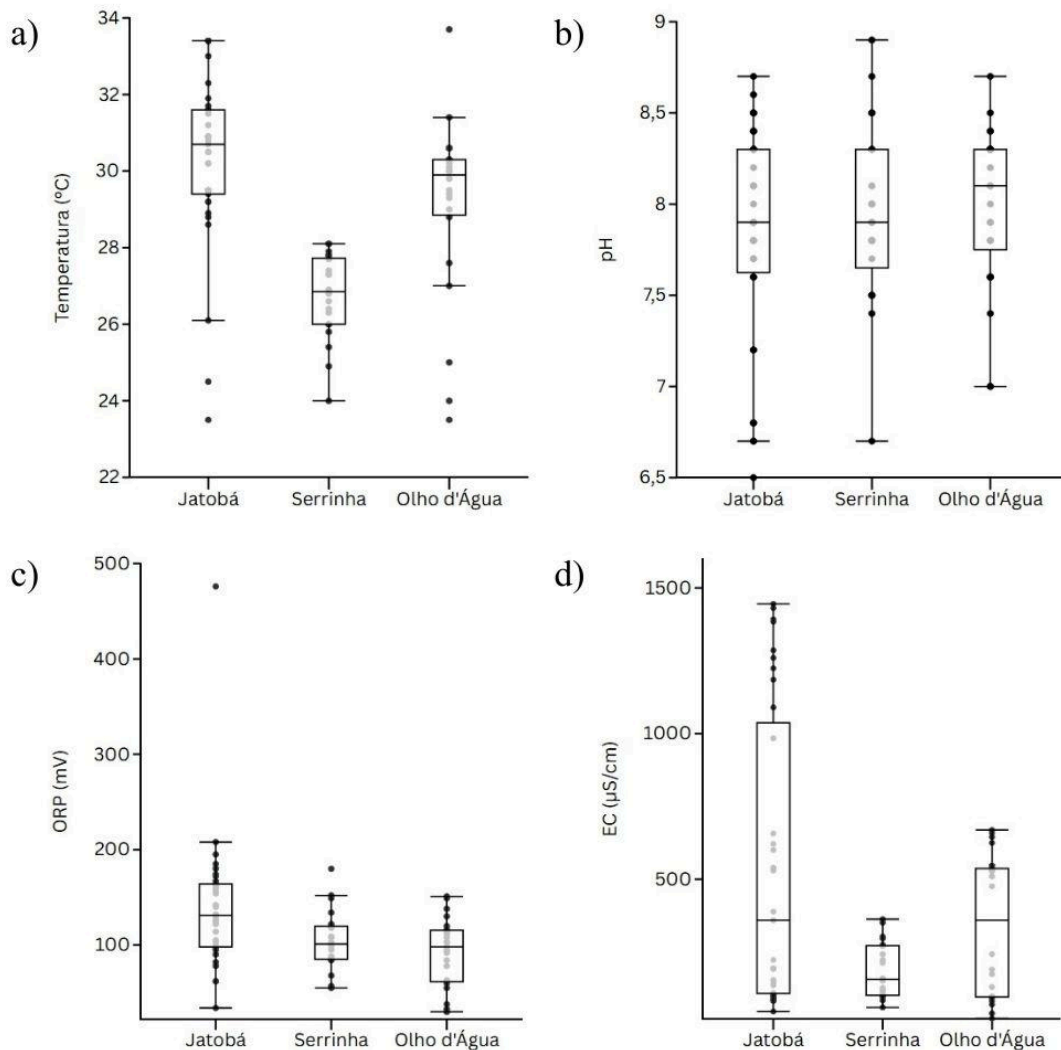
Na análise comparativa do pH, observou-se um comportamento bastante semelhante entre as comunidades, com valores próximos e baixa variabilidade. Jatobá apresentou leve tendência a valores mais baixos (média de 7,81), enquanto Olho d'Água exibiu pH discretamente mais elevado (média de 7,99 e mediana de 8,10). Serrinha manteve valores intermediários (média de 7,94). Apesar dessas pequenas diferenças numéricas, os intervalos das três localidades se sobrepõem amplamente, indicando homogeneidade desse parâmetro. O teste de Kruskal-Wallis não identificou diferença significativa entre as comunidades ($\chi^2 = 0,575$; $p = 0,750$), sugerindo que fatores locais relacionados às fontes de água ou às condições ambientais não influenciaram de forma relevante a acidez ou alcalinidade da água analisada.

Para o potencial de oxirredução (ORP), identificou-se um gradiente mais definido entre as comunidades. Jatobá apresentou os maiores valores médios (132 mV) e a maior variabilidade (desvio-padrão de 77,8 mV), com amplitudes variando de 3 a 476 mV, sugerindo influência de múltiplas condições físico-químicas entre as fontes analisadas. Serrinha apresentou valores intermediários e mais homogêneos (105 mV), enquanto Olho d'Água concentrou os menores níveis de ORP (88,1 mV), indicando menor tendência oxidante. O teste de Kruskal-Wallis confirmou diferença significativa entre as comunidades ($\chi^2 = 9,39$; $p = 0,009$). As comparações múltiplas de Dunn demonstraram que a diferença ocorre especificamente entre Jatobá e Olho d'Água ($p = 0,008$), enquanto Serrinha não diferiu das demais, ocupando posição intermediária.

Por fim, a condutividade elétrica apresentou diferenças expressivas no comportamento descritivo entre as comunidades. Jatobá exibiu os maiores valores médios (544 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e a maior variabilidade, com amplitudes de 46 a 1445 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando coexistência de fontes pouco mineralizadas e outras altamente salinizadas. Serrinha apresentou os menores e mais homogêneos valores (média de 187 $\mu\text{S}/\text{cm}$; desvio-padrão de 96,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$), enquanto Olho d'Água ocupou posição intermediária (média de 338 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Apesar da separação visual observada nos diagramas de caixa da Figura 11, o teste de Kruskal-Wallis não identificou diferença significativa entre as comunidades ($\chi^2 = 4,81$; $p =$

0,090), possivelmente devido à grande dispersão observada em Jatobá, o que reduz a distinção global entre os grupos.

Figura 11 - Diagrama de caixa da comparação dos parâmetros físico-químicos nas diferentes comunidades.



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Nota: a) Temperatura (°C); b) pH; c) ORP (mV); d) EC (µS/cm).

4.4.3 Análise microbiológica

A análise da presença de coliformes totais e *E. coli* nas diferentes fontes de água da comunidade de Jatobá foi conduzida com base em uma análise de variação sazonal comparando os três períodos de coleta: fevereiro, abril e setembro. As amostras incluíram as seguintes fontes de abastecimento: carro-pipa, cisterna, garrafão, poço e água encanada proveniente do Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR).

No primeiro período (fevereiro), observou-se contaminação por coliformes em praticamente todas as fontes, com exceção da água do SISAR, que apresentou resultado negativo. Entre as sete amostras analisadas (duas de garrafão, duas de carro-pipa, uma de cisterna, uma de poço e uma do SISAR), seis (85,7%) foram positivas. Em abril, o número total de amostras aumentou para quinze (duas de garrafão, três de carro-pipa, cinco de cisterna, três de poço e duas do SISAR), sendo que quatorze (93,3%) apresentaram resultado positivo para coliformes, apenas uma amostra de garrafão testou negativo para coliformes. Em setembro, das doze amostras analisadas (três de garrafão, três de carro-pipa, três de cisterna, três de poço, e zero do SISAR, pois nesse período de coleta o fornecimento estava interrompido), todas (100%) apresentaram resultado positivo para coliformes, indicando contaminação generalizada nas fontes avaliadas nesse período.

De forma geral, considerando os três períodos, foram analisadas 34 amostras de água, das quais 32 (94,1%) apresentaram contaminação por coliformes totais. As fontes mais frequentemente contaminadas foram as cisternas (9/9), os poços (7/7) e os carros-pipa (8/8). A água de garrafão apresentou contaminação em seis das sete amostras, enquanto a água encanada do SISAR, embora considerada tratada, apresentou coliformes em duas das três amostras. A presença de coliformes totais engloba bactérias de vida livre que seu habitat são o solo, água e plantas, não indica relação direta com contaminação fecal (Silva et al., 2016). Em águas que não são tratadas é um indicador de alerta para uma possível exposição da fonte a focos de poluição ou contaminação. Já nas águas em que possuem tratamento pode indicar possíveis falhas no processo de desinfecção, no sistema de distribuição ou no armazenamento (Silva et al., 2016).

O Teste Exato de Fisher foi aplicado para avaliar a associação entre os períodos de coleta e a presença de coliformes, conforme apresentado na Tabela 1. Em todos os períodos analisados, o valor de p foi superior a 0,05, indicando que não houve diferença significativa entre os períodos de coleta quanto à presença de coliformes totais. Dessa forma, não pode-se afirmar que houve variação sazonal significativa na contaminação da água por coliformes na comunidade de Jatobá, já que a contaminação por coliformes totais é persistente ao longo do período analisado. Esse achado sugere portanto que a presença de coliformes pode estar relacionada a vulnerabilidades estruturais e sanitárias nas fontes de abastecimento rurais que dependem de sistemas alternativos de abastecimento, como cisternas e carros-pipa, a ausência de tratamento adequado ou práticas inadequadas de manejo e armazenamento causando contaminação cruzada durante o armazenamento doméstico da água.

Tabela 1 - Associação da presença de coliformes e períodos de coleta com teste exato de Fisher em Jatobá.

Mês	Teste	Valor	p
Fevereiro	Teste Exato de Fisher		0,429
	N	7	
Abril	Teste Exato de Fisher		0,267
	N	15	
Setembro	Teste Exato de Fisher		1,000
	N	12	
Total	Teste Exato de Fisher		0,155
	N	34	

Fonte: A autora, 2025.

A avaliação da presença de *Escherichia coli* (*E. coli*) nas amostras de água é um importante indicador de contaminação fecal e de indícios de microrganismos patogênicos. Durante a primeira coleta, em fevereiro, observou-se contaminação por *E. coli* em quatro das sete amostras analisadas (57,1%). As fontes positivas incluíram o carro-pipa (2/2), o garrafão (1/2) e o poço (1/1). Já a cisterna e a água encanada do SISAR apresentaram resultados negativos, indicando ausência de contaminação por esse microrganismo no período inicial. Relacionando as fontes de água com o uso doméstico, a água da cisterna é utilizada predominantemente para beber e cozinhar neste corte temporal e mostrou-se livre de *E. coli*, enquanto a água do garrafão com uso semelhante teve uma das amostras contaminadas.

Na coleta de abril, houve um aumento no número total de amostras ($n = 15$), com nove delas (60%) positivas para *E. coli*. Notou-se, entretanto, a presença de *E. coli* em fontes que deveriam apresentar maior segurança sanitária, como a água encanada do SISAR (2/2) e a água comprada de garrafão (1/2), o que sugere possíveis falhas no tratamento ou contaminação secundária durante a distribuição e armazenamento. A água da cisterna apresentou o melhor resultado, das cinco amostras apenas uma deu positiva.

No terceiro período, em setembro, a proporção de amostras positivas diminuiu: quatro das doze amostras (33,3%) apresentaram *E. coli*. A contaminação maior foi em água do garrafão com 2/3 positiva, e foi detectada em menor frequência, com resultados positivos pontuais no carro-pipa e cisterna, enquanto todas as amostras provenientes dos poços apresentaram ausência de *E. coli*. Nessa coleta não houve análise de amostra de água do SISAR, pois o abastecimento por essa fonte estava suspenso.

Considerando o total das 34 amostras avaliadas ao longo do estudo, houve uma distribuição equilibrada entre amostras positivas (n = 17; 50%) e negativas (n = 17; 50%). As fontes mais frequentemente contaminadas foram os carros-pipa (6/8; 75%), seguidos pelos garrafões (4/7; 57,1%) e poços (3/7; 42,8%). As cisternas apresentaram menor frequência de contaminação (2/9; 22,2%), enquanto a água encanada do SISAR mostrou resultados positivos em duas das três amostras (66,7%), o que demonstra vulnerabilidade mesmo em fontes de abastecimento tratadas.

O Teste Exato de Fisher foi aplicado para verificar associação entre o período de coleta e a presença de *E. coli*, conforme apresentado na Tabela 2. Em todos os casos, os valores de *p* foram superiores a 0,05, indicando ausência de diferença estatisticamente significativa entre os períodos sazonais. Portanto, não houve evidência de variação significativa da contaminação por *E. coli* ao longo do tempo, sugerindo que o risco de contaminação é constante durante o ano. Apesar de existir potencial aumento do risco de contaminação caso ocorra a substituição da fonte de água ao longo do ano, como exemplo se a água do carro-pipa for substituída pela água da cisterna, já que a da cisterna mostrou ter menos riscos quando comparada com a do carro-pipa.

Tabela 2 - Associação da presença de *E. coli* e períodos de coleta com teste exato de Fisher em Jatobá.

Mês	Teste	Valor	p
Fevereiro	Teste Exato de Fisher		0,657
	N	7	
Abril	Teste Exato de Fisher		0,235
	N	15	
Setembro	Teste Exato de Fisher		0,836
	N	12	
Total	Teste Exato de Fisher		0,274
	N	34	

Fonte: A autora, 2025.

A análise de coliformes na Serrinha foi feita de maneira descritiva, já que todas as amostras (100%) das duas fontes analisadas (açude e cisterna) tiveram coliformes totais positivos, em todos os três cortes temporais.

A análise da presença de *Escherichia coli* (*E. coli*) nas amostras de água da comunidade de Serrinha foi realizada considerando duas fontes principais de abastecimento,

açude e cisterna, no mesmo corte temporal das outras análises. Na primeira coleta, realizada em fevereiro, observou-se contaminação por *E. coli* em três das cinco amostras analisadas (60%). Todas as amostras provenientes do açude (3/3) apresentaram resultado positivo, enquanto as duas amostras de cisterna foram negativas. Esses achados sugerem que as fontes superficiais da comunidade estão mais suscetíveis à contaminação fecal, possivelmente devido à influência do escoamento superficial e da proximidade de áreas de criação de animais, assim como a prática de levar os animais para beber água do açude.

Durante a segunda coleta, em abril, foi observada positividade em seis das sete amostras (85,7%), com presença de *E. coli* em todas as amostras de açude (2/2) e em quatro das cinco cisternas analisadas (80%). Esse aumento no número de amostras contaminadas pode estar relacionado ao período chuvoso, que favorece o carreamento de material orgânico e fecal para os reservatórios. Além disso, a contaminação das cisternas, que deveriam apresentar melhor proteção sanitária, indica possíveis falhas no manejo, como vedação inadequada, ausência de limpeza periódica e falta de tratamento da água armazenada.

Na terceira coleta, correspondente a setembro, observou-se redução na proporção de amostras positivas: três das oito amostras (37,5%) apresentaram *E. coli*. A contaminação foi identificada em uma das três amostras de açude (33,3%) e em duas das cinco cisternas (40%). Esse resultado sugere discreta melhora na qualidade microbiológica da água no período seco, o que pode ser explicado pela menor influência do escoamento superficial e da diluição de contaminantes. No entanto, a persistência de amostras positivas mesmo durante a estiagem evidencia que o risco de contaminação não é sazonal, mas contínuo.

Considerando o total de 20 amostras analisadas ao longo do estudo, mais da metade (12/20; 60%) apresentou resultado positivo para *E. coli*. As fontes mais afetadas foram os açudes (6/8; 75%) e as cisternas (6/12; 50%). O Teste Exato de Fisher foi aplicado para verificar a associação entre o período de coleta e a presença de *E. coli*, e em todos os casos o valor de p foi superior a 0,05 (Fevereiro: $p = 0,100$; Abril: $p = 1,000$; Setembro: $p = 1,000$; Total: $p = 0,373$), indicando ausência de diferença estatisticamente significativa entre os períodos, conforme apresentado na Tabela 3. Esses achados demonstram que a contaminação microbiológica da água em Serrinha é persistente e não apresenta variação sazonal significativa, sugerindo a existência de fatores estruturais e comportamentais que favorecem a manutenção da contaminação ao longo do tempo. A presença de *E. coli* em fontes superficiais e armazenadas (cisternas) indica vulnerabilidade das estruturas e possível contaminação cruzada entre o ambiente externo e os reservatórios domiciliares.

Tabela 3 - Associação da presença de *E. coli* e períodos de coleta com teste exato de Fisher na Serrinha de Santa Maria.

Mês	Teste	Valor	p
Fevereiro	Teste Exato de Fisher		0,100
	N	5	
Abril	Teste Exato de Fisher		1,000
	N	7	
Setembro	Teste Exato de Fisher		1,000
	N	8	
Total	Teste Exato de Fisher		0,373
	N	20	

Fonte: A autora, 2025.

Na análise de coliformes totais a comunidade Olho d'Água também foi feita de maneira descritiva, já que todas as amostras (100%) das duas fontes analisadas (açude, cisterna e garrafão) tiveram coliformes totais positivos, em todos os três cortes temporais.

A avaliação da presença de *Escherichia coli* (*E. coli*) nas amostras de água da comunidade de Olho d'Água foi realizada em três períodos sazonais, como nas outras comunidades, e foi dividida em três diferentes fontes de abastecimento: açude, cisterna e garrafão (presente apenas em setembro, período que os níveis das cisternas estavam baixo e algumas famílias começaram a ter que comprar água de garrafão). Na coleta realizada em fevereiro, observou-se contaminação por *E. coli* em três das cinco amostras analisadas (60%). Todas as amostras provenientes do açude (3/3) apresentaram resultado positivo, enquanto as duas amostras de cisterna foram negativas. Esse padrão sugere maior vulnerabilidade das fontes superficiais em comparação às subterrâneas ou armazenadas, possivelmente devido à exposição direta à matéria orgânica, à presença de animais nas margens e à falta de barreiras físicas de proteção. Ademais, a cisterna usada predominantemente para beber e cozinhar mostrou-se ser uma fonte segura.

Durante a coleta de abril, evidenciou-se um aumento expressivo na contaminação, com nove das dez amostras analisadas (90%) apresentando positivo para *E. coli*. Foram detectados microrganismos em todas as amostras do açude (5/5) e em quatro das cinco cisternas avaliadas (80%). Esse aumento pode estar associado ao período chuvoso, onde há escoamento superficial e consequente transporte de contaminantes fecais para os reservatórios, bem como ao acúmulo de matéria orgânica nas estruturas de captação e armazenamento da água.

Na terceira coleta, correspondente a setembro, observou-se pequena redução na proporção de amostras positivas: três das nove amostras (33,3%) apresentaram *E. coli*. A contaminação foi identificada em uma das três amostras de açude (33,3%) e em duas das quatro cisternas (50%).

Considerando o total de 24 amostras analisadas ao longo do estudo, mais da metade (15/24; 62,5%) apresentou resultado positivo para *E. coli*. As fontes mais afetadas foram os açudes (9/12; 75%) e as cisternas (6/11; 54,5%). O Teste Exato de Fisher foi aplicado para verificar a associação entre o período de coleta e a presença de *E. coli*, e em todos os casos o valor de *p* foi superior a 0,05, indicando ausência de diferença estatisticamente significativa entre os períodos, conforme apresentado na Tabela 4. Os resultados evidenciam que a contaminação microbiológica da água em Olho d'Água do Forno se mantém de forma constante, sem indícios de variação entre os períodos analisados.

Tabela 4 - Associação da presença de *E. coli* e períodos de coleta com teste exato de Fisher no Olho d'Água do Forno.

Mês	Teste	Valor	p
Fevereiro	Teste Exato de Fisher		0,100
	N	5	
Abril	Teste Exato de Fisher		1,000
	N	10	
Setembro	Teste Exato de Fisher		1,000
	N	9	
Total	Teste Exato de Fisher		0,284
	N	24	

Fonte: A autora, 2025.

4.5 Análise dos casos de diarreia

A análise da comunidade de Jatobá mostra que houve ocorrência de casos de diarreia nos três períodos avaliados, indicando circulação contínua da doença no território. Em fevereiro, uma família (3,4%) relatou o agravo, com três pessoas adoecidas. Em abril, duas famílias (6,9%) relataram o evento, e em setembro novamente duas famílias (6,9%) com casos, todas com um membro afetado por domicílio.

Na avaliação dos três meses anteriores às coletas, observou-se presença recorrente de casos. Em fevereiro, duas famílias relataram diarreia, incluindo uma com três moradores acometidos. Em abril, três famílias informaram episódios, e em setembro quatro famílias

relataram adoecimento no trimestre anterior, incluindo uma residência com quatro casos. Esses resultados mostram que a diarreia esteve presente de forma constante na comunidade ao longo do período analisado.

Na comunidade de Serrinha, também houve relatos de diarreia durante o estudo. Nos casos referentes ao momento da coleta, observou-se um caso em fevereiro e outro em abril, cada um afetando um membro de sua respectiva família. Embora setembro não tenha apresentado episódios atuais, os relatos dos três meses anteriores indicaram ocorrência da doença. Em fevereiro, três famílias informaram ter tido diarreia, incluindo situações com mais de um morador adoecido. Em abril, duas famílias relataram episódios, uma delas com três casos. Em setembro, não houve relatos no trimestre anterior. Ainda assim, a presença de casos em diferentes meses evidencia que a diarreia segue ocorrendo na comunidade ao longo do período analisado.

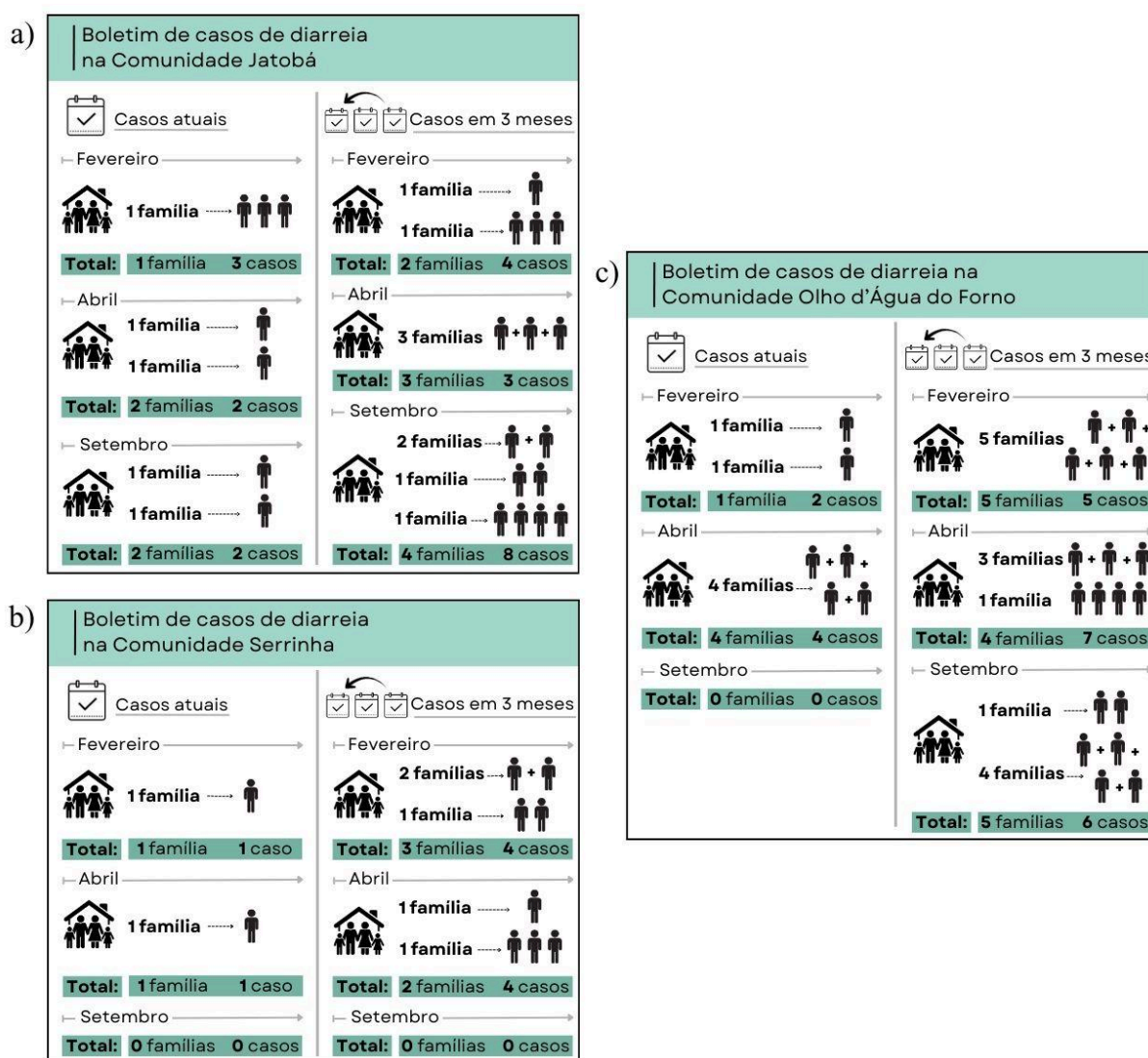
Em Olho d'Água do Forno, também foram registrados casos durante a pesquisa. No momento da coleta, duas famílias (8,7%) relataram diarreia em fevereiro e quatro (17,4%) em abril, todas com um caso por domicílio, enquanto em setembro não houve relatos atuais. Ao analisar os três meses anteriores às coletas, observou-se que a doença ocorreu de forma repetida ao longo dos cortes temporais. Em fevereiro e setembro, cinco famílias (21,7%) relataram episódios recentes, incluindo residências com mais de um integrante adoecido. Em abril, quatro famílias (17,4%) informaram diarreia no trimestre anterior, uma delas com quatro casos. Esses achados reforçam que, mesmo em um cenário de oscilação climática e múltiplas fontes de água, a diarreia se manteve presente na comunidade ao longo do estudo.

De forma geral, nas três comunidades investigadas, a ocorrência de casos já representa um evento relevante do ponto de vista sanitário, considerando que o cenário esperado é a redução de casos. A presença repetida de diarreia nos diferentes períodos destaca a importância do monitoramento contínuo e do fortalecimento das estratégias de cuidado relacionadas ao abastecimento e ao uso seguro da água.

Neste estudo, adotou-se a definição legal de criança estabelecida pelo Estatuto da Criança e do Adolescente, que compreende indivíduos até 12 anos de idade incompletos (Brasil, 1990). Nas três comunidades avaliadas foram identificados casos de diarreia em crianças de diferentes faixas etárias nos períodos analisados. Em Jatobá, registrou-se, nenhum caso de criança em fevereiro, em abril (casos atuais), um caso de diarreia em criança de 1 ano e, em casos em três meses antes, uma criança com 8 e outra com 10 anos foram acometidas, em setembro, observou-se um caso em criança de 6 meses (casos atuais) e, em três meses antes, dois casos em crianças com 5 anos e um caso de criança de 6 anos. Em Olho d'Água do

Forno, foi identificado, em fevereiro (três meses antes), um caso de diarreia em criança de 9 anos, enquanto em abril houve um caso (casos atuais), em criança de 3 anos, e um caso em três meses antes, em criança de 6 anos. Já na comunidade de Serrinha, registraram-se casos de diarreia em fevereiro (casos atuais) em crianças de 6 anos e em três meses antes na de 1 ano, além de abril (casos atuais) com caso em uma criança de 4 anos, e em três meses antes uma de 2 anos. No total houve sete casos de diarreia em crianças em Jatobá, três em Olho d'Água do Forno e quatro na Serrinha de Santa Maria.

Figura 12 - Boletim de casos de diarreia nas comunidades



Fonte: A autora, 2025.

Nota: a) Jatobá; b) Serrinha de Santa Maria; c) Olho d'Água do Forno.

A análise inferencial utilizando o teste Q de Cochran evidenciou que, nas famílias das três comunidades avaliadas, não houve diferença estatisticamente significativa na ocorrência de diarreia entre os três períodos de coleta, tanto para os casos atuais quanto para os casos

relatados nos últimos três meses, conforme apresentado na Tabela 5. Em todas as localidades, os resultados indicaram estabilidade temporal na frequência da doença, sem evidências de aumentos ou reduções consistentes entre fevereiro, abril e setembro.

De modo geral, essa estabilidade sugere que o padrão de adoecimento relacionado à diarreia se manteve relativamente constante ao longo do tempo, possivelmente refletindo práticas similares de manejo e armazenamento da água, hábitos de higiene doméstica que não se alteraram entre os meses, e condições ambientais que não sofreram mudanças marcantes durante o período estudado.

Tabela 5 - Teste Q de Cochran aplicado aos casos de diarreia.

Comunidade	Diarreia	Q (Cochran)	p-valor
Jatobá	Casos atuais	0,50	0,779
	Casos nos últimos 3 meses	0,75	0,687
Serrinha de Santa Maria	Casos atuais	1	0,607
	Casos nos últimos 3 meses	2,8	0,247
Olho d'Água do Forno	Casos atuais	4	0,135
	Casos nos últimos 3 meses	0,182	0,913

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

4.6 Propostas de ações para a enfermagem direcionada às populações em vulnerabilidade hídrica

Com base nos resultados obtidos e considerando o contexto de vulnerabilidade hídrica observado nas comunidades, este estudo propõe estratégias de ações de enfermagem voltadas ao fortalecimento do cuidado e à redução de riscos associados ao consumo de água potencialmente contaminada por coliformes e *E. coli*.

Entre essas estratégias, destaca-se a realização de orientações em saúde sobre o uso seguro da água, incluindo cuidados com o armazenamento, proteção de recipientes e manipulação adequada para consumo, considerando as diferentes fontes utilizadas pelas famílias. Além de ações educativas sobre como realizar a limpeza e manutenção periódica das cisternas, especialmente antes e após o período chuvoso, de modo a favorecer a conservação da água armazenada ao longo do ano.

Mediante as análises, observou-se a importância de orientações específicas conforme o período climático, e incentivo ao uso racional da água durante a estiagem. O acompanhamento das famílias pela equipe de enfermagem e pelos Agentes Comunitários de

Saúde (ACS) também emergem como estratégia essencial, possibilitando a identificação precoce de situações de risco e a comunicação de sinais de alerta.

Outra ação é a educação em saúde para o tratamento domiciliar da água, por meio de métodos como filtração, fervura e uso de hipoclorito de sódio. Por fim, ações de mobilização comunitária e comunicação em saúde surgem como estratégias complementares, contribuindo para o fortalecimento do autocuidado e para a adoção de práticas seguras de manejo da água em contextos marcados pela escassez hídrica.

5 DISCUSSÃO

A análise integrada dos achados do estudo, quando correlacionada com a literatura recente, sugere que o risco de seca, identificado por meio de análises históricas de precipitação acumulada, permite compreender condições hidrometeorológicas e atua como um marcador de alerta precoce de agravamento das condições ambientais, permitindo prever cenários que podem intensificar vulnerabilidades sociais e de saúde presentes nas comunidades (Pohl et al., 2023). Vulnerabilidades essas que se manifestam na composição familiar, na renda, no acesso e no tipo de fonte de água, conseqüentemente, na ocorrência de episódios de diarreia.

Os achados mostram que as cisternas das comunidades Jatobá, Serrinha de Santa Maria, e Olho d'Água do Forno são fortemente dependentes e oscilam conforme a variação sazonal, em que nos períodos secos, muitas cisternas ficam com nível reduzido ou até vazias, especialmente em famílias que compartilham essas reservas. Esse padrão reafirma a vulnerabilidade estrutural em regiões semiáridas, onde a manutenção de reservas de água depende de recarga eficiente durante o período chuvoso e do manejo adequado no armazenamento. Estudos que disponibilizam bases longas de índices hidrometeorológicos mostram que a caracterização espacial e temporal da seca é essencial para entender quais populações ficam expostas de forma sustentada às reduções de disponibilidade hídrica, o que por sua vez influencia quantitativa e qualitativamente o abastecimento domiciliar (Pohl et al., 2023).

Quando observamos a literatura que estudou contextos semelhantes, como um estudo que buscou entender como a idade da cisterna e o manuseio em relação a limpeza e a captação influenciam diretamente na qualidade da água armazenada (Alves et al., 2014), a degradação ou o uso compartilhado podem intensificar os riscos durante a estiagem, quando o volume baixou e o tempo de estagnação da água aumentou, favorecendo reações redutoras como medido pelo ORP neste estudo, e o potencial de crescimento microbiano.

Além disso, estratégias emergenciais, como uso de água por meio de carro-pipa ou fontes superficiais durante secas, podem aumentar os riscos sanitários, especialmente quando essas fontes não são sistematicamente tratadas (De Sousa et al, 2025). É urgente, portanto, que políticas de adaptação hídrica em comunidades semiáridas considerem não apenas a construção de cisternas, mas também programas sustentados de manutenção, monitoramento da qualidade da água e capacitação dos moradores para o manejo seguro.

Quanto às fontes de água e seus usos domésticos, a literatura empírica aponta associação consistente entre práticas de obtenção ou armazenamento de água e o risco de diarreia. Estudos de campo relatam que a origem da água como água encanada tratada, poço, fonte superficial, e os manejos domésticos como a distância percorrida, quantidade coletada, recipientes de armazenamento, influenciam diretamente a probabilidade de transmissão fecal-oral, sendo a combinação de fontes inseguras e armazenamento inadequado um importante determinante de surtos locais de diarreia (Berihun et al., 2023).

Neste estudo, essa distinção reflete uma estratégia de uso consciente por parte das famílias das comunidades estudadas. No entanto, os riscos permanecem. Estudos no semiárido evidenciam que, mesmo a água armazenada nas cisternas teoricamente mais protegida pode estar contaminada. Como por exemplo, a pesquisa de Brito et al (2020), que em cinco municípios semiáridos cearenses constatou coliformes fecais na maioria das cisternas, apesar de parâmetros físico-químicos normais (Brito, et al., 2020).

Portanto, mesmo com bom arranjo funcional, sem intervenção para melhorar o manuseio e desinfecção, o risco de recontaminação pode ser alto (Fuller et al., 2014). Essas evidências corroboram a relevância de distinguir tipos de uso seja de consumo direto, higiene, ou preparo de alimentos quando se interpreta a associação observada entre fontes mapeadas e os casos de diarreia registrados nos resultados deste trabalho.

No presente estudo, a redução do potencial de oxirredução (ORP) observada nas águas armazenadas em cisternas e açudes ao longo do período seco indica a transição para um ambiente progressivamente menos oxidante, compatível com consumo de oxigênio dissolvido e acúmulo de espécies redutoras.

Em águas estagnadas, a decomposição da matéria orgânica e a respiração microbiana aumentam a demanda bioquímica de oxigênio, reduzindo o oxigênio dissolvido e levando à diminuição do ORP, fenômeno descrito em reservatórios de abastecimento, onde o declínio do oxigênio é apontado como principal fator controlador dos fluxos de nutrientes e das condições redox na coluna d'água e nos sedimentos (Li et al., 2023; Laranjo et al., 2023).

Estudos em rios poluídos também mostram ORP positivo porém baixo em trechos com elevada carga orgânica, associado a baixa oxigenação e maior risco de deterioração da qualidade da água, o que vai ao encontro da interpretação de que o decréscimo do ORP nas águas paradas deste estudo reflete maior aporte de matéria orgânica e intensificação de processos redutores ao longo do tempo de armazenamento (Pleto, Migo, Arboleda, 2020).

Em relação à condutividade elétrica, os valores mais elevados encontrados nas águas de poço sugerem maior mineralização e salinização do aquífero, resultado de processos de

intemperismo das rochas, concentração de sais por evaporação e, em alguns contextos, intrusão salina. Em estudos hidrogeológicos recentes, a condutividade elétrica é utilizada como indicador simples e robusto da salinidade e dos sólidos totais dissolvidos em águas subterrâneas, especialmente em regiões semiáridas, onde a recarga limitada favorece o acúmulo de íons como sódio, cálcio, magnésio, cloreto e sulfato (Almeida et al., 2025; Wit et al., 2025).

Achados semelhantes aos deste estudo foram descritos em diferentes aquíferos, nos quais poços com condutividade elétrica mais alta apresentam também maior: dureza, sólidos totais dissolvidos e cargas iônicas compatíveis com risco potencial para consumo humano crônico, principalmente quando a água é utilizada como fonte exclusiva para beber e cozinhar (Sarmiento et al., 2023).

Do ponto de vista de saúde, a literatura tem apontado de forma crescente a associação entre consumo prolongado de água com elevada salinidade/condutividade elétrica e desfechos renais adversos. Estudos em áreas endêmicas de doença renal crônica de etiologia incerta, como no Sri Lanka, identificaram que mais de metade das amostras de água ingerida por essas populações apresenta condutividade elétrica, salinidade, dureza e sódio acima dos padrões de potabilidade, sugerindo que a exposição crônica a águas mais salinas pode atuar como fator de risco adicional para lesão renal (Gobalarajah et al., 2020; Piyathilake et al., 2021).

Revisões recentes reforçam essa hipótese, mostrando que o consumo de água altamente salina se associa a pior função renal, maior ocorrência de hipertensão e outros desfechos cardiovasculares, enquanto revisões narrativas sobre doenças renais crônicas destacam níveis mais altos de condutividade elétrica, dureza e íons em poços utilizados por pessoas acometidas em comparação a controles saudáveis (Costopoulos et al., 2025).

Nesse sentido, os valores elevados de condutividade elétrica observados nos poços deste estudo, embora não permitam inferir diretamente desfechos clínicos, reforçam a necessidade de monitoramento contínuo, orientação às famílias quanto ao uso dessas fontes e articulação com a rede de saúde para vigilância de agravos renais em populações dependentes de águas subterrâneas salinizadas.

No contexto das doenças transmitidas pela água, a associação entre períodos prolongados de seca e o aumento do risco de diarreia, sobretudo em crianças, também é sustentada por estudos epidemiológicos que relacionam déficits hídricos de longo prazo a maior incidência de doenças entéricas; mecanismos propostos incluem redução na quantidade de água utilizada para higiene, maior concentração de contaminantes em reservatórios, e deslocamentos populacionais que sobrecarregam as infraestruturas (Wang et al., 2022). Ao

mesmo tempo, a relação precipitação/diarreia pode ser complexa e heterogênea, causada por diferentes patógenos, e influenciada por contextos locais. Enquanto certa literatura relaciona chuvas intensas a surtos por contaminação de fontes, outra destaca que secas prolongadas aumentam exposição por uso de fontes alternativas (Horn et al., 2018).

Os resultados evidenciam uma situação de alerta sanitário, pois a presença de *E. coli*, mesmo em fontes tratadas ou de uso comum para consumo humano, representa risco potencial à saúde pública, especialmente por indicar contato da água com material fecal recente e aumentar os riscos de exposição aos patógenos, segundo os parâmetros microbiológicos estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Ademais, a presença de amostras positivas ao longo dos três períodos evidencia a necessidade de ações corretivas, como melhoria na infraestrutura de captação e distribuição, além da implementação de práticas de tratamento da água e vigilância da qualidade da água nas comunidades rurais.

Isso reforça os achados de outros estudos no semiárido, por exemplo no estudo realizado em Tauá citado anteriormente, onde a maioria das cisternas apresentava *E. coli* (Almeida et al., 2020). E no estudo de Brito et al (2020) em que nos cinco municípios estudados, muitos reservatórios mostraram coliformes fecais nas amostras (Brito, et al., 2020). Embora a contaminação não necessariamente se traduza em surtos frequentes de diarreia, ela representa um risco latente, como já destacado. A falta de variação significativa nos casos de diarreia no estudo pode refletir resistência local, adaptação ou subnotificação, mas não elimina a necessidade de ação preventiva.

Dessa forma, os resultados reforçam a necessidade de intervenções sanitárias na comunidade, incluindo medidas de proteção das margens dos açudes, desinfecção periódica das cisternas com hipoclorito de sódio e educação em saúde para o manejo adequado da água de consumo. A persistência de *E. coli* em diferentes períodos e fontes demonstra que a população local está exposta continuamente a riscos microbiológicos, configurando um cenário de não conformidade com o padrão de potabilidade e de potencial impacto à saúde pública.

Além disso, estudos epidemiológicos apontam benefícios de programas de cisterna para a saúde: por exemplo, a pesquisa que comparou crianças com e sem cisternas no semiárido observou redução na infecção por *Giardia duodenalis* entre aquelas com cisternas (Fonseca et al., 2014). Isso sugere que, mesmo com riscos microbiológicos, o acesso a cisternas pode ter efeitos protetores para determinadas infecções entéricas, desde que combinado com boas práticas de manutenção e intervenções em saúde.

Um estudo de série temporal realizado por Costa et al (2025), destacou a redução de hospitalizações por diarreia em períodos de seca no Ceará. Esses achados mostram que a escassez da água e a diarreia nem sempre apresentam relação estatisticamente significativa, mesmo em áreas com elevada contaminação. Isso sustenta o padrão observado no estudo, em que, apesar da alta positividade para coliformes e *E. coli* em praticamente todas as fontes de abastecimento, a frequência de diarreia permaneceu estável ao longo dos três períodos de coleta.

Um estudo de Pickering et al. (2018) demonstrou que a persistência de diarreias em áreas rurais não se correlaciona diretamente com água contaminada, mas sim com fatores ambientais agregados e hábitos culturais, reforçando que intervenções focadas apenas no tratamento da água não são suficientes.

Em termos de intervenções e prevenção, uma revisão sistemática com metanálise destacou que intervenções em *WASH* (conjunto integrado de ações, serviços e infraestruturas voltadas para Água, Saneamento e Higiene) indicam redução significativa de diarreia associada a medidas combinadas como o abastecimento seguro, a efeitos benéficos claros quando sistemas de água tratada são implementados ou quando o tratamento doméstico é adotado de forma consistente (Wolf et al., 2022). Isso aponta para estratégias aplicáveis às populações estudadas, como: priorizar acesso contínuo a água segura (diminuindo a dependência de fontes alternativas durante secas), promover práticas de armazenamento e tratamento doméstico, e articular ações multissetoriais que reduzam a vulnerabilidade econômica das famílias. Tais estratégias respondem à literatura que associa insegurança hídrica a múltiplas dimensões de saúde pública e realçam a necessidade de respostas de saúde que integrem determinantes sociais (Rhue et al., 2023; Salvador et al., 2023; Cavalcante et al, 2025).

Portanto, a baixa prevalência e a estabilidade de casos entre os diferentes momentos podem surpreender diante da contaminação microbiológica, mas essa dissociação não é inédita, como já destacado. A literatura mostra que a presença de coliformes ou *E. coli* em cisternas (ou outras fontes) nem sempre gera surtos evidentes de diarreia, especialmente em populações com alguma adaptação imunológica ou quando a exposição é crônica e intermitente. Como no estudo de Costa et al (2025), já relatado, que destacou que estratégias como a Estratégia de Saúde da Família (ESF) são importantes na prevenção e no manejo da diarreia, especialmente no contexto de secas prolongadas no Nordeste brasileiro. As menções são explícitas e recorrentes, destacando tanto a composição das equipes quanto o papel dos profissionais nos territórios rurais.

Além disso, o impacto protetor das cisternas como evidenciado pela redução de infecções por *Giardia*, evidenciado anteriormente (Fonseca et al., 2014). Sugere que ter uma cisterna pode mitigar alguns riscos, mesmo que não elimine todos os patógenos. Também é possível que práticas de higiene, tratamento doméstico, como a cloração, ou intervenções comunitárias, como a Estratégia de Saúde da Família relatada por Costa et al (2025), contribuam efetivamente para a redução de casos clínicos.

As implicações dos resultados para a prática de enfermagem evidenciam a necessidade de uma atuação integrada e contínua, pautada pelos determinantes socioambientais que permeiam o uso de cisternas e o abastecimento hídrico no semiárido. Estudos nacionais têm demonstrado como o enfermeiro da Atenção Primária à Saúde contribui com o rompimento do ciclo de doenças e danos ambientais relacionados à água contaminada em comunidades vulneráveis (Amorim; Nascimento, 2025).

Nesse contexto, os enfermeiros têm papel essencial na educação em saúde, vigilância epidemiológica e uso de recursos de baixo custo, assim como na orientação sobre práticas adequadas de limpeza, desinfecção e uso seguro das cisternas e da manipulação da água nos usos domésticos (Amorim; Nascimento, 2025).

O enfermeiro também é capaz de orientar os Agentes Comunitários de Saúde (ACS), qualificando a coleta de informações, o acompanhamento longitudinal e a comunicação de sinais de alerta. No estudo qualitativo conduzido por Schwingel et al. (2024), os autores destacam que os ACS foram fundamentais para a implementação de intervenções em saúde, justamente por seu vínculo territorial, confiança estabelecida com a população e capacidade de traduzir orientações técnicas para o cotidiano das comunidades (Schwingel et al, 2024).

Diante desse cenário, destaca-se a necessidade de atualização das taxonomias e classificações diagnósticas de enfermagem, de modo a incorporar intervenções voltadas às populações em situação de vulnerabilidade hídrica e social, bem como aos riscos emergentes relacionados às mudanças climáticas, à qualidade da água e à segurança hídrica (Ferreira; Cavalcante; Moreira, 2024; Moreira et al., 2024).

Tal atualização é fundamental para oferecer respaldo técnico e sistematizado à prática profissional em diferentes contextos territoriais. Estudos recentes enfatizam que a expansão das competências e classificações de enfermagem é essencial para responder aos desafios contemporâneos relacionados aos determinantes ambientais e às mudanças climáticas, reforçando a urgência de integrar intervenções que contemplem riscos ecológicos e contextos territoriais específicos (Dossey; Rosa; Beck, 2019; Gaudreau et al, 2024).

Assim, os resultados evidenciam que a prática de enfermagem deve incorporar estratégias de promoção da saúde e gerenciamento de riscos ambientais, reconhecendo as cisternas como tecnologias sociais relevantes, porém dependentes de acompanhamento técnico e educativo para minimizar os riscos relacionados à qualidade da água consumida pela população.

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. O uso de dados auto-relatados utilizados na coleta de dados referentes aos casos de diarreia, ao nível de água das cisternas, o padrão de uso doméstico associado ao tipo de fonte de água, podem estar sujeitos a viés de recordação e de veracidade dos participantes. Além disso, as análises microbiológicas de coliformes totais e *Escherichia coli* foram realizadas de forma qualitativa, devido às limitações laboratoriais, o que impossibilitou uma análise quantitativa desses dados nas amostras. Essa restrição metodológica impede inferências mais detalhadas sobre a intensidade da contaminação e limita comparações com estudos que utilizam métodos quantitativos.

Apesar dessas limitações, o estudo oferece evidências relevantes sobre a composição familiar e a renda das comunidades (Apêndice A), o padrão de uso doméstico associado ao tipo de fonte de água, a qualidade de parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras e a ocorrência de diarreia, integrando esses elementos em uma perspectiva de variação sazonal nas três comunidades rurais investigadas.

6 CONCLUSÃO

A análise integrada entre achados e a literatura recente do semiárido brasileiro revela um panorama claro: embora as cisternas representem uma tecnologia social muito importante para garantir acesso à água em regiões vulneráveis, elas não são isentas de riscos sanitários, especialmente microbiológicos. A variação sazonal na qualidade da água, a oscilação dos níveis das cisternas, práticas de manuseio doméstico e manutenção inadequada contribuem para a contaminação persistente por coliformes e *E. coli*.

No entanto, o acesso à cisterna também pode ter efeitos protetores, como mostrado por reduções em infecções parasitárias. Por isso, a intervenção de saúde, particularmente por parte de profissionais de enfermagem comunitária, deve ser multidimensional: combinar vigilância da qualidade da água, educação para o manejo seguro, capacitação das famílias, manutenção da infraestrutura e articulação com políticas públicas.

Em suma, para minimizar os riscos e maximizar os benefícios das cisternas no semiárido, é fundamental que a abordagem de saúde pública vá além da construção de reservatórios e inclua ações contínuas de monitoramento, educação e empoderamento comunitário, papel no qual a enfermagem tem um potencial estratégico central.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, E. A. Intra-urban inequalities in water access among households in Malawi's informal settlements: Toward pro-poor urban water policies in Africa. **Environmental Development**, v. 26, p. 34–42, jun. 2018.
- ALMEIDA, C. C. et al. Caracterização e avaliação da potabilidade das águas armazenadas em cisternas da zona rural de Tauá-CE. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. e6991210749, 13 dez. 2020.
- ALMEIDA, T. A. B. et al. Assessing Shallow Groundwater Depth and Electrical Conductivity in the Brazilian Semiarid: A Geostatistical Analysis. **Geosciences**, v. 15, n. 4, p. 136, 4 abr. 2025.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013.
- ALVES, F. et al. Water quality and microbial diversity in cisterns from semiarid areas in Brazil. **Journal of Water and Health**, v. 12, n. 3, p. 513–525, 1 set. 2014.
- AMORIM, E. G. ; NASCIMENTO, I. R. M. A. O protagonismo do enfermeiro da Atenção Primária à Saúde (APS) na quebra do ciclo de doenças e danos ambientais por água contaminada em comunidades vulneráveis: Uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 3, p. e0714348414, 5 mar. 2025.
- BERIHUN, G. et al. Drinking water contamination potential and associated factors among households with under-five children in rural areas of Dessie Zuria District, Northeast Ethiopia. **Frontiers in Public Health**, v. 11, 9 jun. 2023.
- BRASIL. **Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990**. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 16 jul. 1990. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18069.htm. Acesso em: 24 de nov. 2025.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017 [...]. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 24 nov. 2025.
- BRITO, et al. Análise da qualidade das águas de cisternas em cinco municípios do semi-árido brasileiro. Embrapa.br, 30 jan. 2020.
- DE MOURA, M. R. F. et al. Segurança e vulnerabilidade hídrica: evoluções conceituais à luz da Gestão Integrada e Sustentável. **Ciência & Trópico**, v. 44, n. 1, 9 jun. 2020.
- DIAS, A. P. et al. Assessing the Influence of Water Management and Rainfall Seasonality on Water Quality and Intestinal Parasitism in Rural Northeastern Brazil. **Journal of Tropical Medicine**, v. 2018, p. e8159354, 18 jul. 2018.

DIEZ DE BONILLA-JIMÉNEZ, O. I. et al. Optimization of the Disinfection Process in Potabilization Systems in Cuenca Alto Atoyac, Mexico. **Water**, v. 16, n. 23, p. 3451, 30 nov. 2024.

CAVALCANTE, L. et al. From insufficient rainfall to livelihoods: understanding the cascade of drought impacts and policy implications. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 25, n. 6, p. 1993–2005, 18 jun. 2025.

CHEN, L. et al. Mapping the global, regional, and national burden of diarrheal diseases attributable to unsafe water. **Frontiers in Public Health**, v. 11, 6 dez. 2023.

COSTA, A. C. et al. Sharp decline of diarrhea hospitalizations despite historical drought in Brazil: The potential role of local water supply and public health measures. **Journal of Water and Health**, v. 23, n. 6, p. 743–756, 21 maio 2025.

COSTOPOULOS, E. et al. Adverse health outcomes associated with drinking highly saline water: a systematic review. **European Journal of Epidemiology**, 29 set. 2025.

DALY, S. W. et al. Multiple water source use in low- and middle-income countries: a systematic review. **Journal of Water and Health**, v. 19, n. 3, p. 370–392, 1 jun. 2021.

DE SOUSA, T. C. et al. Groundwater access reduces water insecurity and diarrhea hospitalizations in the drought-affected tropical drylands of Ceará, Brazil. **Hydrogeology Journal**, 15 out. 2025.

DEVORE, J. L. **Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências**; tradução Joaquim Pinheiro Nunes da Silva. São Paulo: Cengage Learning, 2006.

DINIZ, P. C. O.; SANTOS, C. F. DOS; ROZENDO, C. Acesso à água para consumo humano no semiárido brasileiro: o programa Um Milhão de Cisternas e suas implicações sociais. **Contemporânea - revista de sociologia da UFSCar**, v. 12, n. 1, p. 95–119, 2022.

DOSSEY, B. M.; ROSA, W. E.; BECK, D.-M. Nursing and the Sustainable Development Goals: From Nightingale to Now. **AJN, American Journal of Nursing**, v. 119, n. 5, p. 44–49, maio 2019.

ENEBELI, M. O.; SAINT, V.; HÄMEL, K. Nurses' health promotion practices in rural primary health care in Nigeria. A qualitative study. **Health Promotion International**, v. 39, n. 5, 25 set. 2024.

FERREIRA, J. E. DE S. M.; CAVALCANTE, T. F.; MOREIRA, R. P. Cuidados de enfermagem em tempos de mudanças climáticas: rumo a um futuro resiliente. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 37, 2024.

FONSECA, J. E. et al. Reducing Occurrence of *Giardia duodenalis* in Children Living in Semiarid Regions: Impact of a Large Scale Rainwater Harvesting Initiative. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 8, n. 6, p. e2943, 19 jun. 2014.

GAUDREAU, C. et al. Nurses and Climate Change: A Narrative Review of Nursing Associations' Recommendations for Integrating Climate Change Mitigation Strategies. **Canadian Journal of Nursing Research**, v. 56, n. 3, p. 193–203, 19 set. 2024.

GOBALARAJAH, K. et al. Impact of water quality on Chronic Kidney Disease of unknown etiology (CKDu) in Thunukkai Division in Mullaitivu District, Sri Lanka. **BMC Nephrology**, v. 21, n. 1, p. 507, 25 dez. 2020.

HENIG, E. V. Breves reflexões sobre os resultados do Programa 1 Milhão de Cisternas. **Serviço Social em Revista**, v. 26, n. 1, p. 305–329, 31 jul. 2023.

HORN, L. et al. Association between Precipitation and Diarrheal Disease in Mozambique. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 4, p. 709, 10 abr. 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**: características urbanísticas do entorno dos domicílios. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). **Perfil Municipal – Quixadá** : 2017. Fortaleza: IPECE, 2018. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Quixada_2017.pdf. Acesso em: 17 de novembro de 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). **Perfil Municipal – Quixeramobim** : 2017. Fortaleza: IPECE, 2018. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Quixeramobim_2017.pdf. Acesso em: 17 de novembro de 2025.

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO (INSA). **Semiárido Brasileiro**. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/semiario-brasileiro>. Acesso em: 18 de novembro de 2025.

LARANJO, R. D. et al. Evaluation of the physicochemical parameters on the water quality of the major rivers of Zamboanga del Norte, Philippines. **AIMS Environmental Science**, v. 10, n. 3, p. 382–397, 2023.

LI, W. et al. Influencing Factors and Nutrient Release from Sediments in the Water Level Fluctuation Zone of Biliuhe Reservoir, a Drinking Water Reservoir. **Water**, v. 15, n. 20, p. 3659, 19 out. 2023.

LIU, Q.; LIU, M.; LIU, J. Association of drinking water services with the disease burden of diarrhea in children under five in 200 countries from 2000 to 2021. **Cell Reports Sustainability**, v. 1, n. 9, p. 100177, set. 2024.

LOYOLA, S. et al. Fecal Contamination of Drinking Water Was Associated with Diarrheal Pathogen Carriage among Children Younger than 5 Years in Three Peruvian Rural Communities. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 102, n. 6, p. 1279–1285, 3 jun. 2020.

MACHADO, T. T. V. et al. Avaliação da qualidade de águas de chuva armazenadas em cisternas de placas e de polietileno em um município do semiárido do estado da Paraíba. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 26, n. 1, p. 151–158, fev. 2021.

MOREIRA, R. P. et al. Is an update of nursing taxonomies required due to climate change impacts? **International Journal of Nursing Knowledge**, v. 35, n. 4, p. 384–385, 30 out. 2024.

- NETO, G. G. R. et al. Clash of Drought Narratives: A Study on the Role of Small Reservoirs in the Emergence of Drought Impacts. **Earth's Future**, v. 12, n. 7, 14 jul. 2024.
- PICKERING, A. J. et al. Fecal Indicator Bacteria along Multiple Environmental Transmission Pathways (Water, Hands, Food, Soil, Flies) and Subsequent Child Diarrhea in Rural Bangladesh. **Environmental Science & Technology**, v. 52, n. 14, p. 7928–7936, 14 jun. 2018.
- PIYATHILAKE, I. D. U. H. et al. Geochemistry of Groundwater in the Uva Province, Sri Lanka—Implications for Chronic Kidney Disease of Uncertain Origin. **Frontiers in Water**, v. 3, 9 dez. 2021.
- PLETO, J. V. R.; MIGO, V. P.; ARBOLEDA, M. D. M. Preliminary Water and Sediment Quality Assessment of the Meycauyan River Segment of the Marilao-Meycauyan-Obando River System in Bulacan, the Philippines. **Journal of Health and Pollution**, v. 10, n. 26, jun. 2020.
- POHL, F. et al. Long-term daily hydrometeorological drought indices, soil moisture, and evapotranspiration for ICOS sites. **Scientific Data**, v. 10, n. 1, 13 maio 2023.
- RHUE, S. J. et al. The effects of household water insecurity on child health and well-being. **WIREs Water**, v. 10, n. 6, 21 jun. 2023.
- SALVADOR, C. et al. Public Health Implications of Drought in a Climate Change Context: A Critical Review. **Annual Review of Public Health**, v. 44, n. 1, 9 jan. 2023.
- SANTOS, M. V. A. et al. Avaliação da qualidade da água e manejo de cisternas domiciliares em comunidade rural do Oeste da Bahia (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 132-150. 2023.
- SARMENTO, D. C. S. et al. Water quality from artesian wells in the northeastern semi-arid region: A literature review. **Revista Interdisciplinar e do Meio Ambiente (RIMA)**, v. 5, n. 1, p. e213, 5 jun. 2023.
- SCHWINGEL, A. et al. The transformative journey of community health workers in implementing a lifestyle intervention in Brazil: A qualitative study. **Journal of Clinical and Translational Science**, v. 8, n. 1, p. e158, 10 out. 2024.
- SIEGEL, S; CASTELLAN J. N. J. **Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- SILVA, L. C. da; ZUCCARI, M. L.; NATAL, S. S.; SILVA, C. A. da. Avaliação da presença e quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de água destinada ao consumo humano. **Semina: Ciências Biológicas**, Londrina, v. 37, n. 4, p. 1881-1892, 2016. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/26554>. Acesso em: 24 nov. 2025.
- VAN OEL, P. et al. **3D4REAL – 3D Drought Diagnosis for REliable ALternative water resources**. Netherlands Organisation for Scientific Research (NWO), 2024.

VITOR, G. A. et al. Qualidade da água para consumo humano no Sertão Pernambucano: Uma análise dos parâmetros de potabilidade e seus impactos na saúde. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 8, p. e2314849348, 9 ago. 2025.

WALKER, D. W. et al. It's not all about drought: What "drought impacts" monitoring can reveal. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 103, p. 104338, mar. 2024.

WANG, P. et al. Associations between long-term drought and diarrhea among children under five in low- and middle-income countries. **Nature Communications**, v. 13, n. 1, p. 3661, 30 jun. 2022.

WIT, M. R. J. et al. Hydrogeochemical signatures and human impact: A comprehensive analysis of groundwater quality on the semi-arid island of Curaçao. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 60, p. 102555, ago. 2025.

WHO **Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene (JMP)**. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2024: special focus on inequalities. Geneva: World Health Organization (WHO) & United Nations Children's Fund (UNICEF), 2025. Disponível em: <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-coverage/jmp/jmp-2025-wash-households-lowres-launch.pdf>. Acesso em: 15 de novembro de 2025.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Diarrhoeal disease**. 7 Mar. 2024. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>. Acesso em: 18 de novembro de 2025.

WOLF, J. et al. Burden of disease attributable to unsafe drinking water, sanitation, and hygiene in domestic settings: a global analysis for selected adverse health outcomes. **The Lancet**, v. 401, n. 10393, p. 2060–2071, jun. 2023.

WOLF, J. et al. Effectiveness of interventions to improve drinking water, sanitation, and handwashing with soap on risk of diarrhoeal disease in children in low-income and middle-income settings: a systematic review and meta-analysis. **The Lancet**, v. 400, n. 10345, p. 48–59, jul. 2022.

APÊNDICE A - COMPOSIÇÃO FAMILIAR E RENDA

A comunidade Jatobá é composta por uma população de 90 famílias, das quais 29 compõem a amostra da pesquisa, totalizando 91 pessoas. A maioria das famílias possui três integrantes 31% (n=9), seguidas por aquelas com dois 27,6% (n=8) e quatro integrantes 20,7% (n=6), demonstrando predomínio de núcleos familiares pequenos.

Em relação à renda familiar mensal, 27,6% (n=8) vivem com um salário mínimo, 20,7% (n=6) com renda entre um e dois salários mínimos, 20,7% (n=6) com dois salários mínimos, e 20,7% (n=6) com mais de dois e menos de três salários mínimos. Apenas 6,9% (n=2) vivem com menos de um salário mínimo. Esses achados indicam que a maior parte das famílias concentra-se em até dois salários mínimos, evidenciando condições econômicas melhores que as demais comunidades, refletindo no poder de compra de garrações e de fontes emergenciais como carro-pipa e carroceiro.

Quanto aos benefícios sociais, observou-se ampla cobertura de auxílios governamentais, com destaque para a aposentadoria 55,2% (n=16) e o Bolsa Família 31% (n=9), além de uma família que recebe BPC. Apenas 10,3% (n=3) das famílias relataram não receber benefícios, evidenciando a dependência de programas sociais como complemento de renda.

A comunidade Serrinha de Santa Maria possui 33 famílias, sendo 26 incluídas na pesquisa, com um total de 75 pessoas. Nesta comunidade, observou-se que a maioria das famílias são compostas por três membros 34,6% (n=9), seguida por aquelas com quatro pessoas 23,1% (n=6) e duas pessoas 19,2% (n=5). Em relação à renda mensal familiar, verificou-se que 53,8% (n=14) das famílias vivem com menos de um salário mínimo, e 23,1% (n=6) possuem renda de um salário mínimo. Apesar do somatório de 23,1% apresentar rendas mais elevadas de 7,7% (n=2) com entre um e dois salários mínimos, 7,7% (n=2) com dois salários mínimos e 7,7% (n=2) com três salários mínimos. Esses resultados indicam predominância de baixa renda na comunidade, o que reforça a condição socioeconômica vulnerável.

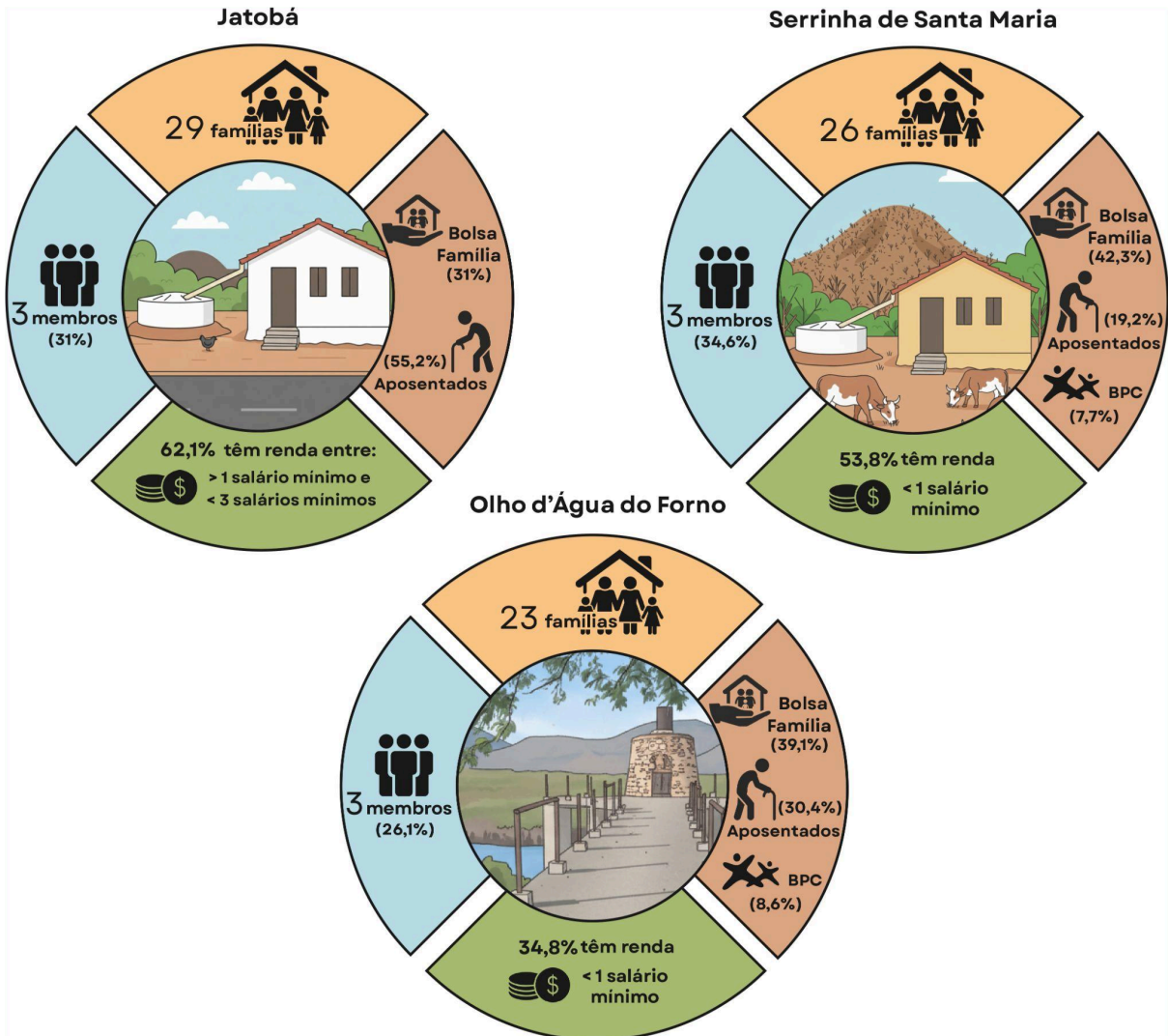
O Bolsa Família é o benefício social mais prevalente 42,3% (n=11), seguido pela aposentadoria 19,2% (n=5). Também foram relatadas combinações como Aposento e BPC 3,8% (n=1), Bolsa Família e BPC 3,8% (n=1), Bolsa Família e Mais Infância 3,8% (n=1) e Hora de Plantar e Seguro Safra 3,8% (n=1). Apenas 23,1% (n=6) das famílias não recebem benefícios, o que evidencia a forte dependência de programas sociais.

Já a comunidade de Olho d'água do Forno tem 60 famílias e destas, 23 participaram da pesquisa, totalizando 80 pessoas. Nesta comunidade, predominam famílias composta por três pessoas 26,1% (n=6), seguidas por aquelas com quatro 21,7% (n=5) e cinco membros 21,7% (n=5). Apenas uma família relatou sete integrantes, evidenciando uma estrutura familiar pequena a média.

Em relação à renda mensal familiar, verificou-se que 34,8% (n=8) vivem com menos de um salário mínimo, e 13% (n=3) possuem renda de um salário mínimo, e 21,7% (n=5) recebem entre um e dois salários mínimos. Esses achados demonstram predomínio de baixa renda, com concentração abaixo de dois salários mínimos, o que caracteriza vulnerabilidade econômica na comunidade.

Quanto aos benefícios governamentais, a maioria das famílias eram contempladas por programas sociais, sendo o Bolsa Família o mais prevalente 39,1% (n=9), seguido pela aposentadoria 30,4% (n=7). Também foram observadas combinações como Bolsa Família e aposentadoria 8,7% (n=2), aposentadoria e BPC 4,3% (n=1), aposentadoria e pensão 4,3% (n=1) e BPC isolado 4,3% (n=1). Apenas 8,7% (n=2) das famílias não recebem benefícios, o que reforça a dependência de benefícios sociais como complemento de renda. Esses dados foram sintetizados na figura 1.

Figura 1 - Síntese da composição familiar e renda das comunidades.



Fonte: A autora, 2025.

ANEXO I - INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS AUTORRELATADOS

INSTRUMENTO PARA COLETA DE DADOS AUTORELATADOS (ADAPTADO DO PROJETO 3D4REAL)

Representante da família: _____
Data: ___/___/___
Endereço: _____
Telefone: _____ N° do formulário: _____
Responsável pela coleta: _____

1. Quantas pessoas moram neste domicílio? _____

2. Renda mensal familiar

- < 1 salário mínimo
- = 1 salário mínimo
- > 1 e < 2 salários mínimos
- = 2 salários mínimos
- > 2 e < 3 salários mínimos
- = 3 salários mínimos
- > 3 salários mínimos

3. Benefícios governamentais: _____

4. Uso da água para as atividades diárias:

4.1 Qual a quantidade média diária de água utilizada para beber?

- de 5-7,5 litros
- de 7,5-10 litros
- de 10-12,5 litros
- maior que 12,5 litros

Outro: _____

Fonte hídrica:

- açude adutora carro-pipa cisterna poço

Outro: _____

4.2 Qual a quantidade média diária de água utilizada para cozinhar?

- de 5-7,5 litros
- de 7,5-10 litros
- de 10-12,5 litros
- maior que 12,5 litros

Outro: _____

Fonte hídrica:

- açude adutora carro-pipa cisterna poço

Outro: _____

4.3 Qual a quantidade média diária de água utilizada para higiene pessoal?

entre 100-200 litros

entre 200-300 litros

entre 300-400 litros

entre 400-500 litros

maior que 500 litros

Outro: _____

Fonte hídrica:

açude adutora carro-pipa cisterna poço

Outro: _____

5. Em caso de cisterna, como se encontra o nível da água? () N/A

cheia

mais que a metade

metade

menos que a metade

vazia

6. A cisterna atende apenas a família ou é compartilhada com outras pessoas?

7. Atualmente, algum membro está com diarreia?

1 Sim

2 Não

Se sim, em quantos membros? _____

Qual a idade dos membros? _____

8. Nos últimos três meses, houve a ocorrência de diarreia em algum membro familiar?

1 Sim

2 Não

Se sim, em quantos membros? _____

Qual a idade dos membros? _____