

QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS NA COMUNIDADE DA ILHA DE LENÇÓIS, CURURUPU – MA: AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA

WELL WATER QUALITY IN THE COMMUNITY OF ILHA DE LENÇÓIS, CURURUPU –
MA: MICROBIOLOGICAL AND PHYSICOCHEMICAL ASSESSMENT

CALIDAD DEL AGUA DE POZOS EN LA COMUNIDAD DE LA ISLA DE LENÇÓIS,
CURURUPU – MA: EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA

Cinthy Costa Lopes¹
Thiago de Moraes Chaves²
Raíssa Azevedo Mendonça³
Maira Silva Ferreira⁴
Alamgir Khan⁵
Raquel Maria Trindade Fernandes⁶

RESUMO: A água é essencial para a vida e para a saúde humana, sendo amplamente utilizada em diversas atividades cotidianas. Entretanto, sua qualidade pode ser comprometida pela poluição e deficiência de infraestrutura de saneamento, aumentando o risco de Doenças de Veiculação Hídrica (DVH). Assim, este estudo objetivou avaliar a qualidade da água de poços utilizados para abastecimento na comunidade da Ilha dos Lençóis, Cururupu–MA, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas. Foram realizadas análises qualitativas e quantitativas das amostras, onde os resultados microbiológicos indicaram contaminação generalizada, com 100% de positividade para coliformes totais e *Escherichia coli*, confirmadas pelo método COLItest®. Quanto aos parâmetros físico-químicos, a temperatura variou entre 29,4 e 30,1 °C, pH entre 6,4 e 7,0, condutividade elétrica entre 61,9 e 219 µS/cm, salinidade entre 0,07 e 0,32 ppt, oxigênio dissolvido entre 2,6 e 5,2 mg/L, sólidos totais dissolvidos entre 74,9 e 309 ppm, dureza total entre 80,00 e 108,00 mg/L de CaCO₃, cloretos entre 0,02 e 0,08 mg/L e CO₂ livre entre 1,67 e 4,00 mg/L. Embora os parâmetros físico-químicos estejam dentro dos limites da legislação vigente, a contaminação microbiológica evidencia riscos à saúde pública, indicando a necessidade de ações que promovam melhorias significativas para a comunidade.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Contaminação microbiológica. Parâmetros físico-químicos. Saúde pública.

¹Mestranda em Ciência e Tecnologia/Química (UFABC).

²Discente do curso de Química Licenciatura (UEMA).

³Discente do curso de Química Licenciatura (UEMA).

⁴Doutora em Ciências (UNICAMP), Docente do Curso de Ciência e Tecnologia (UFMA).

⁵Doutor em Ciências (UNICAMP), Docente do Departamento de Química (UEMA).

⁶Doutora em Ciências (UNICAMP), Docente do Departamento de Química (UEMA).

ABSTRACT: Water is essential for life and human health and is widely used in various daily activities. However, its quality can be compromised by pollution and the lack of sanitation infrastructure, increasing the risk of Waterborne Diseases (WBD). Thus, this study aimed to evaluate the quality of well water used for supply in the community of Ilha dos Lençóis, Cururupu-MA, Brazil, through physicochemical and microbiological analyses. Qualitative and quantitative analyses of the samples were performed. Microbiological results indicated widespread contamination, with 100% positivity for total coliforms and *Escherichia coli*, confirmed by the COLItest® method. Regarding physicochemical parameters, temperature ranged from 29.4 to 30.1 °C, pH from 6.4 to 7.0, electrical conductivity from 61.9 to 219 µS/cm, salinity from 0.07 to 0.32 ppt, dissolved oxygen from 2.6 to 5.2 mg/L, total dissolved solids from 74.9 to 309 ppm, total hardness from 80.00 to 108.00 mg/L as CaCO₃, chlorides from 0.02 to 0.08 mg/L, and free CO₂ from 1.67 to 4.00 mg/L. Although the physicochemical parameters were within the limits established by current legislation, microbiological contamination indicates potential public health risks, highlighting the need for actions to improve sanitation and water supply conditions in the community.

Keywords: Water resources. Microbiological contamination. Physicochemical parameters. Public health.

RESUMEN: El agua es esencial para la vida y para la salud humana, y se utiliza ampliamente en diversas actividades cotidianas. Sin embargo, su calidad puede verse comprometida por la contaminación y la deficiencia en la infraestructura de saneamiento, lo que aumenta el riesgo de Enfermedades de Transmisión Hídrica (ETH). En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de pozos utilizados para el abastecimiento en la comunidad de Ilha dos Lençóis, Cururupu-MA, Brasil, mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Se realizaron análisis cualitativos y cuantitativos de las muestras. Los resultados microbiológicos indicaron una contaminación generalizada, con 100% de positividad para coliformes totales y *Escherichia coli*, confirmada mediante el método COLItest®. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, la temperatura varió entre 29,4 y 30,1 °C, el pH entre 6,4 y 7,0, la conductividad eléctrica entre 61,9 y 219 µS/cm, la salinidad entre 0,07 y 0,32 ppt, el oxígeno disuelto entre 2,6 y 5,2 mg/L, los sólidos totales disueltos entre 74,9 y 309 ppm, la dureza total entre 80,00 y 108,00 mg/L de CaCO₃, los cloruros entre 0,02 y 0,08 mg/L y el CO₂ libre entre 1,67 y 4,00 mg/L. Aunque los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los límites establecidos por la legislación vigente, la contaminación microbiológica evidencia riesgos para la salud pública, lo que indica la necesidad de implementar acciones que promuevan mejoras significativas para la comunidad.

Palabras-clave: Recursos hídricos. Contaminación microbiológica. Parámetros fisicoquímicos. Salud pública.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para a manutenção da vida e para a saúde humana, sendo amplamente utilizada em atividades domésticas, agrícolas e industriais. Entretanto, a qualidade e a disponibilidade desse recurso têm sido progressivamente comprometidas por fatores como

crescimento populacional, urbanização e poluição dos corpos hídricos, aumentando o risco de ocorrência de doenças de veiculação hídrica (DVH) (WHO, 2022; Panizzolo *et al.*, 2023).

A contaminação da água destinada ao consumo humano representa um importante problema de saúde pública, especialmente em países em desenvolvimento. A presença de contaminantes químicos e microbiológicos nas fontes de abastecimento está frequentemente associada a fatores naturais e, principalmente, a atividades antrópicas, como descarte inadequado de resíduos, ausência de saneamento básico e uso intensivo do solo (Jurczynski; Passos; Campos, 2024; Yu *et al.*, 2024; Siqueira; Lima; Santos, 2022; Barbosa *et al.*, 2022).

Em muitas regiões, particularmente em áreas rurais e semiurbanas, a população depende de fontes alternativas de abastecimento, como poços artesianos, tubulares ou escavados. Embora representem uma importante fonte de água para consumo, esses sistemas podem estar sujeitos à contaminação quando não possuem monitoramento ou tratamento adequado, devendo atender aos padrões de potabilidade estabelecidos por legislações como a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Portaria GM/MS nº 888/2021 (Brasil, 2021; Silva Filho *et al.*, 2023).

Entre os principais fatores que comprometem a qualidade da água nesses sistemas está a contaminação microbiológica por microrganismos de origem fecal. Os coliformes totais são amplamente utilizados como indicadores de contaminação em recursos hídricos e incluem bactérias dos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*. Dentre esses, os coliformes termotolerantes, especialmente *Escherichia coli*, são considerados os indicadores mais específicos de contaminação recente, podendo indicar a presença de patógenos capazes de causar doenças em humanos (Nowicki *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2023).

No Brasil, a precariedade da infraestrutura de saneamento básico contribui para o agravamento desse cenário. No Maranhão, a escassez de saneamento básico mantém a população vulnerável às doenças de veiculação hídrica (DVH) e, em decorrência, no ano de 2024 foram registradas 32,1 mil internações por Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI) no estado. Ao total, a região nordeste chegou a 93 mil internações no mesmo período, dados que evidenciam a relação direta entre a falta de coleta e tratamento de esgoto e a contaminação da água consumida (Trata Brasil, 2025).

Essa realidade é particularmente preocupante em áreas da Baixada Maranhense, onde grande parte da população depende de poços como principal fonte de abastecimento de água. Nessa região está localizado o município de Cururupu, que possui população estimada de 32.559

habitantes e é sede da Região de Planejamento do Litoral Ocidental (IBGE, 2021). Em seu território encontra-se a Reserva Extrativista de Cururupu (RESEX), criada em 2004 com o objetivo de preservar ecossistemas costeiro-marinhos e garantir a subsistência de comunidades tradicionais. A área abrange 15 ilhas habitadas, onde cerca de quatro mil pessoas têm na pesca sua principal atividade econômica, dentre elas está a Ilha de Lençóis - área deste estudo (Brasil, 2004).

Neste contexto, a qualidade da água torna-se uma questão essencial, pois essas comunidades dependem de poços subterrâneos e enfrentam condições precárias de moradia e saneamento básico, o que favorece a influência de fatores ambientais e externos que comprometem a potabilidade e a qualidade da água fornecida. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água dos poços que abastecem a comunidade da Ilha de Lençóis, em Cururupu - MA, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas.

MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde à Ilha dos Lençóis, situada no Arquipélago de Maiaú, parte da RESEX de Cururupu. Com difícil acesso, o percurso até a ilha geralmente inicia em São Luís, com deslocamento via ferryboat até o Porto de Cujupe, seguido por cinco horas de carro até a cidade de Apicum-Açu/MA e mais três horas de barco até o destino.

A referida é uma comunidade formada por pescadores artesanais e possui uma população de 377 moradores, de acordo com o cadastro do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). A maioria dos habitantes é nativa e depende da pesca como principal fonte de sustento, sendo 80% dos chefes de família envolvidos nessa atividade.

Contudo, a infraestrutura sanitária na ilha é precária, uma vez que não existe um sistema de esgoto e mais de 90% das residências descartam os dejetos sanitários diretamente no manguezal ou em fossas rudimentares (Alvite e Silveira, 2011).

AMOSTRAGEM

As amostras foram coletadas no dia 08/11/2024, no turno da manhã, em frascos de polietileno de 500 mL, esterilizados e identificados, com duplicata para cada local. Cada um dos pontos de coleta (figura 1) foi identificado da seguinte forma: P1 - Poço para consumo/revestido,

com coordenadas $-1.321066003, -44.8841517$; P2 - Poço para consumo II/cavado ($-1.319815085, -44.87964962$); P3 - Poço de gastar comunitário ($-1.318344619, -44.87919062$); P4 - Poço de gastar II ($-1.318191103, -44.88163915$); e P5 - Poço de gastar III ($-1.318855444, -44.88257356$).

Figura 1 - Pontos de coleta das amostras de água na Ilha de Lençóis, Cururupu/MA.



Fonte: Autoral, 2026.

As coletas foram feitas diretamente no local e acondicionadas em caixa térmica com gelo, garantindo a preservação das características microbiológicas e físico-químicas, e evitando qualquer tipo de contaminação. Após essa etapa, as amostras foram transportadas para o Laboratório Parcelso de Análises Químicas, localizado na Universidade Estadual do Maranhão - Campus Paulo VI, onde foram submetidas às demais análises.

ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As análises qualitativas das amostras de água foram realizadas utilizando o kit COLItest®, que permite a detecção simultânea de coliformes totais e *Escherichia coli* através de

um substrato cromogênico e fluorogênico. O processo iniciou-se com a transferência de 100 mL da amostra de água para o frasco que acompanha o kit, seguido pela adição do meio de cultura, sendo então homogeneizado até a completa dissolução. Em seguida, os frascos foram incubados em uma estufa bacteriológica a 37°C durante 24h.

O resultado positivo para coliformes totais foi confirmado pela mudança de cor, de púrpura para amarelo, após esse período. Já a presença de *Escherichia coli* (coliformes termotolerantes), foi confirmada transferindo 5 mL do conteúdo do frasco para um tubo de ensaio, que foi exposto à luz ultravioleta (365 nm), sendo o resultado positivo indicado pela fluorescência azul. Para confirmação, também foram adicionados 0,2 mL do reagente de indol ao tubo, e a formação de um anel vermelho confirmou o resultado positivo para *Escherichia coli* (Campos e Dória, 2024; LKP Diagnósticos, 2025).

O COLItest® é um método validado conforme os padrões da American Public Health Association (APHA), da American Water Works Association (AWWA) e da Water Environment Federation (WEF), descrito no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Além disso, é certificado pelo Instituto Tecnológico de Alimentos (ITAL) sob o laudo de análise nº MB-1836/05, sendo amplamente aceito e aplicado no Brasil, e utilizado por laboratórios de pesquisa e instituições acadêmicas (LKP Diagnósticos, 2025).

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas *in loco* foram realizadas utilizando as fitas reagentes da Drinking Water®, para analisar parâmetros como Dureza Total, Cloro Livre, Ferro, Cobre, Chumbo, Nitrato, Nitrito, Cloro Total, Fluoreto, Ácido Cianúrico, Cloreto de Amônia, Bromo, Alcalinidade Total, Carbonato e Potencial Hidrogeniônico (pH).

Estas análises foram realizadas por meio da imersão da fita em cada uma das amostras por alguns segundos e, após esse processo, as cores obtidas foram comparadas com a tabela de referência disponível no frasco, o que permitiu estimar os valores dos parâmetros analisados com base na mudança de cor.

As mensurações de temperatura, oxigênio dissolvido (OD), pH, condutividade elétrica (CE), salinidade (SALT) e sólidos totais dissolvidos (TDS) foram realizadas nas mesmas condições, utilizando o medidor multiparâmetro AKSO (AK88V2). As sondas correspondentes foram imersas diretamente na água até a estabilização da leitura no visor do equipamento,

garantindo maior precisão. Após cada medição, as sondas foram lavadas com água destilada, conforme as recomendações do fabricante, e os valores obtidos foram registrados para posterior tratamento dos dados.

As análises realizadas em laboratório incluíram a determinação de Alcalinidade Total, Dureza Total, Cloretos e CO₂ Livre. Os parâmetros foram determinados por titulação, seguindo os procedimentos descritos no Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Os resultados de Alcalinidade Total e Dureza Total foram expressos em mg/L de CaCO₃, enquanto Cloretos foram expressos em mg/L de Cl⁻ e CO₂ Livre em mg/L de CO₂, conforme os métodos recomendados para análises físico-químicas de água (FUNASA, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise microbiológica revelou contaminação microbiológica em todas as amostras analisadas (100%), evidenciada pela mudança de coloração de púrpura para amarelo após incubação a 37°C. Em relação a coliformes termotolerantes, representado pela bactéria *Escherichia coli*, as cinco amostras (100%) também foram positivas, comprovada pela fluorescência sob luz UV e formação de um halo vermelho durante o teste de indol, utilizando o reagente de Kovacs.

Os coliformes totais e termotolerantes, com destaque para a bactéria *Escherichia coli*, são microrganismos utilizados como indicadores de contaminação fecal, devido à sua resistência a altas temperaturas e predominância no trato intestinal de animais homeotérmicos (Bong *et al.*, 2022). Conforme estabelecido pela Portaria nº888/2021, a água destinada ao consumo humano, proveniente de sistemas ou soluções alternativas coletivas, deve apresentar ausência em 100 mL (Brasil, 2021).

Esses resultados corroboram com os achados de Lima e colaboradores (2024), que, ao analisarem amostras de água da mesma localidade, identificaram 100% de positividade para os mesmos microrganismos detectados neste trabalho. De forma semelhante, Silva (2018) avaliou parâmetros microbiológicos da água da mesma Ilha e relatou resultados positivos, indicando a presença generalizada de contaminação microbiológica. Oliveira (2019), ao analisar amostras de água consumidas por moradores da Ilha de Guajerutua, localizada nas proximidades da ilha deste estudo, também encontrou resultados positivos para coliformes totais e *Escherichia coli*.

Honorato e colaboradores (2020), em estudo realizado no município de Piripiri – PI obtiveram resultados semelhantes em grande parte das amostras analisadas, com aproximadamente 80% das amostras apresentando testando positivo.

Esses dados são alarmantes, pois evidenciam a falta de assistência, o saneamento básico precário e a má gestão dos recursos hídricos na região. Como consequência, a população local está exposta a cepas patogênicas de bactérias, responsáveis por infecções gastrointestinais severas, especialmente em crianças, idosos e indivíduos imunossuprimidos (Brasil, 2021; Xu *et al.*, 2022).

Quanto aos resultados encontrados nas análises físico-químicas realizadas *in loco* com o medidor multiparâmetro, esses foram tratados cuidadosamente e apresentados na tabela abaixo (tabela 1).

As temperaturas registradas, entre 29,4°C e 30,1°C refletem condições típicas de águas tropicais. Embora não haja limite máximo legal para a temperatura da água, valores mais elevados podem aumentar a atividade metabólica dos organismos aquáticos, reduzir a solubilidade do OD e influenciar processos químicos, como a dissolução de gases e sais minerais. Além disso, em aquíferos freáticos, temperaturas acima de 30 °C podem estimular o crescimento microbiológico, comprometendo a qualidade da água para consumo humano (Lisboa *et al.*, 2022).

Tabela 1 - Resultados das análises *in loco* para parâmetros físico-químicos.

PARÂMETROS	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	VMP
Temperatura (°C)	29,9	29,4	30,1	30	30	NE
pH	6,7	7,0	6,4	6,4	6,7	6,0 – 9,5
Condutividade (µS/cm)	177	219	150	61,9	216	100*
Salinidade (ppt)	0,08	0,11	0,07	0,32	0,11	NE
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,2	4,1	4,2	2,6	3,6	5,0**
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	88,3	106	74,9	309	108	500

VMP: Valores Máximos Permitidos; **NE:** Não Especificado; *Fundação Nacional de Saúde (FUNASA); **Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA).

Fonte: Autores, 2026.

De acordo com a Portaria do Ministério da Saúde nº 888/2021, os padrões de potabilidade da água para consumo humano prevêm uma faixa de pH entre 6 e 9,5 (Brasil, 2021). Neste estudo os valores variaram entre 6,4 e 7,0, e para as análises feitas com as fitas reagentes,

variaram entre 6,0 e 7,4, ambos os resultados permanecendo dentro da faixa recomendada para potabilidade.

Valores de pH fora da faixa podem interferir em processos biológicos, afetar organismos aquáticos e influenciar a solubilidade de metais pesados (Silva *et al*, 2021). Resultados semelhantes foram obtidos por Winckler e colaboradores (2024), em estudo realizado na Ilha dos Marinheiros, Rio Grande/RS, onde o pH da água variou de 6,35 a 7,95, valores que estão dentro dos padrões estabelecidos pela portaria vigente.

Conforme os dados observados na tabela 1, os valores de CE variaram entre 61,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P₄) e 219 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P₂). Embora não exista nas portarias um limite estabelecido para potabilidade, a Fundação Nacional de Saúde diz que valores acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ podem ser indicativos de águas contendo maior quantidade de sais dissolvidos. Isso considera o fato de águas naturais apresentarem níveis entre 10 e 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto ambientes poluído por esgoto doméstico ou industrial podem apresentar valores superiores, podendo chegar até 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (FUNASA, 2014).

Assim, os elevados valores observados em P₂ e P₅ podem estar relacionados a fontes de contaminação ou a uma maior concentração de íons dissolvidos, enquanto o valor reduzido em P₄ pode ser atribuído à baixa salinidade e/ou à maior diluição da água. Resultados semelhantes foram observados por Chamy, Guimarães e Poveda (2023), que registraram valores de condutividade elétrica (CE) de 62,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na estação seca e 72,68 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na estação chuvosa.

Já os níveis de salinidade variaram de 0,07 ppt (P₃) a 0,32 ppt (P₄) e, embora estejam baixos e típicos de água doce, o aumento em P₄ pode estar associado à influência de intrusão salina por proximidade de corpos d'água com maior salinidade, podendo ser explicado pela proximidade desse poço com a maré.

Não há um valor máximo permitido (VMP) específico para o parâmetro OD, mas o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA) geralmente considera valores superiores a 5 mg/L como referência, já que águas poluídas por efluentes domésticos costumam apresentar baixas concentrações devido à decomposição da matéria orgânica.

No presente estudo é possível observar a variação de 2,6 mg/L (P₄) a 5,2 mg/L (P₁), e os valores críticos em P₄ (2,6 mg/L) e P₅ (3,1 mg/L) indicam uma possível degradação orgânica mais intensa, o que consome oxigênio, ou condições de maior temperatura que reduzem a solubilidade do gás. Os resultados assemelham-se aos encontrados por Simões e colaboradores

(2020), que investigaram a qualidade da água de poços domésticos em comunidades rurais do Arquipélago de Marajó, PA, em que foram registrados baixos níveis de OD, variando entre 2,03 e 4,8 mg/L (média de 3,35 mg/L).

Os TDS variaram de 74,9 mg/L (P₃) a 309 mg/L (P₄). Embora esses valores sejam altos, eles estão dentro do limite aceito em relação ao permitido pela Portaria nº 888/2021 (500 mg/L) e Resolução CONAMA n.º 396/2008 (1000 mg/L). O valor elevado em P₄ reforça a hipótese de maior carga de sais ou poluentes dissolvidos, que podem ser resultados de atividades antrópicas. Esses achados são superiores aos encontrados por Simões e colaboradores (2020), 14,8 e 21,5 mg/L (média de 19,08 mg/L), em um estudo feito com água de poços rasos em comunidades rurais, e se assemelham aos achados de Silva e colaboradores (2024) que variaram de 0,175 a 362 mg/L.

As tabelas 2 e 3 apresentam os resultados de análises dos parâmetros físico-químicos essenciais para analisar a qualidade da água obtidos *in loco* e em laboratório, respectivamente.

Tabela 2 - Resultados dos parâmetros físico-químicos realizados *in loco* com fitas reagentes.

PARÂMETROS	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	VMP*
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	0	0	25	50	25	300
Cloro Livre (mg/L)	0	0	0	0	0	5,0
Ferro (mg/L Fe)	0	0	0	0	0	0,3
Cobre (mg/L Cu)	0	0	0	0	0	2,0
Chumbo (mg/L Pb)	0	0	0	0	0	0,01
Nitrato (mg/L N-NO ₃)	0	0	0	0	0	10,0
Nitrito (mg/L N-NO ₂)	0	0	0	0	0	1,0
Cloro Total (mg/L Cl)	0	0	0	0	0	0,01
Fluoreto (mg/L)	0	0	0	0	0	1,5
Cloreto de Amônia (mg/L)	0	0	0	0	0	NE**
Bromo (mg/L)	0	0	0	0	0	NE**
Alcalinidade Total (mg/L CaCO ₃)	0	0	0	40	0	NE**
Carbonato (mg/L)	0	0	0	80	40	NE**
pH	6,0	6,0	6,2	7,4	6,8	6,0 - 9,5

* Valores Máximos Permitidos, ** Não Especificado.

Fonte: Autores, 2026.

Tabela 3 - Resultados das análises de parâmetros físico-químicos, por titulação em laboratório.

Parâmetros	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	VMP*
Alcalinidade Total (mg/L de CaCO ₃)	20,66	16,66	28,66	14,00	26,00	NE**
Dureza Total (mg/L de CaCO ₃)	80,00	83,33	81,33	84,00	108,00	300
Cloretos (mg/L Cl)	0,02	0,02	0,03	0,08	0,04	250
CO ₂ Livre (mg/L de CO ₂)	3,33	3,33	4,00	4,00	1,67	NE**

* Valores Máximos Permitidos, ** Não Especificado.

Fonte: Autores, 2026.

A Dureza total da água é um parâmetro essencial para determinar sua qualidade e uso seguro para consumo humano, sendo causada principalmente pela presença de íons cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) (Silva *et al.*, 2017). Esses elementos podem originar dureza temporária, atribuída aos bicarbonatos, que se decompõem e precipitam como carbonatos insolúveis quando a água é aquecida, ou dureza permanente, decorrente de cloretos e sulfatos, que permanecem mesmo após a ebulição. A soma dessas duas formas define a dureza total, expressa em mg/L de carbonato de cálcio (CaCO_3).

A água pode ser classificada quanto à dureza em muito branda (<15 mg/L), branda (15–50 mg/L), moderadamente branda (50–100 mg/L), dura (100–200 mg/L) e muito dura (>200 mg/L) (BRASIL, 2014). Neste estudo, as análises *in situ* apresentaram valores de $P_1 = 0$, $P_2 = 0$, $P_3 = 25$, $P_4 = 50$ e $P_5 = 25$ mg/L, enquanto as análises em laboratório variaram entre 80,00 mg/L e 108,00 mg/L de CaCO_3 , classificando a água entre moderadamente branda e levemente dura. Essa variação entre os resultados das duas formas de análise pode estar relacionada ao fato de que as medições realizadas em campo, por meio de fitas reagentes, fornecem apenas uma estimativa qualitativa e rápida, enquanto as laboratoriais correspondem a um método quantitativo mais preciso. Apesar dessas diferenças, todos os valores encontrados estão abaixo do limite máximo permitido de 300 mg/L, estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021, não representando risco para o consumo humano.

Os valores de alcalinidade total variaram de 14,00 mg/L (P_4) a 28,66 mg/L (P_3) de CaCO_3 , indicando dispersão moderada entre os poços. Esse parâmetro, determinado principalmente por íons bicarbonato, carbonato e hidróxido, reflete a capacidade da água de neutralizar ácidos e manter o pH. Enquanto P_3 apresentou maior capacidade tampão, P_4 apresentou a menor, o que pode tornar a água mais sensível a variações de pH (Libânio, 2010).

Em relação aos cloretos, os valores encontrados nas amostras variaram entre 0,02 mg/L e 0,08 mg/L, estando significativamente abaixo do limite máximo permitido de 250 mg/L estabelecido pela portaria vigente. Concentrações elevadas podem conferir sabor salgado à água e aumentar a corrosividade em sistemas de distribuição, além de indicar possíveis fontes de contaminação, como intrusão salina, interação água-rocha ou aporte de efluentes domésticos e industriais. Resultados semelhantes foram observados em estudos de qualidade de águas subterrâneas, nos quais baixos teores de cloretos indicaram boa qualidade da água e ausência de influência significativa de sais dissolvidos (Branco *et al.*, 2024).

Quanto ao Gás carbônico livre (CO_2), os valores registrados variaram entre 1,67 mg/L e 4,00 mg/L. Embora não exista valor máximo permitido para esse parâmetro na legislação brasileira, sua presença está relacionada ao equilíbrio do sistema carbonato-bicarbonato da água e aos processos naturais de respiração biológica e decomposição da matéria orgânica. Em concentrações moderadas, o CO_2 pode influenciar o pH e contribuir para processos de corrosividade em sistemas de distribuição (Libânio, 2010).

Na tabela 2, as amostras P₄ e P₅ apresentaram valores correspondentes a 80 mg/L e 40 mg/L para carbonatos. Porém, esses compostos estão associados ao equilíbrio químico da água, influenciando a alcalinidade e o pH, e não representam risco à saúde nas concentrações encontradas.

Os parâmetros cloro livre, cloro total, ferro, cobre, chumbo, fluoreto, cloreto de amônia, bromo e nitrato apresentaram valores iguais a 0 mg/L nas análises com fitas reagentes, resultado que pode estar relacionado ao método qualitativo utilizado, que registra zero quando não há detecção perceptível (com mudança de cor).

De modo geral, os resultados refletem as condições socioambientais da Ilha de Lençóis, em Cururupu (MA), onde a população depende de poços como principal fonte de abastecimento. A ausência de coleta adequada de resíduos e o uso de fossas sépticas em solo altamente permeável, associados à influência das marés que frequentemente invadem áreas habitadas, podem favorecer a infiltração e o transporte de contaminantes para as águas subterrâneas utilizadas pela comunidade.

CONCLUSÃO

A análise físico-química e microbiológica da água dos poços que abastecem a comunidade da Ilha de Lençóis, em Cururupu-MA, revelou dados preocupantes sobre a qualidade da água e os riscos à saúde pública. A presença de coliformes totais e *Escherichia coli* em 100% das amostras analisadas aponta para contaminação microbiológica significativa, representando riscos para doenças de veiculação hídrica.

Do ponto de vista físico-químico, as temperaturas da água variaram entre 29,4°C e 30,1°C, o que pode comprometer a solubilidade do OD e favorecer o crescimento microbiológico, e o pH das amostras variou entre 6,4 e 7,0, estando dentro da faixa recomendada para potabilidade, mas com leve característica ácida.

Já a CE variou de 61,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 219 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a salinidade variou de 0,07 ppt a 0,32 ppt e os sólidos totais dissolvidos variaram de 74,9 a 309 ppm, evidenciando variações que podem indicar fontes de contaminação e alterações nas condições ambientais. Fora isso, a baixa concentração de OD, com valores chegando a 2,6 mg/L em algumas amostras, é um ponto crítico, sugerindo processos de degradação orgânica, e a Dureza total das águas variando entre 80 a 108 mg/L, sem impactos significativos para a saúde.

No entanto, os resultados apontam a necessidade urgente de medidas de gestão e monitoramento contínuo da qualidade da água, além de tratamentos adequados para garantir qualidade de vida e saúde a essa comunidade que tanto carece, sendo essas medidas reforçadas por estudos anteriores presentes na literatura que destacam a importância de políticas públicas e gestão dos recursos hídricos no melhoramento da qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

ALVITE, C. M. C; SILVEIRA, M. Inventário participativo do potencial de ecoturismo na Ilha dos Lençóis, Reserva Extrativista de Cururupu. In: **Anais-II Congresso de Natureza, Turismo e Sustentabilidade**. 2011. Disponível em: <http://2011.conatus.org.br/institucional.php?id=192>. Acesso em: 14 mar. 2026.

BARBOSA, E. C. *et al.* Análise físico-química e microbiológica da água de poços artesianos em condomínios no município de Vitória da Conquista - BA. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 11, n. 7, p. e47411730380, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i7.30380>. Acesso em: 15 mar. 2026.

BONG, C. W., *et al.* Prevalence and Diversity of Antibiotic Resistant *Escherichia coli* From Anthropogenic-Impacted Larut River. **Frontiers In Public Health**, [S.L.], v. 10, p. 1-15, 10 mar. 2022. Frontiers Media SA. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.794513>. Acesso em: 14 mar. 2026.

BRANCO, L. A.; RIEDEL, M. L. U.; MARTENDAL, A. CLORETO NA ÁGUA SUBTERRÂNEA DO IFC-CAMPUS CAMBORIÚ. **Anais da Feira de Iniciação Científica e Extensão (FICE) Campus Camboriú**, 2024. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/fice/article/view/5963/5035>. Acesso em: 16 mar. 2026.

BRASIL. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2014. 112 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade Brasília - DF. 2021.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 395, de 17 de março de 2005**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 de março de 2005, Seção 1, p. 64-68.

CAMPOS, N. R; DÓRIA, K. M. A. Análise temporal de coliformes fecais no Parque Natural Municipal do Rio Juqueriquerê - Caraguatatuba/SP. **UNISANTA Bioscience** Vol. 13 nº 4 (2024) p. 278-283. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14279115>. Acesso em: 14 mar. 2026.

CHEN, J. *et al.* Comparison of antibiotic-resistant *Escherichia coli* and extra-intestinal pathogenic *E. coli* from main river basins under different levels of the sewer system development. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, [S.L.], v. 263, p.115372, set. 2023. Elsevier BV. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115372>. Acesso em: 14 mar. 2026.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4ª ed. rev. Brasília: Funasa, 2013. 153 p. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/files_mf/manual_pratico_de_analise_d_e_agua_2.pdf. Acesso em: 14 mar. 2026.

HONORATO, A. L. L. *et al.* Análise microbiológica da água distribuída no Município de Piripiri-PI proveniente do Açude Caldeirão e de poços artesanais. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e895986318-e895986318, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.6318>. Acesso em: 15 mar. 2026.

IBGE. **Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS**. Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 mar. 2026.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Mais de 93 mil internações por doenças relacionadas à falta de saneamento ocorreram no Nordeste**. 2025. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/mais-de-93-mil-internacoes-por-doencas-relacionadas-a-falta-de-saneamento-ocorreram-no-nordeste/>. Acesso em: 2026.

JURCZYNSKI, Y.; PASSOS, R.; CAMPOS, L. A Review of the Most Concerning Chemical Contaminants in Drinking Water for Human Health. **Sustainability**, 2024, 16 (16), 7107. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/sui16167107>. Acesso em: 14 mar. 2026.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas: Átomo. 2010.

LIMA, J. M. S. de A. *et al.* Análise microbiológica da água dos poços da ilha de Lençóis no município de Cururupu-MA. **Anais Virtuais do ENQUIS**, 2024. Disponível em: <https://www.abq.org.br/enquis/trabalhos/136/A136T253761715785156.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2026.

LISBOA, E. G. *et al.* Modelagem fuzzy na avaliação do risco de contaminação das águas subterrâneas na ilha Algodal/Maiandeuá/PA. **Águas Subterrâneas**, v. 36, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/ras.v36i1.30027>. Acesso em: 14 mar. 2026.

LKP Diagnósticos. **Solução no controle de qualidade da água.** Instruções de uso do Kit COLItest®. Disponível em: <https://www.lkpdagnosticos.com.br/todosprodutos/testes-rapidos-para-agua/colitest-teste-cromogenico-e-fluorogenicopara-deteccao-de-coliformes-totais-e-ecoli> Acesso em: 14 mar. 2026.

NOWICKI, S. *et al.* The utility of *Escherichia coli* as a contamination indicator for rural drinking water: Evidence from whole genome sequencing. *PloS one*, 16(1), e0245910, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245910>. Acesso em: 14 mar. 2026.

OLIVEIRA, M. R. S. **Análise de pH e microbiológica da ilha de Guajerutiua – Cururupu – MA.** 2019. Monografia (Graduação em Farmácia) – Faculdade Florence, São Luís, 2019. Disponível em: http://www.consultabiblios.inforgeneses.com.br/formularios/repositorio_arquivos_tcc. Acesso em: 14mar. 2026.

PANIZZOLO, M. *et al.* Occurrence of human pathogenic viruses in drinking water and in its sources: a review. *Journal of Environmental Sciences*, Beijing, v. 132, p. 145-161, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.07.035>. Acesso em: 15 mar. 2026.

SILVA FILHO, E. D. da *et al.* Estudo da qualidade físico-química da água de poços tubulares pelo uso de um filtro natural feito com casca de arroz. *Revista OWL (OWL Journal)-Revista Interdisciplinar de Ensino e Educação*, v. 1, n. 3, p. 110-132, 2023. DOI:10.5281/zenodo.8419465. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8419465>. Acesso em: 15 mar. 2026.

SILVA, A. B. da *et al.* Parâmetros Físico-químicos da água utilizada para consumo nas escolas municipais da zona urbana de Esperança/PB. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental (Pombal - PB - Brasil)*, v. 11, n.01, p.36 - 41, jan-dez, 2017. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/download/4678/4086/16454>. Acesso em: 14 mar. 2026.

SILVA, M. K. M. da *et al.*, Análise da contaminação da água de poços artesianos no município de Pio XII, Maranhão. *Caderno Pedagógico, [S. l.]*, v. 21, n. 13, p. e12482, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n13-350>. Acesso em: 16 mar. 2026.

SILVA, R. M. M da. **Análise microbiológica da água dos poços em comunidade praiana do município de Cururupu-MA.** 2018. Monografia (Graduação em Farmácia) – Faculdade Florence, São Luís, 2018. Disponível em: http://www.consultabiblios.inforgeneses.com.br/formularios/repositorio_arquivos_tcc.php?token=db13134375880189f6ae629e8380e5aa7d6. Acesso em:14 mar. 2026.

SIMÕES, M. C., *et al.* Avaliação da qualidade da água de poços domésticos em comunidades rurais no Arquipélago de Marajó- PA. *Revista Brasileira de Geografia Física, [S. l.]*, v. 13, n. 5, p. 2462-2475, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.5.p2462-2475>. Acesso em: 15 mar. 2026.

SIQUEIRA, C. G.; LIMA, T. M.; SANTOS, M. Potabilidade da água de poços artesianos em comunidades rurais do agreste sergipano. *Águas Subterrâneas*, v. 35, n. 3, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/ras.v35i3.30112>. Acesso em: 15 mar. 2026.

WINCKLER, L. T. *et al.* Recursos hídricos da ilha dos Marinheiros (Rio Grande, RS): práticas e oportunidades. **Cadernos de Agroecologia**, v. 19, n. 1, 2024 (Anais do XII Congresso Brasileiro de Agroecologia, Rio de Janeiro, RJ). Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/7971>. Acesso em: 14 mar. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Drinking-water**. Geneva: WHO, 2022. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>. Acesso em: 15 mar. 2026.

XU, G. *et al.*. Fecalcoliform distribution and health riskassessment in surface water in an urban-intensive catchment. **Journal Of Hydrology**,[S.L.], v. 604, p. 127204, jan. 2022. ElsevierBV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127204>. Acesso em: 15 mar. 2026.

YU, D. *et al.* Evaluation of groundwater quality with multi-source pollution based on source identification and health risks. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 949, p. 175064, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175064>. Acesso em: 15 mar. 2026.