

DIAGNÓSTICO DA DUREZA TOTAL NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUAS LIMITAÇÕES PARA ABASTECIMENTO DOMÉSTICO NA CIDADE DE APODI - RN

Lucas Matheus Garcia Tôrres¹

Anderson Mikael de Souza Silva²

Filipe da Silva Peixoto³

Andreza Tacyana Felix Carvalho⁴

INTRODUÇÃO

No contexto de escassez hídrica em grande parte da região Nordeste do Brasil, de certo modo condicionada pelo clima semiárido, as águas subterrâneas são tidas como reservatórios hídricos estratégico para o abastecimento doméstico. As águas subterrâneas abastecem, de forma integral, 76 municípios do estado do Rio Grande do Norte (ANA, 2022).

O aquífero Açú se encontra aflorante na maior parte da área urbana deste município, estando a sua mancha urbana sobreposta a uma das principais áreas de recarga desse manancial (Tôrres, 2023). Dessa maneira, a expansão da mancha urbana torna-se preocupante, sobretudo com relação ao volume de efluentes domésticos, industriais e de serviços que estão sendo incorporado diretamente aos aquíferos que abastecem a cidade, o Aluvião e o Açú, em vista da falta de sistema de esgotamento sanitário.

Segundo Peixoto et al. (2022), a área ocupada da cidade de Apodi cresceu em 126% nos últimos 30 anos.

Arelado ao crescimento urbano e do aumento do consumo, tem-se percebido uma crescente demanda por água para usos consuntivos seja doméstico, industrial ou para atividades agropecuárias e, também, um aumento no risco de contaminação das águas subterrâneas (Peixoto; Cavalcante, 2019). Nesse quesito, embora não citado explicitamente na legislação nacional referente à qualidade de águas, a Portaria nº

¹ Doutorando em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia - PPGG/UFPB; lucas-matheus-@hotmail.com

² Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia - PPGEU/UERN; andersonsouza@alu.uern.br

³ Professor do Departamento de Geografia da UERN, do Programa de Pós-graduação em Geografia do PPGEU/UERN e do Programa de Pós-graduação em Ciências Naturais – PPGCN/UERN; felipepeixoto@uern.br

⁴ Professora do Departamento de Geografia da UERN e do Programa de Pós-graduação em Geografia do PPGEU/UERN; andrezafelix@uern.br

888/2021 do Ministério da Saúde (Brasil, 2021), indica o cálcio (Ca^{2+}), assim como o magnésio (Mg^{2+}) associado à dureza das águas, como importantes para a qualidade das águas para o consumo humano e seu padrão de potabilidade, além de outros usos como para irrigação e indústria (Fugita, 2018).

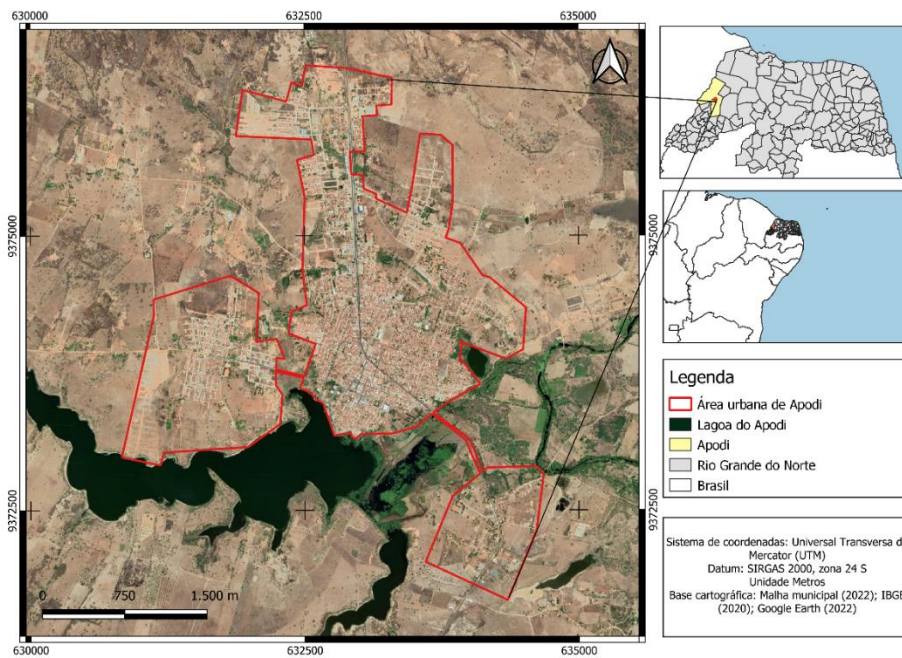
Silva e Migliori (2014) relatam que este íon confere um sabor salgado as águas quando encontrados com concentrações acima de 70 mg/L. Além do mais, os altos teores podem ser prejudiciais ao uso doméstico e industrial, originando depósitos e incrustações, em especial nas tubulações que transportam água quente (Gomes, 2013).

Nesse contexto, o trabalho objetivou avaliar os parâmetros físico-químicos cálcio (Ca^{2+}) e Mg^{2+} , além de determinar a dureza total das águas subterrâneas na área urbana de Apodi/RN, para tentar auxiliar na análise de qualidade das águas e possibilitar estudos futuros, que visem propor um melhor tratamento destas, visto que é a única fonte de água disponível, atualmente, para abastecimento urbano.

METODOLOGIA

O município de Apodi está situado no Oeste do estado do Rio Grande do Norte, inserido na região imediata quanto intermediária de Mossoró (IBGE, 2018), sob um clima semiárido, característico da parte setentrional do semiárido brasileiro (CONDEL, 2017). A área urbana do município (Figura 1) possui um território de 1.602,477 km². De acordo com o último censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Apodi possui 36.094 habitantes (IBGE, 2022).

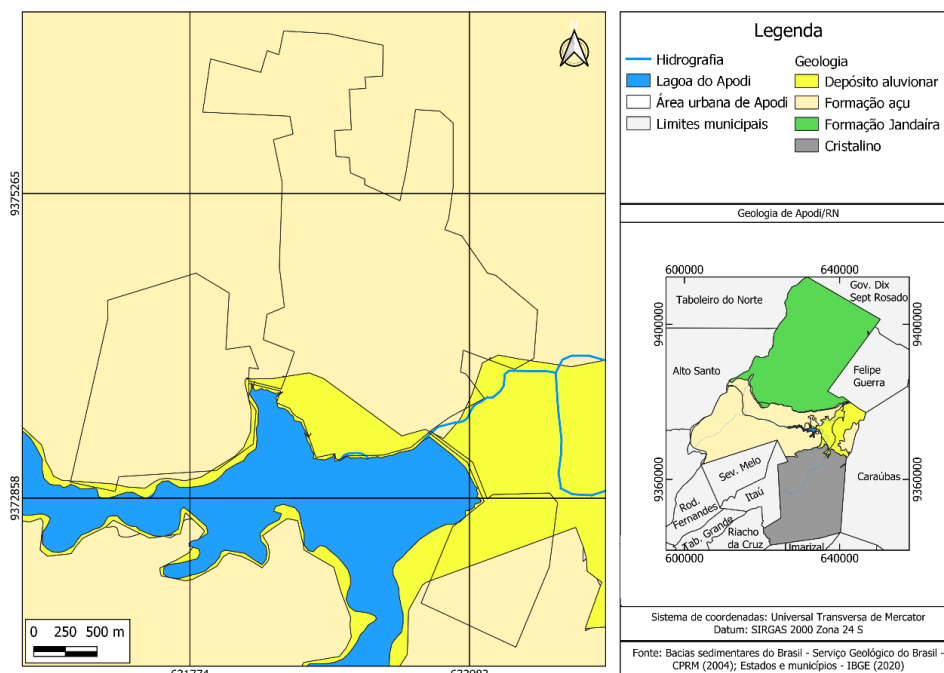
Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.



Autores, 2023

No contexto geológico, a área urbana do município de Apodi (Figura 2) está inserida na borda Sudoeste da Bacia Sedimentar Potiguar, cuja evolução geológica está associada ao processo de formação do oceano atlântico entre 140 e 100 milhões de anos.

Figura 2: Mapa geológico da área de estudo.



Autores, 2023

Inicialmente foram realizadas buscas na literatura (periódicos, livros, monografias, dissertações, teses e legislação brasileira), referências sobre os aquíferos, águas subterrâneas e os parâmetros físico-químicos cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) e dados secundários oriundos do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (SIAGAS/CPRM), sendo obtido o cadastro de 48 poços. Posteriormente, no meio urbano estudado, novos poços foram identificados em etapa de campo. A situação dos poços considerados na pesquisa está apresentada abaixo (Tabela 1).

Tabela 1: Situação dos poços encontrados na pesquisa

Situação	Poços cadastrados no SIAGAS/CPRM	Poços cadastrados em campo	Total
Ativos	7	57	64
Inativos	1	5	6
Não localizados	40	0	40

Autoria própria, 2022.

Após isso, foi selecionado 26 poços para coletar amostras de águas a partir dos seguintes critérios: Existência de perfil técnico-construtivo e litológico; Poços em situação de funcionamento; Distribuição espacial favorável à representatividade da área de estudo; Acesso ao poço em termos de segurança física; Poços voltados para o autoabastecimento urbano.

O processo de coleta das amostras dos 26 poços seguiu as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 9898 e do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (ABNT, 1987; APHA; AWWA; WEF, 2005). Antes de cada coleta de água, fez-se um bombeamento por cerca de 5 minutos em cada poço, seguido da lavagem do recipiente com a própria água do poço e finalmente fez-se a coleta e o armazenamento da amostra para análise laboratorial. A fase de coletas das amostras ocorreu no dia 21/12/2022; as amostras foram coletadas (Figura 8), rotuladas (Figura 9) e refrigeradas por cerca de 12 horas, até serem levadas ao laboratório, com o objetivo de preservar a maioria das características físicas, químicas e biológicas das águas.

Nesse contexto, foram feitas análises de 26 amostras dos parâmetros físico-químicos, cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), por titulação volumétrica no Laboratório de

Eletroquímica e Química Analítica - LEQA da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Campus Central. Além disso, determinou-se a dureza total das águas estudadas seguindo a classificação para a dureza em mg/L de CaCO_3 , proposta por Custódio e Llamas (1983) (Tabela 2).

Tabela 2: Classificação das águas subterrâneas a partir da dureza.

Tipo de água	Dureza total (mg/L CaCO_3)
Brandia	< 50
Pouco dura	50 – 100
Dura	100 – 200
Muito dura	> 200

Fonte: Custódio e Llamas (1983).

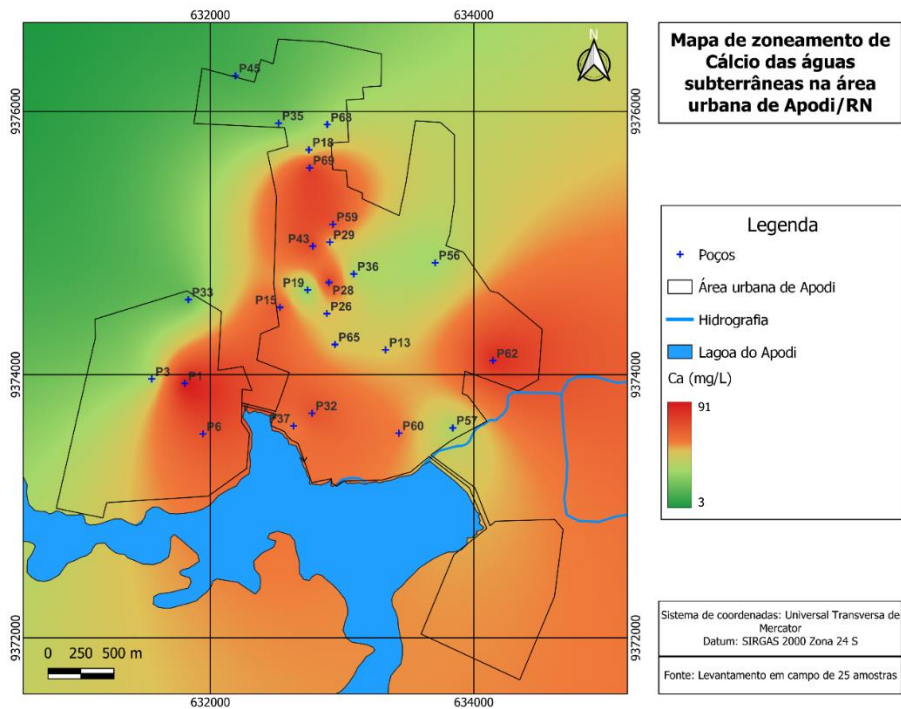
Para um melhor tratamento, análise e compreensão dos dados obtidos nesta pesquisa, fez-se espacializações com o auxílio do software QGIS versão 3.4 'Madeira' (Qgis development team, 2022). A integração espacial dos dados obtidos em campo às bases cartográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), possibilitando a classificação e o mapeamento dos poços. Gerou-se mapas para cada parâmetro de qualidade da água, considerado relevante para um direcionamento da questão da qualidade da água subterrânea na área urbana do município.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Ca^{2+} e o Mg^{2+} estão associados diretamente à dureza das águas. Na área de estudo, as menores concentrações de Ca^{2+} encontram-se na porção norte da cidade, em poços com uma profundidade acima de 86 metros. Nos locais de maior concentração desse íon pode haver presença de depósitos calcilutíticos no aquífero Açú, portanto o mais provável é a condicionante litológica (Figura 3).

As concentrações de Ca^{2+} variaram entre 3,6 mg L⁻¹ e 90,2 mg L⁻¹, apresentando uma média de 48,4 mg L⁻¹, mediana em 43,3 mg L⁻¹ e o desvio padrão 25,15 mg L⁻¹. De acordo com a legislação, não há um valor máximo permitido para cálcio. Contudo, esse íon é muito relacionado à dureza, sendo importante na caracterização hidroquímica, e limitação da água para certos tipos de usos. a presença de sais de metais alcalino-terrosos associa-se à dureza total (Pires; Vaitsman; Dutra, 2007)

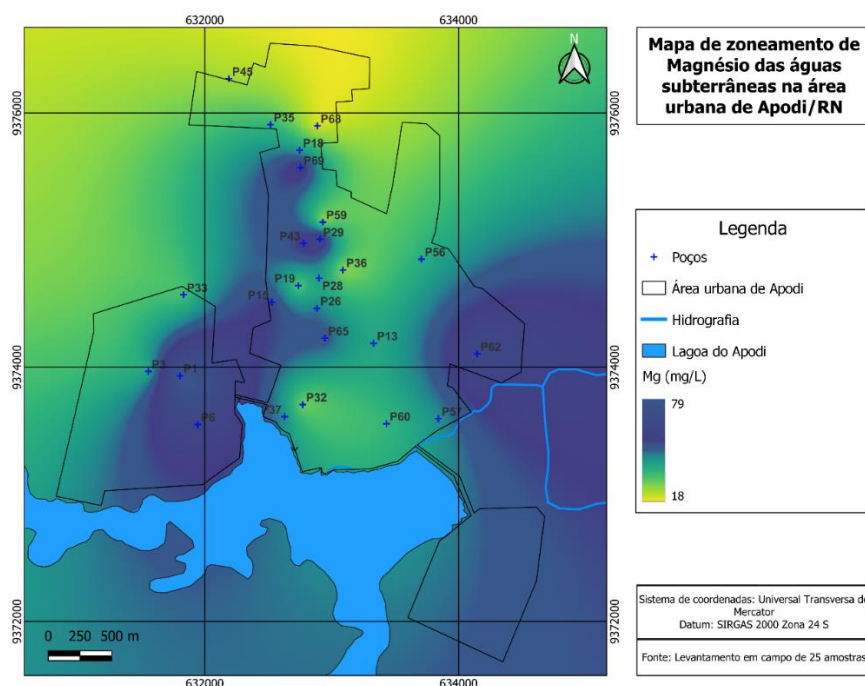
Figura 3: Mapa de zoneamento de Cálcio nas águas estudadas



Autores, 2023

Com relação ao Mg^{+2} , viu-se que os teores apresentaram o valor mínimo de 19,7 mg L⁻¹ e o valor máximo de 83,1 mg L⁻¹. A média ficou em 44,8 mg L⁻¹, mediana de 41,6 mg L⁻¹ e desvio padrão de 16,6 mg L⁻¹. Assim como o cálcio, este íon está relacionado à dureza e produz gosto salobro às águas. As maiores concentrações de Ca^{2+} estão relacionadas positivamente e especialmente com a concentração de magnésio. Isso pode vir a tornar as águas duras, visto que. Os poços com os maiores índices desse íon foram o P1, P6, P29 e P62 (Figura 4).

Figura 4: Mapa de zoneamento de magnésio nas águas estudadas.



Autores, 2023

Analisando a dureza total a partir da proposta metodológica de Custódio e Llamas, (1983), constatou-se que esse parâmetro variou entre 27,7 mg L⁻¹ e 169,7 mg L⁻¹. Assim, todas as águas estão com a dureza dentro do valor máximo permitido, que é de 300 mg L⁻¹. A média do parâmetro ficou em 93,3 mg L⁻¹, mediana em 91,4 mg L⁻¹ e o desvio padrão 38,54 mg/L L⁻¹. Dentre os dados da figura abaixo observa-se 2 valores anômalos, estes correspondem aos P1 e P50.

Os poços P1, P6, P15, P29, P43, P62 e P69 possuem os maiores índices de cálcio da área estudada, sendo poços que captam águas do aquífero Açu e, possivelmente, com influência de níveis de depósito de calcilutitos. Além disso, os poços mencionados também estão com os maiores valores de magnésio, corroborando com Gray (2008), que relata a composição da dureza total como sendo causada pela presença de carbonato de cálcio (CaHCO₃), carbonato de magnésio (MgHCO₃).

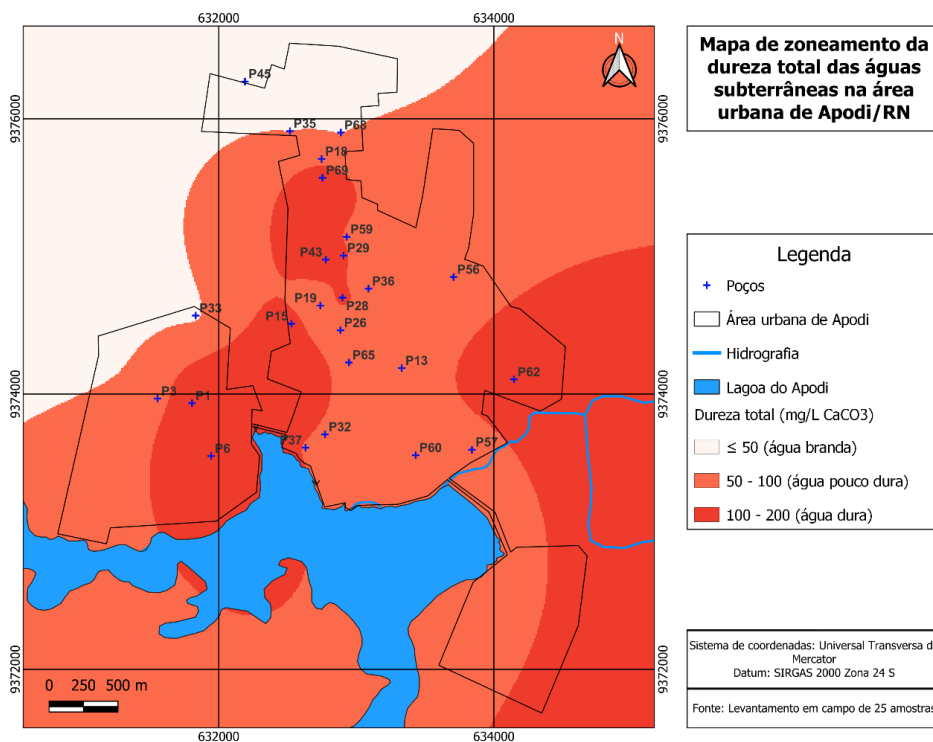
Uma água com dureza inferior a 60 mg/L pode ser agressiva e ocasionar fenômenos de corrosão no sistema de abastecimento. Adversa a essa, uma água com dureza acima de 180 mg/L de CaCO₃ pode aguçar à formação de incrustações nas canalizações, conforme menciona Gray (2008, p. 204):

[...] A dureza da água foi originalmente medida pela capacidade da água de neutralizar a espuma do sabão, pois esse é um dos principais problemas da

água muito dura. [...] As águas macias são mais agressivas do que as águas duras, aumentando a corrosão dos canos de cobre e chumbo. Acima de uma dureza de 150-200 mg L⁻¹, a incrustação se torna um problema [...] (tradução nossa).

Em relação à dureza total, segundo a classificação de Custódio e Llamas (1993), a área estudada apresentou águas brandas (7,69%) a norte, pouco duras (57,7%) a oeste, centro-sul e nordeste, e muito duras (34,61%) em pontos específicos a centro-oeste e leste de Apodi (Figura 5).

Figura 5: Mapa de zoneamento de dureza total nas águas estudadas.



Autores, 2023

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise da variação espacial da dureza das águas dos poços observados na área urbana de Apodi, constata-se que as áreas de formação aluvionar e formação Açú, possuem águas com valores de dureza similares. Essas águas, que apresentam dureza superior a 120 mg/L de CaCO₃ e não passam por tratamento específico, podem representar um risco à saúde da população que as utiliza.

A dureza da água é um parâmetro importante para diagnóstico qualitativo e compatibilização com os usos prevalentes. Além dos impactos na saúde humana, a alta dureza da água pode danificar sistemas de tubulação, eletrodomésticos e reduzir a

eficiência de detergentes, provocando a partir desse último, o uso exacerbado do produto e, conseqüente, maior poluição das águas residuárias.

Nesse contexto, em que essas águas são fundamentais para a segurança hídrica da população. Implementar medidas de controle e tratamento das águas subterrâneas no município, bem como regulamentar a exploração dos recursos hídricos, são ações indispensáveis para a segurança do abastecimento de água para a população e conservação do aquífero.

Palavras-chave: Abastecimento urbano; Qualidade das águas; Segurança hídrica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES por financiar esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (1987). **NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro: ABNT

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT – APHA; AWWA; WEF (2005) **tandard methods for the examination of water and wastewater**. 21st ed. Washington DC: APHA; AWWA; WEF.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano (2021)**. Brasília (Brasil). <http://atlas.ana.gov.br> Acesso em 06 de junho de 2024.

BRASIL. **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, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html Acesso em 17 de maio de 2024.

CONDEL – Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Resolução nº 107, de 27 de julho de 2017**. Estabelece critérios técnicos e científicos para a delimitação do semiárido brasileiro e procedimentos para a revisão de sua abrangência. Disponível em: https://www.lex.com.br/legis_27508570_RESOLUCAO_N_107_DE_27_DE_JULHO_DE_2017.aspx Acesso em 23 de maio de 2024.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrologia Subterrânea**. 2. ed. Barcelona: Omega. 1983. vol. 2.

GRAY, N. F.. **Drinking Water Quality – Problems and Solutions**. 2nd edition, Cambridge University Press, 2008.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico - 2022**. Resultados gerais da amostra. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Regiões de Influência das Cidades 2018 (REGIC)**. Rio de Janeiro: 2020a. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101728>. Acesso em: 10 de março de 2022.

FUGITA, S. R. **Fundamentos de controle de poluição das águas**. São Paulo: Companhia das Ambientais do Estado de São Paulo, 2018.

PEIXOTO, F. da S.; TÔRRES, L. M. G.; FERREIRA, I. C. da S.; SOUZA FILHO, J. C. S. de. Risco de contaminação da água subterrâneas associada ao uso e cobertura do solo urbano em Apodi-RN. **Revista Acta Hidrogeográfica**, v. 1, p. 1 – 18, 2022.

PEIXOTO, F. da S., & CAVALCANTE, I. N. (2019). Vulnerabilidade aquífera e risco de contaminação da água subterrânea em meio urbano. **Geologia USP. Série Científica**, 19(2), 29-40. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v19-142384>.

PEIXOTO, F. S.; DIAS, G. H.. Hidrogeologia da porção oeste da Bacia Potiguar: aspectos quantitativos e problemática para gestão da água subterrânea. IN: PEIXOTO, F. S.; GUEDES, J. A.; GRIGIO, A. M.; DIAS, G. H.; DIODATO, M.A. (orgs). **Hidrogeografia e gestão das águas no semiárido**. Mossoró, RN: Edições UERN, 2023

PIRES, L. C. M.; VAITSMAN, D. S.; DUTRA, P. B.. **Diagnóstico químico preliminar da qualidade das águas superficiais do Parque Nacional da Serra dos Órgãos e entorno**. Rio de Janeiro: Ciência e conservação da serra dos órgãos, 2007.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Versão 3.28.2 'Firenze'2022. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em: 30 de agosto de 2023.

SIAGAS - **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas**. 2015. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acesso em: 30 de março de 2022.

SILVA, J. J. F. da; MIGLIORINI, Renato Blat. Caracterização das águas subterrâneas do aquífero furna na região sul do estado do Mato Grosso. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 33, n. 2, p.261-277, 2014.

TÔRRES, L. M. G.. **Escassez e contaminação: desafios para conservação das águas subterrâneas em pequenas cidades no semiárido brasileiro**. Dissertação de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais – PPGCN. Mossoró, 2023