



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE – CES
UNIDADE ACADÊMICA DE BIOLOGIA E QUÍMICA – UABQ
LICENCIATURA EM QUÍMICA

LEANDRO SOARES MALAQUIAS

ESTUDO FÍSICO-QUÍMICO DE ÁGUA DOS AÇUDES DA REGIÃO RURAL DE
CONCEIÇÃO-PB

CUITÉ-PB

2023

LEANDRO SOARES MALAQUIAS

**ESTUDO FÍSICO-QUÍMICO DE ÁGUA DOS AÇUDES DA REGIÃO RURAL DE
CONCEIÇÃO-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Licenciatura em Química
do Centro de Educação e Saúde da Universidade
Federal de Campina Grande – Campus Cuité, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Fabián Velardez

CUITÉ-PB

2023

M237c Malaquias, Leandro Soares.

Estudo físico-químico de água dos açudes da região rural de Conceição - PB. / Leandro Soares Malaquias. - Cuité, 2023.
51 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, 2023.

"Orientação: Prof. Dr. Gustavo Fabián Velardez".

Referências.

1. Água. 2. Água de açude. 3. Água de açude - Conceição - PB. 4. Água de açude - qualidade. 5. Açude - qualidade da água. 6. Água doce - estudo físico químico. I. Velardez, Gustavo Fabián. II. Título.

CDU 556(043)

LEANDRO SOARES MALAQUIAS

**ESTUDO FÍSICO-QUÍMICO DE ÁGUA DOS AÇUDES DA REGIÃO RURAL DE
CONCEIÇÃO-PB**

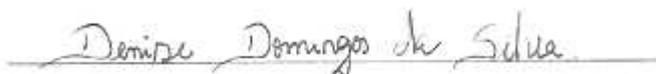
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Licenciatura em
Química do Centro de Educação e Saúde da
Universidade Federal de Campina Grande –
Campus Cuité, como requisito parcial para a
obtenção do título de Licenciado em Química.

Trabalho aprovado em 20 de novembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Gustavo Fabián Velardez (Orientador)
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)



Prof.^a Dr.^a. Denise Domingos da Silva (Examinador)
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)



Prof. Dr. Paulo Sérgio Gomes da Silva (Examinador)
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Agradeço imensamente aos meus pais, Angela Maria e Antônio Malaquias, e à minha querida tia Socorro, sendo os pilares e a inspiração para a realização deste sonho. Aos meus irmãos e amigos, quero expressar meu profundo agradecimento pelo apoio inabalável, confiança, amor e paciência infinita ao longo desta jornada. Vocês são meus tesouros e heróis silenciosos que estão sempre ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por toda a capacitação, oportunidades, disposição, sabedoria e saúde que tem me proporcionado ao longo de minha trajetória.

A minha família, particularmente meus pais, Angela e Antônio. A minha tia Socorro e os meus irmãos, Antônio e Cícero. As minhas irmãs Natalia e Leandra, pelo amor, carinho e apoio emocional e estrutural para alcançar este objetivo. AMO VOCÊS.

Ao meu professor orientador Gustavo e ao grupo de pesquisa que sempre estiveram presentes, tanto no processo de análises quanto na escrita do TCC.

Aos meus amigos dos CES. Camila, Jennyfer, Fernando, Lilyane, Lidiane, Emily, Vinicius, Anderson, Aldair, Isac, Cleano, Ismael, Alandelon, Jemesson, Abimael, Alanderson, Matheus, Higor, João Paulo, João Pedro, Ivna Maria. O meu eterno agradecimento pela ajudar e apoio durante o curso, saibam a presenças de vocês fizeram toda a diferença.

Aos meus sobrinhos Kaellyson, Samira e Alleff e ao meu primo Henrique por todos os momentos de descontração e bagunça.

Aos meus amigos da vidinha; Moisés, Thiago, Eduardo, Sarah, Andrey, Natan, Kallyne, Mariane, Emily, Nayara, Murilo, Diego, Eduarda, Maria Eduarda, Rafael, Joissy, Nataly, Ruthy, Lucas, Fagner, Cauã, Guilherme, Vitória, Paulo, Janielsom, Carlos e Milena. Nunca desistiram de mim, mesmo nos momentos mais difíceis, minha gratidão é eterna.

Ao Curso de Química da UFCG/CES, e às pessoas com quem convivi nesses espaços ao longo desses anos.

O professor Paulo Sergio pela paciência e as oportunidades e a professora Denise Domingos; pela orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão desta monografia e por aceitarem ao convite para comporem a banca do TCC.

A todos os professores do curso, que participaram de minha vida acadêmica e no desenvolvimento deste trabalho, principalmente ao professor José Carlos.

Então, agradeço a todas as pessoas que me apoiaram e torceram por mim ao longo dessa jornada mesmo estando ciente da minha desmotivação. Muito obrigado!

“Seja O Protagonista De Sua Própria História”
(Robert Collier)

RESUMO

O estudo aborda a relevância da água como um recurso indispensável para a vida. No entanto, a qualidade da água tem diminuído significativamente devido à contaminação nos principais cursos de água doce. Destacando que água de qualidade deve estar de acordo com padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Assim a caracterização dos parâmetros físico-químicos permite a avaliação do estado da água, identificar possíveis contaminações ou alterações em suas propriedades é de fundamental importância para compreender a qualidade e a adequação para diversas atividades humanas. O objetivo desse estudo é caracterizar os parâmetros físico-químicos: pH, Condutividade Elétrica, Alcalinidade, Dureza, Turbidez e Cloretos, analisar os resultados obtidos e comparar com os padrões de potabilidade de água, estabelecidos pelas portarias n.º 5/2017 e n.º 888/2021 do Ministério da Saúde. No presente estudo foram efetuadas análises em replicadas de amostra de água coletada de cinco açudes da área rural de Conceição-PB, notadamente os açudes: Arraial, Novo, Brunos, Euzébio e Porções, essenciais para o abastecimento local. Os resultados indicaram conformidade, verificou-se que os parâmetros físico-químicos de todas as amostras analisadas, estão segundo os padrões de potabilidade. Portanto, podem ser utilizadas para fornecimento seguro e adequado de água para atividades humanas, porém é necessário um monitoramento periódico da qualidade considerando diferentes épocas de chuva e seca, e em diferentes seções dos açudes isso permitirá obter uma avaliação mais abrangente e precisa.

Palavras-chave: Açudes, Parâmetros físico-químicos, Qualidade de água.

ABSTRACT

The study addresses the importance of water as an indispensable resource for life. However, water quality has declined significantly due to contamination in the main freshwater streams. Highlighting that quality water must comply with standards established by the Ministry of Health. Thus, the characterization of physicochemical parameters allows the assessment of water status, identifying possible contamination or alterations in its properties is of fundamental importance for understanding the quality and suitability for various human activities. The aim of this study was to characterize the physicochemical parameters: pH, Electrical Conductivity, Alkalinity, Hardness, Turbidity and Chlorides, analyse the results obtained and compare them with the water potability standards established by Ministry of Health ordinances 5/2017 and 888/2021. In this study, replicate analyses were carried out on water samples collected from five dams in the rural area of Conceição-PB, notably the following dams: Arraial, Novo, Brunos, Euzébio and Porções, which are essential for local water supply. The results indicated that the physicochemical parameters of all the samples analyzed met the drinking water standards. Therefore, they can be used to provide a safe and adequate supply of water for human activities, but periodic monitoring of the quality is necessary, considering different rainy and dry seasons, and in different sections of the reservoirs, which will allow a more comprehensive and accurate assessment to be made.

Keywords: Weirs, Physico-chemical parameters, Water quality

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 – Localização de Conceição – PB.....	27
Figura 2 – Localização dos Açudes em Conceição – PB.....	28
Figura 3 – Açude do Arraial.....	29
Figura 4 – Açude dos Brunos.....	29
Figura 5 – Açude de Euzébio.....	29
Figura 6 – Açude de Euzébio.....	29
Figura 7 – Açude dos Porções.....	29
Figura 8 – pHmetro.....	31
Figura 9 – Condutímetro.....	32
Figura 10 – Fluxograma da análise de Alcalinidade.....	33
Figura 11 – Fluxograma da análise de Dureza.....	34
Figura 12 – Turbidímetro.....	34
Figura 13 – Fluxograma da análise de cloretos.....	35

GRÁFICOS

Gráfico 1 – Precipitação pluviométrica em Conceição 15/03/2023 a 02/04/2023.....	30
Gráfico 2 – Medidas de pH.....	37
Gráfico 3 – Medidas de CE.....	38
Gráfico 4 – Medidas do Teor de Turbidez.....	39
Gráfico 5 – Medidas de Dureza de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Dureza total.....	40
Gráfico 6 – Medidas do Teor alcalinidade.....	41
Gráfico 7 – Medidas do Teor de Cloretos.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificada da dureza da água.....	25
Tabela 2 – Amostras dos açudes e distritos.....	30
Tabela 3 – Medidas de pH.....	37
Tabela 4 – Medidas de valores médios de CE.....	38
Tabela 5 – Medidas de valores médios do teor de Turbidez.....	39
Tabela 6 – Medidas dos Valores Médios de Dureza de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Dureza total.....	40
Tabela 7 – Medidas de Valores Médios do Teor Alcalinidade.....	41
Tabela 8 – Medidas de Valores Médios Teor de Cloretos.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas
ANA	Agência Nacional das Águas
<i>APHA</i>	<i>American Public Health Association;</i>
<i>AWWA</i>	<i>American Water Works Association</i>
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba.
CE	Condutividade Elétrica
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DIHR	Instituto Dinamarquês de Direitos Humanos
<i>EC</i>	<i>European Commission.</i>
EMATER	Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural
<i>FAO</i>	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MS	Ministério da Saúde
NET	Negro de Eriocromo T
NTU	Unidade Nefelométrica de Turbidez (<i>Nephelometric Turbidity Unit</i>)
OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
<i>UNESCO</i>	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
<i>USEPA</i>	<i>Annual Compliance Report for Public Water</i>
VMP	Valor Máximo Permitido
<i>WHO</i>	<i>World Health Organizatio</i>
<i>WEF</i>	<i>Water Environment Federation</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

m^3	Metro cúbico
σ_x	Desvio padrão
\bar{x}	Média da amostra
Σ	Somatório
$^{\circ}C$	Grau Celsius
$g. mol^{-1}$	Gramas por mol
Km^2	Quilômetro quadrado
Km	Quilômetro
$mg. L^{-1}$	Miligramas por litro
mL	Mililitro
$mS.m^{-1}$	MiliSiemens por metro
pH	Potencial Hidrogeniônico
ε	Erros estatísticos
$\mu S.cm^{-1}$	MicroSiemens por centímetro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
3.1 ÁGUA NO GLOBO, ESCASSEZ E POLUIÇÃO	18
3.2 ÁGUA NO BRASIL.....	20
3.2.1 Nordeste e Semiárido.....	20
3.2.2 Água em Conceição-PB	21
3.3. ÁGUAS PARA O CONSUMO HUMANO	22
3.4 ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA	23
3.4.1 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	24
3.4.2 Condutividade Elétrica	24
3.4.3 Turbidez.....	25
3.4.4 Alcalinidade.....	25
3.4.5 Dureza Total	26
3.4.6 Cloretos.....	27
4 METODOLOGIA.....	28
4.1 ÁREA DE ESTUDO	28
4.2 COLETA DAS AMOSTRAS	29
4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	31
4.3.1 pH	32
4.3.2 Condutividade Elétrica	33
4.3.3 Alcalinidade.....	33
4.3.4 Dureza Total	34
4.3.5 Turbidez.....	35
4.3.6 Teor de Cloretos	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS	37

5.1.1	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	38
5.1.2	Condutividade Elétrica	39
5.1.3	Turbidez.....	40
5.1.4	Dureza Total	41
5.1.5	Alcalinidade.....	42
5.1.6	Cloretos.....	43
6	CONCLUSÕES.....	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A água representa um elemento crucial para a existência de vida no Planeta e exerce uma função primordial em variadas ações humanas (Tundisi, 2020). No entanto, a qualidade da água disponível pode variar significativamente devido a uma série de fatores, como a geologia, o clima, as atividades humanas e a poluição ambiental (OMS, 2020). Singh, (2001) diz que *“A água é vida, e a vida na Terra depende dela. Mas a água também é escassa, e precisamos cuidar dela como o tesouro que é.”*

Cerca de dois terços da superfície do Planeta Terra são cobertos por água. Próximo de 97,5% dessa água é salgada presente nos oceanos e mares com alta concentração de sais minerais. Aproximadamente 2,5% da água na Terra é água doce (ONU, 2019). Do total de água doce, a maior parte está congelada em geleiras e calotas polares, outra grande parte dessa concentração é água subterrânea: está presente em aquíferos, que são camadas de solo ou rocha permeáveis capazes de armazenar água (De Vargas, 2023). Uma pequena fração, de água doce está disponível como água superficial, no que se refere à água encontrada em rios, lagos e reservatórios, é acessível para uso humano e para várias atividades (Menezes, 2019). *“A água é o sangue da Terra; fluindo, purificando, nutrindo, regenerando. É o nosso recurso mais essencial e precioso”* (Cousteau, 2008).

A escassez de água é um desafio global complexo e multifacetado que afeta não apenas as regiões áridas, mas também áreas consideradas tradicionalmente mais abundantes em recursos hídricos (UNESCO, 2020). A crescente demanda por água devido ao aumento populacional, urbanização e expansão industrial tem contribuído para a pressão sobre os recursos hídricos. Apenas 1% da água doce está disponível, considerando a qualidade, é utilizada em diversas atividades: consumo, indústrias, agricultura, energia, vida selvagem e flora, entre outros usos (Herrera, 2019; OECD, 2015). As mudanças climáticas aumentam a frequência e a intensidade de secas, agravando ainda mais a situação (Marengo, 2019).

O Brasil abriga aproximadamente 11,6% da água doce superficial disponível no Planeta, sendo a maior parcela concentrada na região Norte, especialmente na Amazônia, responsável por cerca de 70% desse recurso, os restantes 30% estão distribuídos de maneira diversificada naturalmente pelas demais regiões, visando suprir as necessidades de uma vasta parcela da população brasileira (CONAMA, 2020).

O Nordeste do Brasil é uma região caracterizada por uma distribuição irregular de recursos hídricos, enfrentando desafios significativos de escassez de água. De acordo com dados hidrográficos, a região Nordeste abriga cerca de 6 % do volume total de água doce

disponível no país (CETESB, 2019). No entanto, a variabilidade climática, com a presença de longos períodos de seca e chuvas sazonais concentradas, contribui para uma situação de vulnerabilidade hídrica (Braga, 2019).

Em muitos cenários, nos deparamos com a circunstância em que a qualidade da água não atende às características necessárias para uma atividade ou uso específico: tal como consumo humano, irrigação agrícola, abastecimento industrial, entre outros (OMS, 2020). Essa discrepância é frequentemente atribuída a não conformidade com os parâmetros físico-químicos estabelecidos pelo Ministério da Saúde (MS) (BRASIL, 2019). Portanto, a análise meticulosa dos parâmetros físico-químicos se torna essencial para assegurar a qualidade da água em questão, permitindo que medidas adequadas sejam tomadas para torná-la apta ao uso pretendido, a gestão e o uso eficiente da água se tornam vitais para enfrentar esses desafios (Sousa, 2022; Haarstrick, 2022).

Neste contexto, o presente estudo visa efetuar análises dos parâmetros físico-químicos presentes em amostras de água coletadas de cinco diferentes açudes localizados nas áreas rurais de Conceição-PB, (distrito de Mata Grande e Montevidéu). Esses açudes desempenham um papel crucial no fornecimento de água para as comunidades locais. As análises conduzidas compreendem a avaliação de fatores como pH, condutividade elétrica, alcalinidade, dureza, além da avaliação da turbidez e teor de cloretos presentes nas amostras.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar análises físico-químicas de amostras de água coletada em cinco diferentes açudes nas áreas rural de Conceição, (distritos de Mata Grande e Montevidéu). (Arraial; Brunos; Euzébio; Novo e Porções) e comparar os resultados obtidos com os padrões de potabilidade de água estabelecidos pela Portaria n.º 5, de 28 de setembro de 2017 e a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde (MS).

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar os parâmetros físico-químicos: pH, Condutividade Elétrica, Alcalinidade, Dureza, Turbidez e Teor de Cloretos, das amostras de água provenientes de cinco açudes da zona rural de Conceição (PB).
- Analisar os resultados obtidos comparando-os com os padrões de potabilidade de água estabelecidos pela Portaria n.º 5/2017e a nº 888/2021 do Ministério da Saúde.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Água no Globo, Escassez e Poluição

Água é um recurso essencial para a sustentação da vida no Planeta, desempenhando um papel vital em diversos ecossistemas e atividades humanas (Gomes, 2019). A água, que cobre aproximadamente 71% da superfície da Terra, é distribuída entre; salgada e doce, e está sujeita a fluxos complexos e interações dentro do sistema hidrológico global. Cerca de 97,5%, está nos oceanos sendo água salgada, o que a torna inacessível para a maioria dos usos humanos devido ao seu alto teor de sal (Alcoforado, 2019). Os recursos hídricos são finitos com uma importância fundamental no avanço econômico e sócias. Os principais consumidores dos recursos hídricos incluem o fornecimento de água para fins humanos, animais, atividades industriais, produção de energia e práticas de irrigação (Lima, 2019; EC, 2018).

A desigualdade da água doce pelo Globo é um dos principais desafios enfrentados, aproximadamente 67% da água doce está armazenada nas calotas polares e geleiras, inacessíveis para muitas regiões, uma parte significativa está subterrânea, nos aquíferos, acessível por poços (Brito, 2019). O restante encontra-se em rios, lagos e reservatórios, com disponibilidade variando sazonalmente e conforme as condições climáticas (Chandio et al., 2020; UNESCO, 2022). O consumo global de recursos hídricos aumentou exponencialmente, registrando um aumento de seis vezes ao longo dos últimos cem anos, com um crescimento contínuo desde a década de 1980, mantendo uma taxa anual de incremento de aproximadamente 1%, essa notável expansão pode ser atribuída, na maioria, ao crescimento populacional, o progresso econômico e modificações nos padrões de consumo (AQUASTAT, 2018). Enquanto algumas regiões enfrentam escassez hídrica crônica, como partes da África e Oriente Médio, outras são favorecidas com abundância hídrica, como a América do Sul e partes da Ásia têm maior disponibilidade de água, porém enfrentam desafios de poluição e gestão sustentável (ONU, 2020; UNICEF, 2020).

No entanto, independentemente da localização, a crescente contaminação dos corpos de água devido à poluição agrícola, industrial e doméstica representa um desafio global (UNESCO, 2019). A escassez de água doce é uma realidade para muitas regiões, resultante não apenas do aumento populacional, mas também das mudanças climáticas. A variação nos padrões de precipitação e o derretimento acelerado das geleiras afetaram a disponibilidade de água em várias áreas do mundo. A interconexão entre escassez de água, desperdício e seus impactos econômicos, ambientais e sociais é fundamental para entender as complexidades dessa

temática. (OMS, 2019). Segundo o Banco Mundial (2019), até 2050, a escassez hídrica, exacerbada pela mudança climática, pode custar a algumas regiões até 6% de seu Produto Interno Bruto (PIB) devido a impactos relacionados à água na agricultura, na saúde e na renda, o que tem o potencial de estimular migrações e até mesmo conflitos. A taxa contínua de perda e degradação dos ecossistemas de água doce e a perda de biodiversidade também continuam sendo as mais altas entre todos os tipos de ecossistemas (UNO, 2021).

A qualidade dos recursos hídricos tem diminuído significativamente devido à contaminação nos cursos de águas doce. A poluição hídrica é resultante da alteração das propriedades físico-químicas ou biológicas (Libânio, 2010). A introdução excessiva de poluentes químicos, nutrientes em excesso, sedimentos e poluentes biológicos, estão entre as principais fontes de poluição, suas origens estão ligadas, sobretudo, ao progresso das atividades produtivas humanas (USEPA, 2014). A poluição da água potável é uma preocupação global que afeta a qualidade e disponibilidade desse recurso essencial. A contaminação da água compromete a saúde dos ecossistemas aquáticos e representa uma ameaça direta à saúde humana, a demanda por água de qualidade combinada com a crescente urbanização, a industrialização descontrolada e práticas inadequadas de gestão de resíduos têm contribuído para a contaminação das fontes de água, comprometendo a segurança da água potável provocando a perda de sua qualidade e da sua potabilidade (DIHR, 2014).

No contexto global é pertinente observar que a agricultura irrigada continua a representar uma parcela significativa, correspondendo a 70% da captação total de água doce (Gontijo, 2019). A água é um recurso crítico para a produção de alimentos, e a *Food and Agriculture Organization* (FAO), trabalha para garantir que as práticas agrícolas sejam sustentáveis e eficientes em termos de uso de água doce (Cotruvo, 2017). A organização fornece orientações e apoio técnico para melhorar a gestão da água na agricultura, reduzindo o desperdício e a poluição (Porto et al., 2017). O uso de água potável para a agricultura por meio de sistemas de irrigação desempenha um papel vital na produção de alimentos, mas também tem implicações significativas na qualidade e disponibilidade de água (FAO, 2017). O uso de água potável para irrigação pode afetar a qualidade da água em várias maneiras. O retorno da água de irrigação ao solo pode arrastar nutrientes, pesticidas e minerais, resultando na contaminação do solo e da água subterrânea. Essa contaminação pode afetar negativamente a qualidade da água potável e a saúde dos ecossistemas aquáticos (OMS, 2019).

3.2 Água no Brasil

O Brasil detém a maior reserva de recursos hídricos do mundo, representando aproximadamente 13,7% do total global. O perfil hidrográfico do país é notável por sua amplitude, destacando-se o rio Amazonas, que ostenta o título de maior rio em termos de volume de água do Planeta (ANA, 2019). Ademais, é imperativo mencionar o Aquífero Guarani, preeminente na configuração do cenário hídrico, sendo uma das maiores reservas subterrâneas de água doce do globo terrestre (ANA, 2020). O Brasil é um país com uma rica variedade de recursos hídricos. A abundância aparente muitas vezes mascara desafios subjacentes, como desigualdades regionais na distribuição da água, poluição decorrente da urbanização e das atividades indústrias (Tucci, 2019). Embora o Brasil possua ampla disponibilidade de recursos hídricos, essa abundância não se estende igualmente a todas as regiões do país.

Em relação ao saneamento e saúde, o Brasil consegue atender a uma parcela considerável de sua população, correspondendo a 84,2% de seus residentes. No entanto, é importante destacar que ainda existe um número significativo de pessoas, aproximadamente 35 milhões, que não têm acesso a esse serviço, essa situação ressalta a necessidade de foco em políticas públicas de infraestrutura para abordar essa lacuna de atendimento (Trata Brasil, 2022).

No Brasil, a água é usada em diversas atividades tais como irrigação, fornecimento público de água, processos industriais, produção de energia, bem como em contextos relacionados ao turismo e lazer (Kelman, 2019). Essa diversidade de usos da água está essencialmente ligada à qualidade dos corpos de água disponíveis. A interligação entre a diversidade de usos da água e a qualidade dos recursos hídricos é um tema de grande relevância e complexidade, com implicações diretas na saúde humana, no meio ambiente e na economia, ao examinar essa relação, evidente que as diferentes de aplicações da água estão profundamente condicionadas pela qualidade de água (ANA, 2020).

3.2.1 Nordeste e Semiárido

A questão da água potável no Nordeste do Brasil, particularmente na região semiárida, é um desafio significativo devido às características climáticas, geográficas e socioeconômicas da região, o Semiárido Nordestino é conhecido por suas secas prolongadas e irregularidade das chuvas, o que torna o acesso à água potável uma preocupação (CAGEPA, 2023). O Nordeste, com 1,56 milhão de km² (18% do território nacional), inclui a maioria da região Semiárida do Brasil, a variabilidade de precipitação anual do país observa que parte do nordeste, as

precipitações são superiores a 1.000 mm e no semiárido, a precipitação pode chegar a valores médios inferiores a 500 mm, A precipitação anual varia de 300 a 2.000 mm (CETESB, 2020).

As secas representam um desafio recorrente e significativo no Nordeste brasileiro, especialmente na região semiárida, onde os rios frequentemente secam durante boa parte do ano, esses eventos climáticos têm impactos profundos na população, na economia e no meio ambiente da região. A região marcada por baixos índices pluviométricos e elevadas temperaturas, chuvas irregulares e, muitas vezes, insuficientes para suprir as demandas hídricas da população e das atividades agrícolas (CETESB, 2020).

As secas têm um impacto abrangente e duradouro na região, com a escassez de água os rios, açudes e poços secam, levando à falta de água potável para consumo humano, animal e agrícola, logo agricultura é afetada e severamente prejudicada, levando à perda de safras e à diminuição da produtividade o que resulta em êxodo rural, essa falta de recursos leva muitas vezes à migração das populações rurais em busca de melhores condições de vida (CGEE, 2019). Uma forma de confortar as secas são os açudes que desempenham um papel crucial na região Semiárida do Nordeste brasileiro como uma forma de armazenamento de água durante os períodos de chuva para enfrentar as secas recorrentes (Braga; Porto; Tucci, 2020). Esses reservatórios são projetados para captar e armazenar água pluvial, permitindo que a população e a agricultura tenham acesso a recursos hídricos mesmo durante os períodos de estiagem. Os açudes são fundamentais para fornecer água potável, irrigação agrícola, criação de animais e diversas atividades econômicas durante os longos períodos de seca (CAGEPA, 2023).

3.2.2 Água em Conceição-PB

Conceição é um município brasileiro do estado da Paraíba, localizado na região Metropolitana do Vale do Piancó, a 405 km da capital João Pessoa. As atividades mais importantes de cidade são: inovação, empreendedorismo, agricultura e comércio, cultura e tradições, recreação e esporte (IBGE, 2022). A cidade, enfrenta desafios semelhantes aos de outras áreas da região semiárida do nordeste brasileiro em relação à disponibilidade de água e qualidade, com uma média anual de precipitação pluviométrica de 784,4 mm/ano (AESAs, 2021). Os açudes desempenham um papel significativo nesse contexto, sendo essenciais para garantir o abastecimento de água para as comunidades rurais durante os períodos de estiagem, (Damasceno, 2019).

A construção e o manejo de açudes e reservatórios são estratégias essenciais para enfrentar a escassez hídrica, esses reservatórios armazenam água das chuvas para uso posterior,

garantindo um suprimento mais estável durante os períodos secos. A captação de água da chuva é uma prática importante para aumentar a disponibilidade de água na região, sistemas de coleta de água da chuva, como cisternas, permitem que as comunidades armazenem água para uso em atividades domésticas e agrícolas (CAGEPA, 2023).

A qualidade da água na região rural de Conceição-PB, pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo a disponibilidade de fontes de água, as atividades humanas, as condições climáticas e os processos naturais (IBGE, 2022). A água da região pode estar sujeita a contaminação tanto de fontes naturais (minerais) como de fontes antropogênicas (poluição causada por atividades humanas, como agricultura, pecuária e descarte inadequado de resíduos). A agricultura e a pecuária podem contribuir para a contaminação da água através do uso de fertilizantes, pesticidas e resíduos de animais. Esses produtos químicos podem escorrer para fontes de água, impactando sua qualidade (Damasceno, 2019).

3.3. Águas para o consumo humano

Portaria Ministério da Saúde Nº 1.469 de 29/12/2021 Art. 4º “I. água potável: água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde” (Brasil, 2021). Mediante as análises de Brito et al. O fornecimento de água para o consumo humano e a qualidade da água estão ligados e são fundamentais para a saúde e o bem-estar das comunidades (Brito; Silva; Porto, 2019)

A qualidade da água é uma preocupação central quando se trata do abastecimento de água para o consumo humano. Água de má qualidade representa um sério risco para a saúde pública e pode levar a uma série de doenças. Portanto, é imperativo que a água fornecida para consumo seja tratada e monitorada rigorosamente para garantir sua segurança (OMS, 2020).

O acesso à água potável é um direito humano básico, reconhecido pelas Nações Unidas (ONU,2021). No entanto, milhões de pessoas em todo o mundo ainda não tem acesso à água segura para beber, cozinhar e higiene pessoal. Para atender a essa necessidade, é essencial que as fontes de água estejam livres de contaminação e cumpram padrões rigorosos de qualidade (Balazs, 2021). A qualidade da água para consumo humano é uma preocupação global que envolve várias organizações e entidades, incluindo a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), a OMS (Organização Mundial da Saúde), a APHA (Associação Americana de Saúde Pública) e o WHO/UNICEF JMP (Programa Conjunto OMS/UNICEF de Monitoramento para Saneamento e Água Potável). Essas organizações

desempenham papéis fundamentais na promoção e garantia da segurança da água potável (WHO,2018).

Água potável, é aquela que atende aos padrões de qualidade estabelecidos pela MS, para poderem ser seguras e adequadas para consumo direto ou uso doméstico sem representar riscos à saúde. Garantir o acesso à água potável é fundamental para a saúde e o bem-estar das comunidades em todo o mundo (Bayu et al., 2020). A OMS é uma referência global em normas e diretrizes para a qualidade da água potável. Estabelece padrões para a segurança da água, garantindo que esta esteja livre de contaminantes químicos e microbiológicos que possam representar riscos à saúde humana, também monitora e assessora países para garantir esses padrões, protegendo assim a saúde pública (OMS, 2020). Alguns dos principais critérios para que a água seja considerada adequada para consumo humano incluem: pureza química: pH adequado, pureza microbiológica, condutividade, turbidez, dureza, concentração de íons, equilíbrio de minerais.

3.4 Aspectos físico-químicos da Água

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2019), a Agência de Proteção Ambiental (APHA, 2019), a Organização Internacional de Normalização (ISO, 2019) e a Organização das Nações Unidas (ONU, 2021), o conhecimento das propriedades físico-químicas da água desempenha um papel de extrema importância no que diz respeito à utilização desse recurso, especialmente no contexto para consumo humano, essas organizações destacam a relevância de monitorar e avaliar regularmente as propriedades físico-químicas da água, como, pH, condutividade, turbidez, dureza total e teor de cloretos. Tais informações são essenciais para garantir a segurança da água para consumo humano, conforme padrões estabelecidos pela MS.

A caracterização desses parâmetros permite a avaliação do estado da água, identificando possíveis contaminações ou alterações em suas propriedades, por meio dessas análises é possível identificar os níveis de substâncias presentes nela, possibilitando, por conseguinte, aferir se a água está contaminada ou se reúne as condições necessárias para ser empregada com segurança (Brasil, 2021). Compete à Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) apoiar as ações de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, conforme os critérios e parâmetros estabelecidos (FUNASA, 2020).

3.4.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é uma medida da acidez ou alcalinidade da água, determinado pela concentração de íons hidrogênio (H^+) na solução. Valores de pH podem variar de ácido (0) a básico (14), com $pH=7$ é considerado neutro, em condições de temperatura de 298 K (25°C). O pH da água influencia a solubilidade de minerais e a disponibilidade de nutrientes, afetando diretamente os organismos aquáticos. (Atkins; De Paula, 2008)

O pH da água desempenha um papel crucial em muitos processos naturais e em aplicações humanas. Por exemplo, em sistemas aquáticos naturais, o pH afeta a vida aquática, pois a maioria dos organismos aquáticos tem faixas de pH nas quais podem sobreviver. Em aplicações industriais, o controle do pH é importante em processos químicos e de tratamento de água, uma vez que muitas reações químicas são sensíveis a variações no pH. (Brabo, 2019; Barros, 2022). O pH é um parâmetro importante para classificação da potabilidade de água, logo, deve ser monitorado, o pH de águas para o consumo humano deve ser mantido na faixa de 6,0 a 9,5 (Brasil, 2021).

3.4.2 Condutividade Elétrica

A Condutividade elétrica (CE) refere-se à capacidade de uma solução de transportar uma corrente elétrica, medida em microSiemens por centímetro ($\mu S.cm^{-1}$) uma medida da capacidade da água conduzir eletricidade e fornece informações sobre a concentração de íons na água. A água pode conduzir eletricidade pela sua concentração de íons, sólidos dissolvidos e materiais inorgânicos: carbonatos, cloretos e sulfetos como sais de sódio. Valores elevados de condutividade podem indicar uma maior concentração de sais dissolvidos, afetando a potabilidade da água e a saúde dos ecossistemas aquáticos. (Basset, et al., 2020; Lee, 2003).

Os valores típicos da condutividade da água podem variar dependendo do tipo de água. A água doce, quando não está contaminada, não possui íons de sal e, portanto, apresenta uma faixa de condutividade bastante baixa, na ordem de 10-200 $\mu S.cm^{-1}$ (ATLAS,2022). Por outro lado, a água salgada contém íons de sal, o que resulta em uma faixa de condutividade significativamente mais alta. A água com condutividade de 1000-10.000 $\mu S.cm^{-1}$ é salina. A condutividade pode variar de um corpo de água para outro, mas, em geral, lagos e riachos costumam ter níveis de condutividade que variam de 0 a 200 $\mu S.cm^{-1}$, ao passo que rios maiores podem apresentar valores de condutividade de até 1.000 $\mu S.cm^{-1}$ (ATLAS ,2022).

De acordo com *What Is The Typical Water Conductivity Range* no atlas-scientific.com, as condutividades podem variar dependendo da classe de água considerada:

- Água potável (Padrão dos EUA) pode variar de 30-1500 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.
- Córregos de água doce 100-2000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.
- Água da torneira 50-800 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

No geral, o valor máximo recomendado é de 0-800 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para abastecimento de água potável (ATLAS,2022). No Brasil, a condutividade elétrica não recebe a devida atenção como um parâmetro na avaliação da potabilidade da água. Geralmente não é considerada um fator restritivo para a qualidade da água destinada ao consumo humano, conforme apontado por Vasconcelos, Cajazeiras e Sousa em seu estudo, (2019).

3.4.3 Turbidez

Nogueira et al. (2015) menciona que a turbidez da água é uma medida da clareza ou transparência da água devido à presença de partículas sólidas em suspensão, como sedimentos, argila, matéria orgânica ou microorganismos. A turbidez afeta a penetração da luz na água, influenciando processos biológicos e a qualidade da água para consumo humano. A turbidez é expressa em Unidades Nefelométricas de Turbidez (*Nephelometric Turbidity Units*, NTU), que são uma medida padronizada usada para quantificar a turbidez ou a turvação da água. Águas turvas podem indicar poluição ou problemas de qualidade da água e podem afetar a potabilidade e a vida aquática.

Portaria GM/MS Nº 888/2021 estabelece que o cumprimento do padrão de turbidez é essencial, juntamente com as observações de todas as outras exigências relacionadas aos níveis de turbidez permitidos, o valor máximo permitido (VMP) estabelecido para águas após o processo de desinfecção não deve exceder 5,0 NTU, em todas as áreas do sistema de distribuição e nos pontos de consumo, é fundamental atender ao VMP de 5,0 NTU para turbidez (Brasil, 2021).

3.4.4 Alcalinidade

A alcalinidade é a capacidade da água de neutralizar ácidos, ou seja, sua resistência a mudanças no pH. Isso está relacionado principalmente à presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos na água. A alcalinidade é um fator-chave na regulação do pH em ambientes aquáticos e pode afetar a vida aquática (Vogel, 1981; Feltre, 2005). Alcalinidade da água é um parâmetro chave que pode variar significativamente em diferentes fontes de água e que tem

implicações importantes para a saúde humana, a ecologia aquática e diversas aplicações industriais e agrícolas (Medeiros Filho, 2009).

As águas consideradas adequadas para o consumo humano geralmente devem ter uma alcalinidade que esteja abaixo de 150 mg. L^{-1} . Entretanto, valores de até 250 mg. L^{-1} ainda são aceitáveis dentro dos padrões de qualidade (Medeiros Filho, 2009). A alcalinidade da água pode aumentar à medida que a água percola por formações rochosas contendo minerais como calcita (CaCO_3), magnesita (MgCO_3), brucita (Mg(OH)_2) e dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$). Esses minerais têm a capacidade de atuar como tampões químicos, conforme observado por Parron, Muniz e Pereira em 2011.

3.4.5 Dureza Total

A dureza da água está relacionada à presença de íons de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}). A dureza total é a soma da dureza temporária (bicarbonatos de cálcio e magnésio) e dureza permanente (sulfatos, cloretos). A dureza é medida em termos de concentração de íons de cálcio e magnésio em miligramas por litro (mg. L^{-1}). Águas com alta dureza podem causar problemas de incrustação em encanamentos e equipamentos, enquanto águas com baixa dureza pode ser corrosivas. (Graebin et al., 2019; Vogel 1980).

De acordo com Libânio (2010), a dureza da água pode ser classificada conforme a tabela 1:

Tabela -1 Classificada da dureza da água

Dureza	mg. L^{-1} de CaCO_3
Mole ou Branda	< 50
Dureza Moderada	50 a 150
Dura:	150 e 300
Muito dura	>300

Fonte Libânio 2010

A dureza da água é de fato uma característica crítica da qualidade da água devido ao seu impacto significativo em várias áreas de uso e aplicação, o valor máximo permitido para a dureza da água para consumo humano é 300 mg. L^{-1} (Brasil, 2021).

- Saúde: Águas com alta dureza não são consideradas prejudiciais à saúde humana. No entanto, elas podem afetar o sabor e a textura da água.
- Indústria Alimentícia: Em setores como a produção de alimentos e bebidas, a dureza da água pode afetar a qualidade dos produtos e os processos de produção, como a fabricação de cerveja, onde a água é um componente crítico.

- **Uso Doméstico: Limpeza:** A água dura pode dificultar a formação de espuma com sabão e detergentes, resultando em necessidade de uso de mais produtos de limpeza e deixando resíduos nas superfícies, roupas lavadas em água dura podem ficar ásperas e descoloridas. Louças e vidros lavados em água dura podem apresentar manchas e depósitos minerais.
- **Uso Agrícola: Irrigação:** Águas duras usadas para irrigação podem causar acúmulo de minerais no solo, levando à degradação da qualidade do solo ao longo do tempo. Isso pode afetar a produtividade agrícola (Graebin et al., 2019).

3.4.6 Cloretos

A concentração de cloretos na água é um indicador da presença de sais solúveis, como cloreto de sódio. Altos níveis de cloretos podem resultar de processos naturais ou atividades humanas, como o uso de água salobra para irrigação. O controle dos níveis de cloretos é crucial para garantir a potabilidade da água (Basset et al., 2002).

O Ministério da Saúde por meio da Portaria GM/MS nº 888, conforme a tabela de padrão organoléptico de potabilidade o valor máximo permitido da concentração de cloretos é de 250 mg. L⁻¹ (Brasil, 2021). Embora os cloretos não sejam tóxicos à saúde humana em concentrações moderadas, são um parâmetro importante e fazem parte dos padrões de potabilidade, da água. Os cloretos podem influenciar a qualidade da água, dependendo de sua concentração e das condições específicas do sistema aquático.

- **Sabor e Odor:** Em concentrações moderadas, os cloretos conferem um sabor salgado à água. Isso pode afetar a aceitabilidade da água para o consumo humano, uma vez que a água com um gosto excessivamente salgado pode não ser agradável para beber,
- **Poluição:** A presença de altas concentrações de cloretos em corpos de água pode indicar poluição por atividades humanas, como descargas industriais ou de esgoto, uma vez que muitos processos industriais e atividades humanas produzem resíduos ricos em cloretos (CETESB, 2019; ANA, 2022).

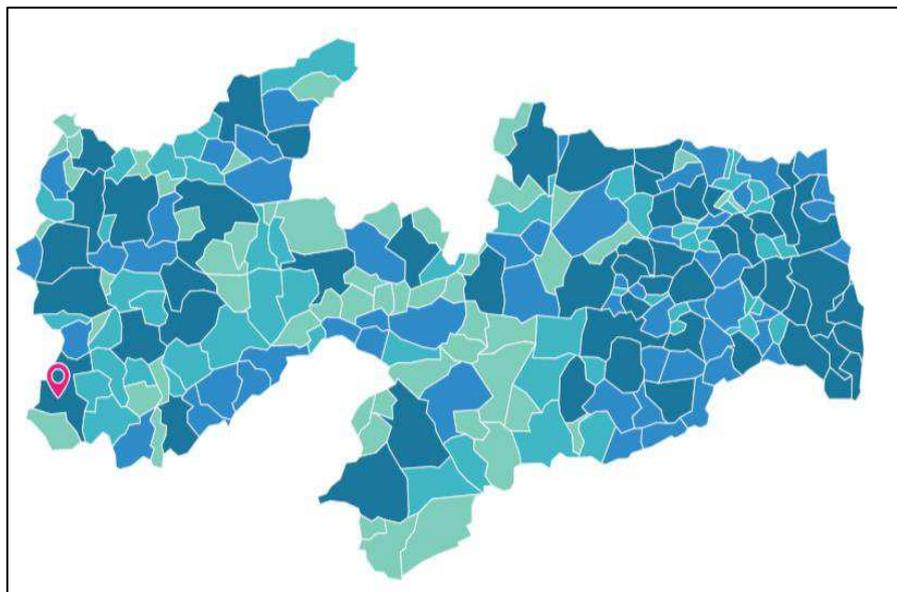
4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A área de estudo localiza-se no município de Conceição-PB, na região norte, no distrito de Mata Grande e Montevideu, criada pela lei municipal nº 5, de 8 de abril de 1896, segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, sua população é estimada em 18.260 habitantes e sua área territorial é de 580,650 km². A figura 1 mostra a localização de Conceição-PB. (IBGE, 2022).

Tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 07° 33' 44" S Longitude: 38° 30' 32" W fica a 405km da capital João Pessoa. O município está inserido na bacia hidrográfica do rio Piancó, tem ocorrência de secas. O clima predominante é classificado como semiárido, com uma média anual de precipitação pluviométrica de 784,4 mm/ano, a qual apresenta uma distribuição irregular ao longo do ano (INMET, 2022; EMATER, 2022). A estação é caracterizada pela escassez de chuvas. Predominância vegetal é a caatinga xerofítica, caracterizada por arbustos e árvores de pequeno a médio porte (IBGE, 2022).

Figura 1 – Localização de Conceição – PB



Fonte: IBGE (2023).

4.2 Coleta das amostras

Neste estudo, foram realizadas análises físico-químicas de uma amostra de água coletada em 5 diferentes açudes da região norte de Conceição-PB, cuja finalidade dos açudes são abastecimento das comunidades locais. Os açudes têm uma distância média da cidade de 27 km: açude do Arraial no distrito de Mata Grande a 22,8 km, Açude dos Brunos no distrito de Mata Grande 29,4 km, Açude de Euzébio no distrito de 27,3 km, Açude Novo no distrito de Mata Grande 24,7 km e Açude dos Poções distrito de Montevidéo, 33,2 km

As amostras coletadas de cada ponto foram armazenadas em garrafas de poli tereftalato de etileno (PET) de 02 L, higienizadas, identificadas de acordo com cada localidade, e mantidas em refrigeração durante todo período de análise (Pereira, 2011). Serão avaliados parâmetros como pH, condutividade, turbidez, dureza, concentração de íons

Figura 2 – Localização do Açudes em Conceição



Fonte: Google mapas (2023).

As figuras abaixo mostram uma foto de cada açude e respectivamente a seção do açude onde foram coletadas as amostras de água. As imagens apresentadas revelam diferentes perspectivas de cada açude, proporcionando uma visão abrangente de suas características e entorno ao observar as seções específicas dos açudes onde as amostras foram coletadas, podemos identificar nuances e particularidades que influenciam a qualidade da água.

Figura 3 – Açude do Arraial



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Figura 4 – Açude dos Brunos



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Figura 5 – Açude de Euzébio



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Figura 6 – Açude de Euzébio



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

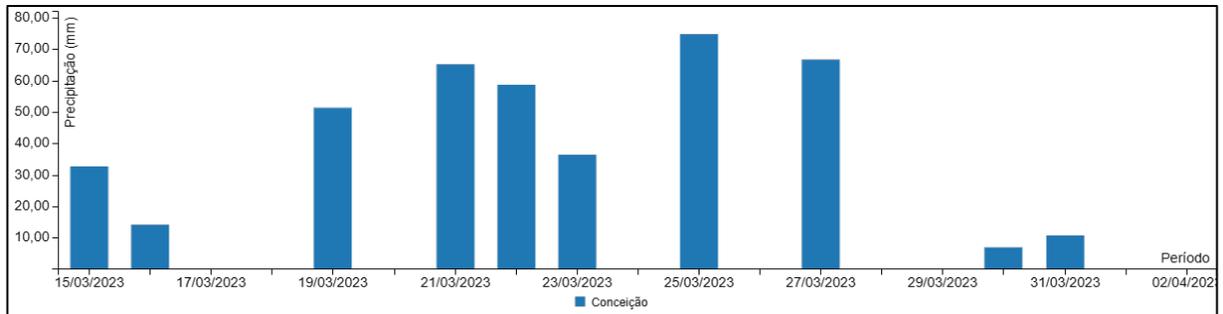
Figura 7 – Açude dos Porções



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

O gráfico 1 apresenta os volumes de precipitação pluviométrica em Conceição no período das coletas das amostras: 15/03/2023 a 06/04/2023

Gráfico 1 – Precipitação pluviométrica em Conceição 15/03/2023 a 06/04/2023



Fonte: AESA (2023).

A tabela 1 refere-se ao número das amostras na ordem a qual foram analisadas, ao nome dos açudes, ao distrito em que cada açude se encontra e data de coleta.

Tabela 2 – Amostras dos açudes, distritos e data em que foram coletadas

AMOSTRAS	AÇUDE	DISTRITO	Data
1	Arraial	Mata Grande	25/03/2023
2	Brunos	Montevidéu	27/03/2023
3	Euzébio	Montevidéu	15/03/2023
4	Novo	Mata Grande	02/04/2023
5	Porções	Montevidéu	18/03/2023

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

4.3 Caracterização dos parâmetros Físico-Químicos

As análises das amostras foram realizadas em replicadas, nos laboratórios Química Geral e Inorgânica, Química Analítica do Centro de Educação e Saúde (CES) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Cuité - PB.

As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros físico-químico da água atenderam às normas nacionais ou internacionais recentes, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, de autoria das instituições *American Public Health Association (APHA)*, *American Water Works Association (AWWA)* e *Water Environment Federation (WEF)*; *United States Environmental Protection Agency (USEPA)*; Normas publicadas pela *International Standardization Organization (ISO)* (Brasil, 2021).

4.3.1 pH

A determinação do pH das amostras foram conduzidas utilizando um medidor de pH da marca Simpla pH 140. Antes da análise, o pHmetro foi devidamente calibrado utilizando soluções tampões a pH = 4 e 7 e 10 a uma temperatura de 25°C.

Figura 8 – pHmetro



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

4.3.2 Condutividade Elétrica

A avaliação da condutividade elétrica (CE), conduzida por meio de um Condutivímetro da marca MS TECNOPON, modelo mCA-150, as análises foram feitas em quintuplicadas, antes da análise, o aparelho foi calibrado com uma solução padrão de cloreto de potássio (KCl), que possui uma condutividade $146,9 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 0,5\%$, a uma temperatura padronizada de 25°C .

Figura 9 – Condutivímetro

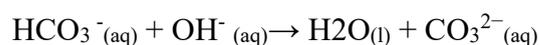


Fonte: Dados da pesquisa (2023).

4.3.3 Alcalinidade

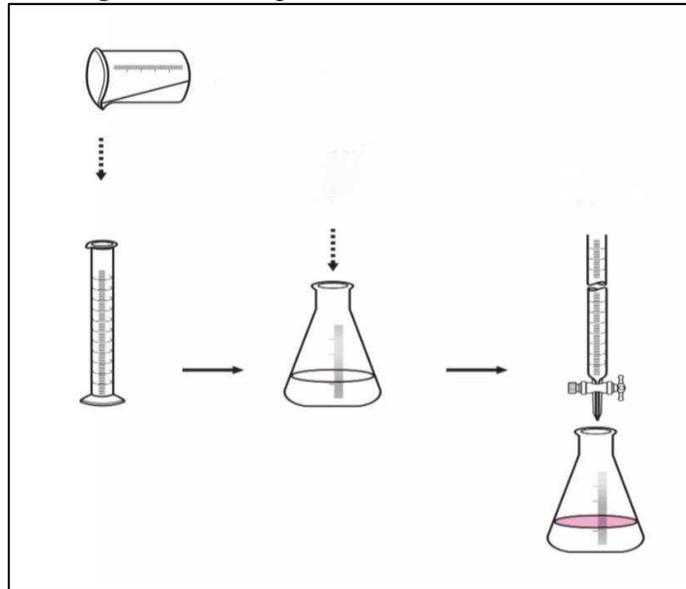
A análise dos carbonatos de cálcio (CO_3^{2-}), foram efetuadas em triplicadas, por meio de titulações ácido-base utilizando hidróxido de sódio $[\text{NaOH}] = (0,00101 \pm 0,00004) \text{ mol L}^{-1}$, previamente padronizados conforme o pH da solução, as análises foram feitas da seguinte forma: 10 mL das amostras + 3 gotas de fenolftaleína. Os resultados obtidos para as alcalinidades medidas serão expressos em miligramas por litro de carbonato de cálcio (mg. L^{-1} de CaCO_3) (SKOOG et al., 2006)

- Reação de titulação



Uma solução que contém íons carbonato e bicarbonato, juntamente com íons H^+ e OH^- , pode ser descrita da seguinte forma:

$$\text{Alcalinidade Total} = [2\text{CO}_3^{2-} + [\text{HCO}_3^-] + [\text{OH}^-] + [\text{H}^+]$$

Figura 10 – Fluxograma da análise de Alcalinidade

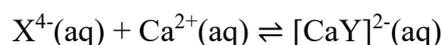
Fonte: Adaptado do manual prático de análise de água, 2014.

4.3.4 Dureza Total

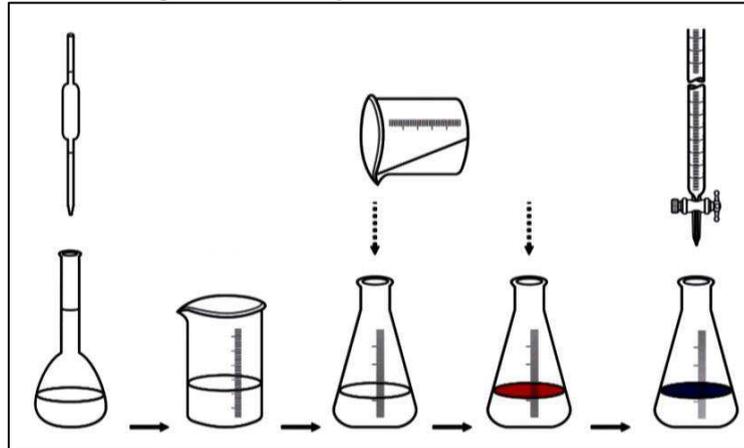
Para avaliar a dureza total, realizamos medição das concentrações de cálcio (Ca^{2+}) + magnésio (Mg^{2+}), as análises foram feitas em triplicadas da seguinte forma: 10mL das amostras + 10mL de tampão ($\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH}$) + 5 gotas de NET tituladas com $|\text{EDTA}| = (0,00101 \pm 0,00004) \text{ mol L}^{-1}$, padronizado, com os resultados expressos em miligramas por litro de carbonato de cálcio (mg. L^{-1} de CaCO_3), utilizamos indicador Negro de Eriocromo T (NET) a um pH de 9.

Para a determinação da concentração de Ca^{2+} usamos a murexida a um pH de 12, também em triplicatas, da seguinte forma: 10 mL das amostras + 10 mL do tampão (NaOH). A concentração de Mg^{2+} é obtida a partir da diferença entre as concentrações de NET e murexida, (SKOOG et al., 2006; Vogel, 1981).

A reação de titulação é (de maneira simplificada)



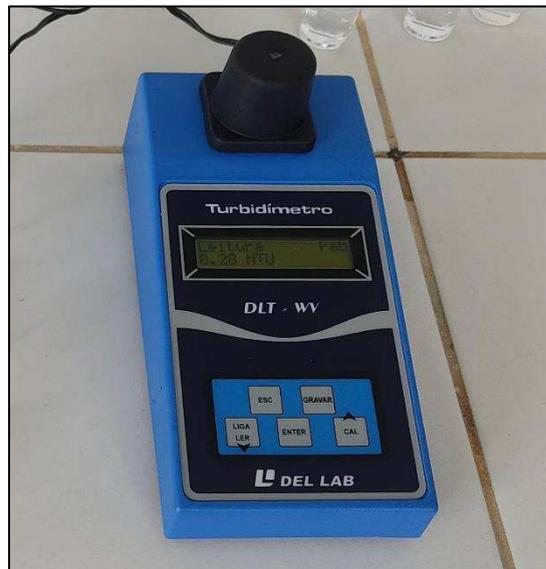
X^{4-} refere-se ao EDTA desprotonado ($\text{X}^{4-} = (\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_8)^{4-}$). A forma ácida do EDTA é H_4Y , ácido etilenodiaminotetraacético ($\text{H}_4\text{X} = \text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$) (SKOOG et al., 2006).

Figura 11 – Fluxograma da análise de Dureza

Fonte: Adaptado do manual prático de análise de água, 2014.

4.3.5 Turbidez

Para efetuar as medições de turbidez, empregaremos um turbidímetro do tipo DLT-WV que foi calibrado utilizando soluções padrões. Na seguinte ordem 0,1 NTU, 0,8 NTU, 8 NTU, 80 NTU e 1000 NTU. Esse processo de calibração é fundamental para garantir a precisão das leituras de turbidez realizadas pelo aparelho. Por fim, análises das amostras (DEL LAB, 2018)

Figura 12 – Turbidímetro

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

4.3.6 Teor de Cloretos

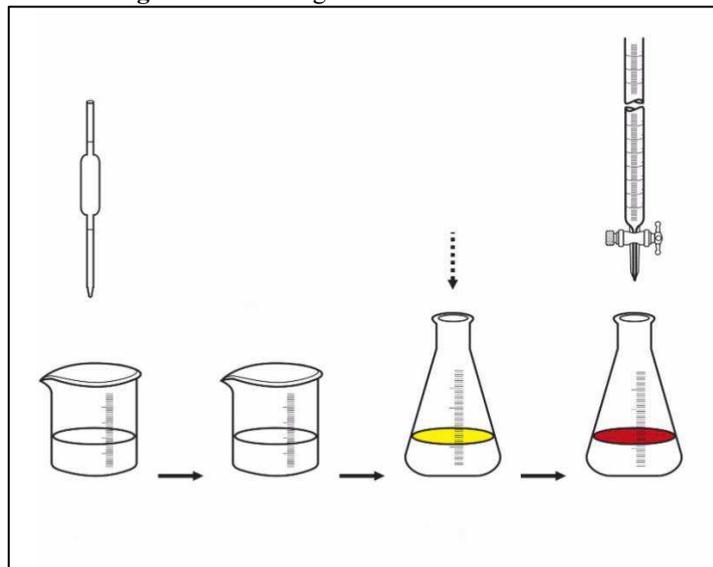
Utilizamos o método de Mohr, para determinação do teor de cloretos (Cl^-), por meio de titulação com uma solução de nitrato de prata $[\text{AgNO}_3] = (0,010236 \pm 0,000003) \text{ mol L}^{-1}$. O procedimento das análises foi feito em triplicadas da seguinte forma: 5 mL das amostras + 5 gotas de $\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{CaCO}_3$, mantendo o pH da solução na faixa entre 7 e 10.

As gotas de solução de cromato de potássio (K_2CrO_4), para auxiliar na visualização do ponto de equivalência, resultando na formação de um precipitado vermelho de cromato de prata (Ag_2CrO_4), que atuará como um indicador visual. As concentrações de cloro serão expressas em miligramas por litro (mg. L^{-1}) de Cl , considerando a massa atômica molar do cloro igual a 35,45 g/mol (Vogel, 1981).

A reação de titulação:

- Reação de titulação: $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})} \rightleftharpoons \text{AgCl}_{(\text{s})}$ (precipitado branco)
- Reação do indicador: $2 \text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{CrO}_4^{2-}_{(\text{aq})} \rightleftharpoons \text{Ag}_2\text{CrO}_{4(\text{s})}$ (precipitado vermelho)

Figura 13 – Fluxograma da análise de Cloretos



Fonte: Adaptado do manual prático de análise de água, 2014.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização dos parâmetros

A qualidade da água é essencial sendo que água potável deve estar de acordo com os padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde (MS). A análise dos parâmetros físico-químicos da: pH, Condutividade Elétrica, Alcalinidade, Dureza, Turbidez e Cloretos é de fundamental importância para compreender a qualidade e a adequação deste recurso vital para diversas finalidades, incluindo o consumo humano, a agricultura e o meio ambiente. A caracterização desses parâmetros permite a avaliação do estado da água, identificando possíveis contaminações ou alterações em suas propriedades.

As análises das amostras foram feitas em replicadas, assim determinarmos os valores médios; desvio padrão e erros de cada conjunto de medições, com uma confiabilidade de 95%, utilizando o teste de Student. Os dados foram processados em planilhas de cálculo, seguindo a abordagem proposta por SKOOG et al. (2006). Além disso, foram registrados os volumes e concentrações das soluções titulantes empregadas nas medições e nas padronizações, para facilitar os cálculos.

$$\text{O valor Médio é: } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

$$\text{O Desvio padrão é: } \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

$$\text{E o erro: } \varepsilon = \frac{t_{N-1}\sigma}{\sqrt{N}}$$

Onde t_{N-1} se refere ao intervalo de confiança de 95%.

5.1.1 Potencial Hidrogeniônico (pH).

A tabela 2 apresenta os valores analisados do pH das amostras comparados com os valores estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 cujo recomendado seja que a água apresente pH entre 6,0 e 9,5. Como pode ser observado nas tabelas abaixo, os valores de pH tiveram valores variando entre 7,02 e 7,25, próximo da neutralidade. dessa forma, dentro do padrão de potabilidade estabelecidos pela Portaria.

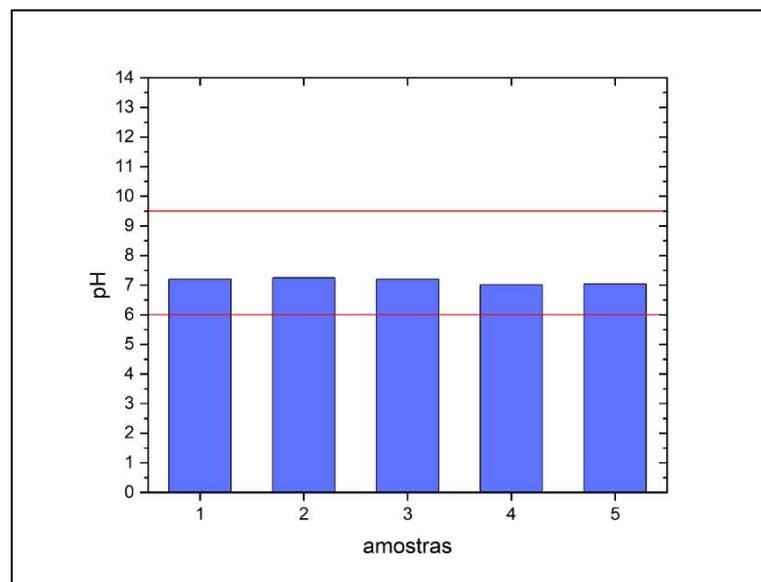
Tabela 3 – Medidas de pH

Amostra	pH
VMP pelo MS	$6,0 \leq \text{pH} \leq 9,5$
1-Arraial	7,20 ± 0,01
2-Brunos	7,25 ± 0,01
3-Euzébio	7,20 ± 0,01
4-Novo	7,02 ± 0,01
5-Porções	7,04 ± 0,01

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

O gráfico 2 tem uma comparação das medidas de pH das amostras e indica que todas as amostras analisadas possuem valores próximo da neutralidade com uma média de 7,14, à linha vermelha no gráfico informa o vpm estabelecido pela Portaria nº 888/2021

Gráfico 2 – Medidas de pH



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

5.1.2 Condutividade Elétrica

Na Tabela 3 estão representados os valores de condutividade elétrica das amostras de água dos açudes. O Ministério da Saúde não informe um valor máximo permitido o para padrão de potabilidade para CE em águas para o consumo. Embora água potável (Padrão dos EUA) pode variar de 30-1500 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, e no geral, o valor máximo recomendado é de 0-800 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para abastecimento de água potável (ATLAS,2022).

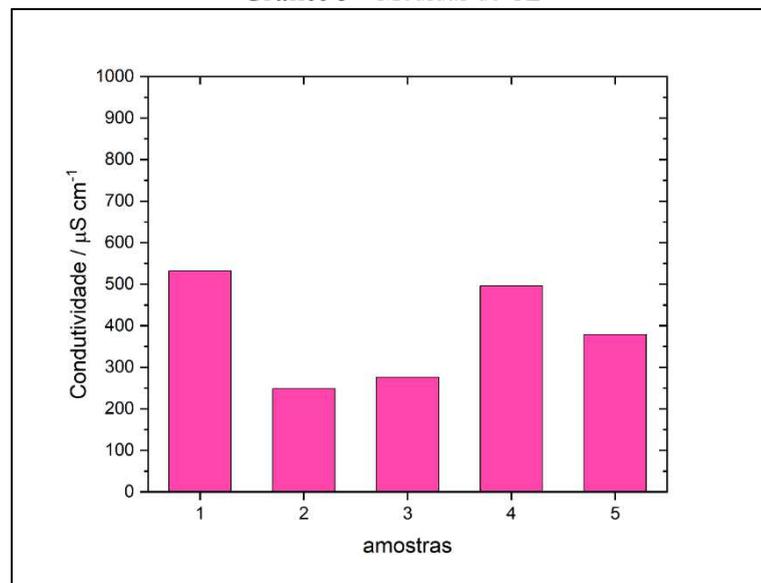
Tabela 4 – Medidas de valores médios de CE

Amostra		Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)
VMP pelo MS		Não informado
1-Arraial		532 \pm 24
2-Brunos		249 \pm 9
3-Euzébio		276 \pm 7
4-Novo		496 \pm 9
5-Porções		379 \pm 4

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

O gráfico 3 apresenta uma comparação entre os valores de CE nas amostras os valores médios obtidos nesse estudo para cada açude variaram de 249 a 532,1 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, nota-se uma variação nos valores, isso pode ser justificado devido as concentrações de sais dissolvidos totais presentes nos diferentes açudes, o maior valor 532 da amostra do açude novo pode ser justificada por conter uma maior as concentrações de sais dissolvidos totais, pois o do açude é novo com menos de 15 anos de idade.

Gráfico 3 – Medidas de CE



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

5.1.3 Turbidez

A Tabela 4 apresenta os valores de turbidez das amostras das águas. Todas as amostras se encontram dentro do padrão de turbidez estabelecido pelo Ministério da Saúde em águas para o consumo humano, por apresentar valores inferiores a 3 NTU. De acordo com a Portaria nº 888/ 2021 do Ministério da Saúde o valor máximo permitido é de 5,0 NTU.

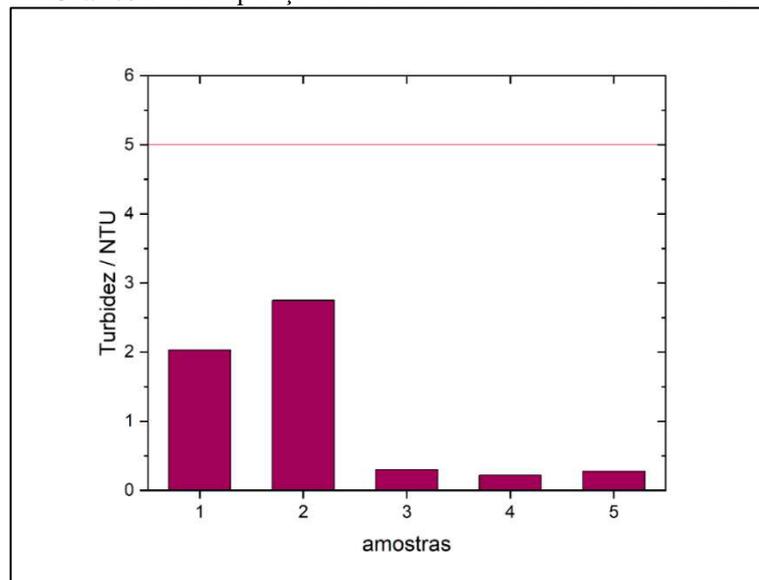
Tabela 5 – Medidas de Valores Médios do Teor Turbidez

Amostra	Turbidez NTU
VMP pelo MS	5
1-Arraial	2,03 ± 0,01
2-Brunos	2,75 ± 0,01
3-Euzébio	0,30 ± 0,01
4-Novo	0,22 ± 0,01
5-Porções	0,28 ± 0,01

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

O gráfico 4 apresenta uma comparação entre os valores médios da turbidez dos cinco diferentes açudes. Uma possível causa dos valores acima de 2 NTU pode ser a alta quantidade de substâncias dissolvidas na água dos açudes Arraial e Brunos, decorrentes das chuvas no período das coletas. a precipitação que ocorreu nesse período pode ter contribuído para presença de partículas em suspensão na água, à linha vermelha no gráfico informa o VPM estabelecido pela Portaria nº 888/2021.

Gráfico 4 – Comparação dos Valores médios do Teor Turbidez



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

5.1.4 Dureza Total

A dureza total refere-se à presença de íons metálicos cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) na água. As amostras analisadas estão na faixa de classificação de águas moderadamente dura, vista que os valores das análises estão entre 50 e 150 mg. L^{-1} .

A tabela 5 apresentam Medidas de Dureza de Ca^{2+} , Mg^{2+} , a Dureza Total para as amostras. o padrão de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº888/2021 do Ministério da Saúde é de $300\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$. Portanto, todas as amostras analisadas se encontram em conformidade cos padrões de potabilidade permitidos pelo Ministério da Saúde.

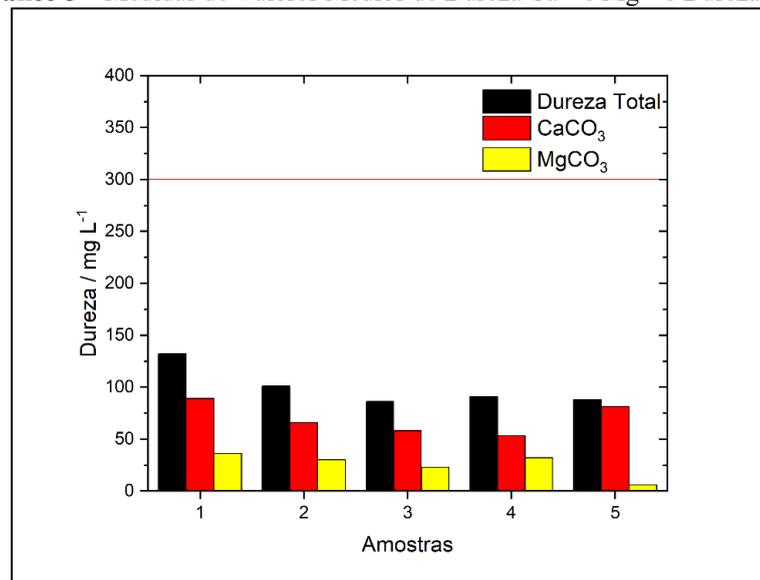
Tabela 6 – Medidas dos Valores Médios de Dureza Ca^{2+} , Mg^{2+} e Dureza total

Amostra	Dureza total ($\text{mg. L}^{-1} \text{CaCO}_3$)	Dureza: Ca^{2+} ($\text{mg. L}^{-1} \text{CaCO}_3$)	Dureza: Mg^{2+} ($\text{mg. L}^{-1} \text{MgCO}_3$)
VMP pelo MS	300	-	-
1-Arraial	132 ± 37	89 ± 16	36 ± 7
2-Brunos	101 ± 18	66 ± 18	30 ± 5
3-Euzébio	86 ± 21	58 ± 12	23 ± 5
4-Novo	91 ± 12	53 ± 15	32 ± 9
5-Porções	88 ± 16	81 ± 20	6 ± 1

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

O gráfico 5 apresenta uma comparação entre medidas de Dureza de Ca^{2+} , Mg^{2+} , e Dureza total para as amostras dos cinco diferentes açudes, à linha vermelha no gráfico informa o VPM estabelecido pela Portaria nº 888/2021.

Gráfico 5 – Medidas de Valores Médios de Dureza Ca^{2+} e Mg^{2+} e Dureza total



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

5.1.5 Alcalinidade

A Tabela 6, mostra os valores encontrados para alcalinidade total das amostras de águas observa-se que variaram entre 54 e 127 mg. L⁻¹ de CaCO₃ mg. L⁻¹. O Ministério da Saúde não informa um valor máximo permitido o para alcalinidade. Conforme indicado pelo FIESP As águas consideradas adequadas para o consumo humano geralmente devem ter uma alcalinidade que esteja abaixo de 150 mg. L⁻¹. Entretanto, valores de até 250 mg. L⁻¹ ainda são aceitáveis dentro dos padrões de qualidade. Portanto todas as amostras dessa pesquisa estão dentro do padrão de portabilidade para consumo estando abaixo da faixa aceitável de 250 mg. L⁻¹ de CaCO₃ (FIESP,2021).

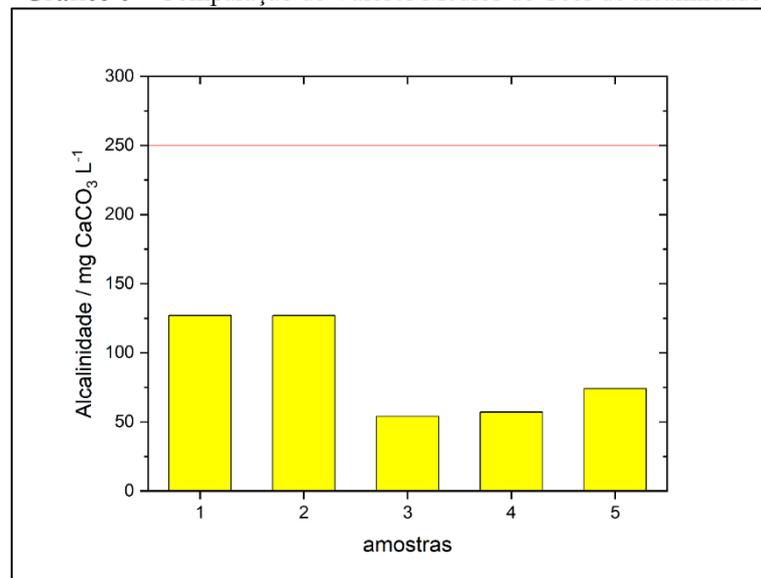
Tabela 7 – Medidas de Valores Médios do Teor de Alcalinidade

Amostra	Alcalinidade (mg. L ⁻¹ CaCO ₃)
VMP pelo MS	Não informado
1-Arraial	127 ± 6
2-Brunos	126 ± 6
3-Euzébio	54 ± 5
4-Novo	57 ± 10
5-Porções	74 ± 7

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

O gráfico 6 mostra uma comparação dos valores obtidos da alcalinidade para as amostras de água. A maioria das águas naturais apresentam valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg. L⁻¹ de CaCO₃ mg. L⁻¹, a linha vermelha no gráfico informa o VPM informado por pesquisas do FIESP

Gráfico 6 – Comparação de Valores Médios do Teor de alcalinidade



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

5.1.6 Cloretos

A Tabela 7, mostra os valores encontrados para o teor de cloretos das amostras de águas, é importante ressaltar que a concentração de cloretos está diretamente associada à alteração de sabor o cloreto não é tóxico ao ser humano; no entanto, sua presença em altas concentrações em águas para o consumo pode atribuir um sabor salgado. O valor máximo permitido, em águas para o consumo humano de 250 mg. L⁻¹ estabelecido pela MS.

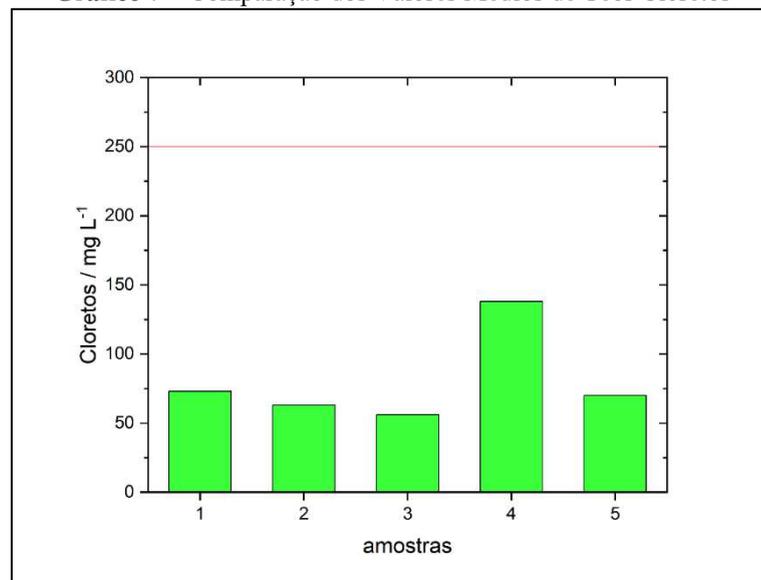
Tabela 8 – Medidas de Valores Médios do Teor Cloretos

Amostra	Teor de Cloro (mg. L ⁻¹)
VMP pelo MS	250
1-Arraial	73 ± 1
2-Brunos	63 ± 8
3-Euzébio	56 ± 5
4-Novo	138 ± 9
5-Porções	70 ± 8

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Observa-se no gráfico 7 que os valores de cloretos das amostras de águas analisadas variam entre 56 e 138 mg. L⁻¹. à linha vermelha no gráfico informa o VPM estabelecido pela portaria. Portanto, estão de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 888/2021. O valor de 138 mg. L⁻¹ do açude novo, maior valor de teor de cloretos pode ser devido a atividades humanas constantes no açude.

Gráfico 7 – Comparação dos Valores Médios de Teor Cloretos



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

6 CONCLUSÕES

Volto a ressaltar a importância da água como recurso vital, logo as análises físico-química para avaliar a qualidade da água são essenciais para assegurar o acesso a água potável e promover a preservação dos recursos hídricos.

Ao concluir este estudo das amostras de águas dos açudes da região rural da cidade de Conceição-PB nos distritos de Mata Grande e Montevideu, observou-se que as propriedades físico-químicas analisadas de todas as amostras, estão de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria n.º 5/2017 e a Portaria n.º 888/2021. Portanto estas podem ser utilizadas para atividades em geral, porém é necessário um monitoramento periódico da qualidade das águas, os parâmetros físico-químicos que definem a qualidade da água variam ao longo do tempo e no espaço, e são sensíveis às variações na precipitação e vazão. Em outras palavras, diferenças nessas condições afetam os resultados desses parâmetros. Neste estudo, observou-se que os parâmetros físico-químicos apresentaram resultados semelhantes nas amostragens. Isso pode ter ocorrido devido à semelhança do solo e da vegetação na região, durante o período de coleta das amostras, ocorreu uma baixa quantidade de precipitação.

Portanto, para futuras análises da qualidade da água desses açudes, é recomendável considerar a inclusão de análises biológicas, considerando as épocas de chuva e seca, e em diferentes seções dos açudes isso permitirá obter uma avaliação mais abrangente e precisa.

REFERÊNCIAS

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas. **Últimos volumes informados dos açudes.** AESA/UFCG-LSI, 2021. Disponível em: [Últimos Volumes Informados dos Açudes – AESA](#). Acesso em: 15 ago. 2023..
- AESA. Relatório Anual Sobre A Situação Dos Recursos Hídricos Do Estado Da Paraíba. AESA, 2022. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2023/04/Ano-2021.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2023.
- Agência Nacional de Águas (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: **informe anual**. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: [Introducao \(webflow.io\)](#) Acesso em: 01 jul. 2023.
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: **informe anual**. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: [Introducao \(webflow.io\)](#) Acesso em: 01 jul. 2023.
- ALCOFORADO, F. A. Questão Da Água No Mundo E Seus Imensos Desafios. **Direito UNIFACS–Debate Virtual**, 2019.
- ANA. Educação e Capacitação em Gestão de Recursos Hídricos, Segurança de Barragens e Regulação no Saneamento: **Histórico E Relatório 2022**. Brasília - DF: ANA, 2023.
- ANA. Norma de referência para regulação dos serviços públicos de saneamento aprovada pela ANA entra em vigor. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/norma-de-referencia-para-regulacao-dos-servicos-publicos-de-saneamento-aprovada-pela-ana-entra-em-vigor-1>. Acesso em: 12 jul. 2023.
- ANA. **Indicadores De Qualidade - Índice De Qualidade Da Água Bruta Para Fins De Abastecimento Público (Iap)**. 2020. Brasília. Disponível em: [Portal da Qualidade das Águas \(ana.gov.br\)](#) Acesso em: 01 jul. 2023.
- APHA – AWWA – WEF. American Public Health Association; **American Water Work Association; Water Environment Federation**. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Public Health Assn: Washington, 2019.
- AQUASTAT. **Sistema Global de Informação sobre Água e Agricultura da FAO**. 2020 Disponível em :[AQUASTAT - Sistema Global de Informação sobre Água e Agricultura da FAO](#) Acesso em: 15 ago. 2023.
- ATKINS, P.; DE PAULA, J. Atkins, **física-química**. Rio de Janeiro: LTC, 2008. v. 2. ISBN 978- 85-216-1601-6. ATKINS, P.W.; JONES, L. Princípios de química: **questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 965 p.
- ATKINS, P W. Físico-Química: **fundamentos**. 3 ed. LTC, 2003

CHANDIO A, A *et al.* Impactos de curto e longo prazo das mudanças climáticas na agricultura: **uma evidência empírica da China**. 2020. Int J Clim Mudança Strateg Manag 12(2):201–221. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-05-2019-0026>

CONAMA. Câmara técnica de controle e qualidade ambiental e gestão territorial Brasília: ANA. 2020 Disponível em: [Página inicial - CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente \(mma.gov.br\)](#) Acesso em: 01 jul. 2023.

Conjuntura Dos Recursos Hídricos No Brasil 2022: gência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). ANA, 2022. Disponível em: [Introducao \(webflow.io\)](#) Acesso em: 10 jul. 2023.

COTRUVUO, J.A. WHO Guidelines for Drinking Water Quality: **First Addendum to the Fourth Editio**. American Water Works Association: JOURNAL AWWA, 2017.

COUSTEAU, A. Another Cousteau Working to Save the Waters. **New York Times All**, 2012. Disponível em: [Another Cousteau Working to Save the Waters - The New York Times \(nytimes.com\)](#) Acesso em: 21 jul. 2023.

DAMASCENO P, J. *et al.* Análise Da Qualidade Da Água Do Açude Epitácio Pessoa No Município De Boqueirão–PB. **Água subterrâneas análise da qualidade**. 2019. Disponível em: [Águas Subterrâneas – O que são? – ABAS](#). Acesso em: 24 ago. 2023.

DE VARGAS, T. *et al.* Mapas de zonas potenciais de recarga da água subterrânea como uma nova ferramenta para a segurança hídrica do abastecimento público. **Águas Subterrâneas**, 2023. Disponível em [As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil – Instituto de Geociências \(usp.br\)](#) Acesso em: 12 jul. 2023.

DIHR – Instituto Dinamarquês de Direitos Humanos (2014). O Marco da AAAQ e o Direito à Água. **Indicadores Internacionais de Disponibilidade, Acessibilidade, Aceitabilidade e Qualidade**. O Instituto Dinamarquês de Direitos Humanos da Dinamarca Instituição Nacional de Direitos Humanos. ISBN: 978-87-93241-01-5. Disponível em: [Pesquisa de ISBN · Portal de Serviços CBL \(cblservicos.org.br\)](#) acesso 13 jul 2023.

EMATER. Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMATER GETEC - EMPAER - 2014/2022 Disponível em: [Dados Pluviométricos - EMATER Paraíba](#) Acesso em 10 set. 2023.

EPA. Direito a água e saneamento. 2019 **UN-Water** Disponível em: <https://www.unwater.org/water-facts/human-rights/>, acesso em 20 de jul de 2023

European Commission. DIRECTIVA 1990/269/CEE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 23 de outubro de 2000 que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água: **O PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA**, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, 2019.

FAO. **Arquivo de notícias** 2020. Disponível em: [2020 | A FAO | Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura](#) Acesso em: 15 ago. 2023.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil: Identificação de Áreas Prioritárias**. Brasília, 2017. Disponível em: [fao.org/3/i7251o/i7251o.pdf](https://www.fao.org/3/i7251o/i7251o.pdf), Acesso em: 3 set. 2023.

FELTRE, R. **Fundamentos de Química**: vol. único. 4ª.ed. São Paulo: Moderna, 2005. 700 p.

FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Orientações para utilização de águas subterrâneas no estado de São Paulo**. Disponível em: [fiesp.com.br](https://www.fiesp.com.br) Acesso em: 21 Out. 2023.

FREITAS, M. A. V. de; SANTOS, A. H. M. Importância da água e da informação hidrológica. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). **O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos**. Brasília, DF: ANEEL/MME/ MMA-SRH/OMM, 2019

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Caderno didático técnico para curso de gestão de sistemas de abastecimento de água em áreas rurais do Brasil**. Brasília: Funasa, 2020. [funasa.gov.br/documents/20182/38564/CADERNO_SUSTENTAR_Gestao_de_Sistemas_Abastecimento_de_agua_em_areas_rurais.pdf/7d1db27c-6286-4589-b75a-0cfb8f7c16b6](https://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/CADERNO_SUSTENTAR_Gestao_de_Sistemas_Abastecimento_de_agua_em_areas_rurais.pdf/7d1db27c-6286-4589-b75a-0cfb8f7c16b6). Acesso em: 13 jul. 2023.

GOMES, M. A. F. Água: sem ela seremos o Planeta Marte de amanhã. **Embrapa Meio Ambiente**, mar, 2019.

GONTIJO, G. M. *et al* **Uso conservativo da água na agricultura irrigada**. 2. ed. Brasília, DF: Emater-DF, 2019.

Google Maps. (2023). Disponível em: [Google Maps](https://www.google.com/maps). Acessado em 19 out. 2023

GRAEBIN, J. T. *et al*. **Avaliação da eficiência de métodos comerciais para a redução da dureza da água e desenvolvimento de método instrumental para a determinação da dureza total da água**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 8., 2019, Bento Gonçalves. 8º SICT. Bento Gonçalves: Sict Res, 2019. Disponível em: [3657 \(ifrs.edu.br\)](https://www.ifrs.edu.br) acesso em 20 de jul de 2023

HAARSTRICK, M. B. A. **Gestão de Água e efluentes**. **Switzerland AG**: Springer Cham, 2022. ISBN 978-3-030-95287-7.

HERRERA, L. Conciliar aspirações globais e realidades locais: desafios enfrentados pelos objetivos de desenvolvimento sustentável para água e saneamento. **Desenvolvimento Mundial**, 118, 106–117. 2019

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Conceição-PB. **Cidades e Estados**. 2022. Disponível em: [Conceição \(PB\) | Cidades e Estados | IBGE](https://www.ibge.gov.br/conceicao-pb/cidades-e-estados). Acesso em 02 set. 2023

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), órgão do Ministério da Agricultura e Pecuária, **Gráficos Climatológicos**. 2022 Disponível em: [INMET :: Clima](https://www.inmet.gov.br/clima). Acesso em 10 set. 2023.

ISO. INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN Nº 35, DE 21 DE AGOSTO DE 2019. **DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO**, 2022. Disponível em: [Instrução Normativa - IN nº 35, de 21 de agosto de 2019 - Instrução Normativa - IN nº 35, de 21 de agosto de 2019 - DOU - Imprensa Nacional](#). Acesso em: 05 jul. 2023.

KELMAN, J. *et al.* Hidreletricidade In: Rebouças, A C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. **Águas Doces no Brasil capítulo 11**. Escrituras São Paulo p371-417. 2019

LEE, J. D. **Química Inorgânica não tão concisa**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 4. ed. Campinas: Átomo, 2010.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A; CRISTOFIDIS, D., 2019. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. In: Freitas, M. A V., O Estado das Águas no Brasil. MME, MMA/SRH, OMM.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade – caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2019.

MEDEIROS FILHO, C. F. **Abastecimento de Água**. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande – PB, 2009. Disponível em: [Abastecimento de água | PDF \(slideshare.net\)](#) Acesso em: 04 ao. 2023.

MENEZES, J. C; MACHADO, C. A; NASCIMENTO, R. O. Uma análise científica da água. **V Colóquio Internacional “Educação e contemporaneidade”**. São Cristóvão, 2019.

MONTOVANI, C. P, **Condutividade elétrica e cloretos como indicador da qualidade de água**. 2021.

OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. Water Resources Governance in Brazil. Paris: **OECD**, 2015. Disponível em: [Water Resources Governance in Brazil | READ online \(oecd-ilibrary.org\)](#) acesso em 20 de ago. de 2023

OMS. Documento de informação técnica sobre água, saneamento, higiene e gestão das águas residuais para prevenir infecções e reduzir a propagação da resistência aos antimicrobianos: **Organização Mundial da Saúde (OMS)**, 2020. ISBN (OMS) 978-92-4-001479-4. Disponível em: [apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332243/9789240014794-por.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332243/9789240014794-por.pdf?), acesso em 18 jul. 2023.

OMS. Água, saneamento, higiene e saúde: **Um manual para os profissionais de saúde**. **Genebra**: Organização Mundial da Saúde; 2019. Disponível em: [Water, sanitation, hygiene and health: a primer for health professionals \(who.int\)](#), Acesso em: 15 jul. 2023.

ONU. O Valor Da Água, Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021. **ONU**, 2021. Disponível em: www.unesco.org/water/wwa. Acesso em: 28 jul. 2023.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Suplemento Fórum Mundial da Água**. Nações Unidas. FAO, março de 2019.

ONU. Pacto Global da ONU. **desperdício de água em redes de distribuição do Brasil**, 2020. Disponível em: [Pacto Global da ONU lança relatório sobre desperdício de água em redes de distribuição do Brasil | As Nações Unidas no Brasil Acesso](#) em: 23 ago. 2023.

PARRON, L; MUNIZ, D. H. F; PEREIRA, C. M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. **Embrapa Florestas**: Colombo, 2011.

PORTO, E. R.; GARAGORRY, F. L.; SILVA, A. de S.; MOITA, A. W. Risco climático: **estimativa de sucesso da agricultura dependente de chuva para diferentes épocas de plantio I**. Cultivo do feijão (*Phaseolus vul - garis L.*). Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 2017. 129 p. (EMBRAPACPATSA Documentos, 23).

QUEIROZ, V. C., Carvalho, R. C., & Heller, L. **Novas abordagens para monitorar as desigualdades no acesso à água e ao saneamento**. 2020 ODS na América Latina e no Caribe. *Água*, 12, 931.2020

SHRIVER; ATKINS. Química Inorgânica. 4 ed. **Guanabara Koogan**, 2008.

SILVA FILHO, E. D. *et al.* **Estudo da qualidade físico-química e microbiológica da água de poço tubular situado no sítio alegre no município de Lagoa Seca-PB**. *Águas Subterrâneas*, [S. l.], v. 33, n. 1, 2019. DOI: 10.14295/ras. v33i1.29278. Disponível em: [Água Subterrânea - Sema - Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura](#). Acesso em: 17 ago. 2023.

SILVA, W. B; BEZERRA, J. M; RÊGO, A. T. A. Watedo.ality in the Santa Cruz of the Apodi watershed, Rio Grande do Norte, Brazil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 164–173, 2021. DOI: 10.18378/rvads. v16i2.7837. Disponível em: [Water quality in the Santa Cruz of the Apodi watershed, Rio Grande do Norte, Brazil | Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável \(gvaa.com.br\)](#) Acesso em: 01 set. 2023.

SINGH, R. O homem da água do Rajastão. **Journal Frontline**, 2001. Disponível em: [Frontline Journals](#) . Acesso em: 04 jul. 2023

SKOOG; WEST; HOLLER; CROUCH. **Fundamentos de Química Analítica**. Tradução da 8ª edição norte-americana. São Paulo: CENGAGE Learning, 2006.

SOARES, S. C. da R.; COSTA, F. S. **Parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água em assen-tamento rural do Amazonas: o caso do PA Pacιά (Lábrea/AM)**. *Águas Subterrâneas*, [S. l.], v. 34, n. 2, 2020. DOI: 10.14295/ras.ras. vvvvv2.29896. Disponível em: [\(PDF\) Análise de Favorabilidade para Exploração de Água Subterrânea em Aquífero Costeiro, Estado do Maranhão \(researchgate.net\)](#). Acesso em: 29 ago. 2023.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I; NETTO, O. D. M. C. **Gestão da Água no Brasil**: Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e a Cultura. Brasília: **UNESCO**, 2019. ISBN: 85-87853-26-0.

TUNDISI, J. G; MATSUMURA-TUNDISI, T. *A Água*. São Carlos: **Scienza**, 2020

UNESCO, UN-Water, Água e Mudanças Climáticas, Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento da Água 2020, Paris, **UNESCO**. 2020

UNESCO. Progressos em termos de água potável, saneamento e higiene nos agregados familiares: 2000-2017. Atenção especial às desigualdades. **Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF)**: Nova Iorque e Organização Mundial da Saúde: Genebra; 2019. Disponível em: washdata.org/sites/default/files/documents/reports/2019-07/jmp-2019-wash-households.pdf acesso em 20 jul. de 2023

UNESCO. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2022: **Águas Subterrâneas Tornar visível o invisível**. disponível em: [World Water Assessment Programme | UNESCO](#) , acesso 19 jul. 2023.

UNICEF. Mais de 180 milhões de pessoas não têm água potável em países devastados por conflitos ou instabilidades. **UNICEF**. 2022. Disponível em: [UNICEF no Brasil](#), acesso 19 jul. 2023.

USEPA, 2014. Annual Compliance Report for Public Water, **Systems in the District of Columbia During Calendar Year 2014**. USEPA Region III, Philadelphia. Disponível em: [Drinking Water Health Advisories for PFOA and PFOS \(epa.gov\)](#) acesso em 20 jul. 2023

VASCONCELOS, M. B; CAJAZEIRAS, C. C. A; SOUSA, R. R. Aplicação Da Condutividade Elétrica Da Água Nos Estudos Hidrogeológicos Da Região Nordeste Do Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 23., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Foz do Iguaçu: ABRhidro, 2019. Disponível em: aplicação da condutividade elétrica.pdf. Disponível em: [Serviço Geológico do Brasil - SGB](#) Acesso em: 05 jul. 2023.

VERIATO, M. K. L. *et al.* Água: Escassez, crise e perspectivas para 2050. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 10, n. 5, p. 17–22, 2015. DOI: 10.18378/rvads.v10i5.3869. Disponível em: [Água: Escassez, crise e perspectivas para 2050 | Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável \(gvaa.com.br\)](#) Acesso em: 3 set. 2023.

VIANNA, R. C; JUNIOR, C. C. V; VIANNA, R. M. Os recursos de água doce no mundo—situação, normatização e perspectiva. **JURIS-Revista da Faculdade de Direito**, v. 11, p. 247-270, 2019.

VOGEL, A. I. **Química Analítica Qualitativa**. 5 ed. Mestre Jou, 1981.

VOGEL, N; BELTRAME, T. F. Tratamento de cátions sódio e potássio presentes em água produzida de petróleo sintética: uso de eletro diálise. **Águas Subterrâneas**, v. 36, n. 2, 2022.

WHO. (World Health Organization), 2017. Guidelines for Drinking-water Quality: **Fourth Edition Incorporating the First Addendum**. WHO, Geneva.

WHO. Orientações sobre Saneamento e Saúde. Genebra: **Organização Mundial da Saúde**; 2018. Disponível em: [Guidelines on sanitation and health \(who.int\)](#), acesso em 20 de Ago de 2023

World Health Organization (WHO) and UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene (JMP). **Geneva and New York**, 2017. Programa de Monitoramento Conjunto da OMS/UNICEF para Abastecimento de Água, Saneamento e Higiene. Disponível em: [Programa Conjunto de Monitorização do Abastecimento de Água, Saneamento e Higiene \(JMP\) da OMS/UNICEF - Progressos em matéria de água potável, saneamento e higiene 2000 - 2020 | UN-Água \(unwater.org\)](#) Acesso em: 10 jul 2023.

World Health Organization (WHO). Protecting surface water for health: Identifying, assessing and managing drinking-water quality risks in surface-water catchment. Geneva: **World Health Organization**, 2019.

World the Bank. **Dados sobre água**. 2019. Disponível em: [Brasil: Desenvolvimento, pesquisa e dados | Banco Mundial \(worldbank.org\)](#). Acesso em 12 ago. 2023