



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE  
UNIDADE ACADÊMICA DE BIOLOGIA E QUÍMICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

JEFFERSON BARBOSA DANTAS

**CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE AMOSTRAS DE  
ÁGUA DAS CIDADES DE BAYEUX, SANTA RITA E JOÃO PESSOA,  
PERTENCENTES AO ESTADO DA PARAÍBA**

CUITÉ - PB

2023

JEFFERSON BARBOSA DANTAS

**CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE AMOSTRAS DE  
ÁGUA DAS CIDADES DE BAYEUX, SANTA RITA E JOÃO PESSOA,  
PERTENCENTES AO ESTADO DA PARAÍBA**

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 para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Fabián Velardez

CUITÉ - PB

2023

D192c Dantas, Jefferson Barbosa.

Caracterização dos parâmetros físicos-químicos de amostras de água das cidades de Bayeux, Santa Rita e João Pessoa, pertencentes ao Estado da Paraíba. / Jefferson Barbosa Dantas. - Cuité, 2023.  
58 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 - potabilidade - Santa Rita-PB. 3. Água - potabilidade - Bayeux-PB. 4. Água - potabilidade - João Pessoa-PB. 5. Água - consumo humano. I. Velardez, Gustavo Fabián. II. Título.

CDU 556(043)

JEFFERSON BARBOSA DANTAS

**CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE  
AMOSTRAS DE ÁGUA DAS CIDADES DE BAYEUX, SANTA  
RITA E JOÃO PESSOA, PERTENCENTES AO ESTADO DA PARAÍBA**

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 para a obtenção  
do título de Licenciado em Química.

Aprovado em 01 de novembro de 2023.

Banca Examinadora:

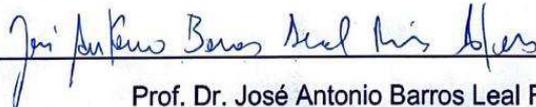


GUSTAVO  
VELARDEZ

---

Prof. Dr. Gustavo Fabián Velardez

Orientador – CES/UFCG



---

Prof. Dr. José Antonio Barros Leal Reis Alves

Examinador – CES/UFCG



---

Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas

Examinador – CES/UFCG

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família, em especial à minha mãe, Joseana Soares, ao meu pai, Josivan Pereira, ao meu irmão, Jean Barbosa, à minha avó Maria do Carmo, ao meu avô José Aprígio e ao meu tio Josélio Soares pelo amor, incentivo e carinho.

À minha namorada, Milena Bezerra, pelo amor, carinho e apoio durante os meus momentos mais exaustivos nessa jornada, e à minha enteada, Maria Alice, por ter me feito encantar novamente com as coisas mais simples da vida.

Aos meus amigos pelo suporte e carinho, em particular a William David, por estar ao meu lado desde o Ensino Médio, aturando minhas peculiaridades e proporcionando conversas profundas. A Roberta Simas, por ter surgido em uma das épocas mais difíceis da minha vida e por ter me feito enxergar as coisas com mais calma. Ao Matheus Adami, por ter sido essencial nessa reta final do meu curso, me ensinando sobre Cálculo Diferencial e Integral e Estatística.

Ao meu professor do Ensino Médio, Josias Santos, por ter me inspirado a escolher o curso de Química. Ao meu orientador, Gustavo Velardez, pelo apoio e paciência que teve comigo desde que começamos a trabalhar juntos. Aos professores José Antônio e Juliano Carlo por terem me concedido a honra de comporem a banca examinadora do meu TCC. Aos professores do CES que contribuíram para a minha formação profissional, de maneira direta e indireta. Ao PET-Química pela experiência proporcionada.

De modo geral, sou grato de coração por todas as pessoas que torceram por mim durante a minha graduação.

## RESUMO

A água desempenha um papel crucial na sustentação da vida, sendo usada de várias maneiras no cotidiano humano. No entanto, a água consumida pela população deve atender aos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo analisar a qualidade da água do rio Paroeira e da água de torneira de algumas residências localizadas nas cidades de Bayeux, Santa Rita e João Pessoa, do estado da Paraíba, baseando-se nos parâmetros físico-químicos de potabilidade definidos pela Portaria nº 5/2017 e pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde. As coletas das amostras ocorreram em março de 2023 e foram efetuadas medições de pH, Condutividade, Alcalinidade, Dureza, Turbidez e teor de Cloretos. Os resultados indicaram que as amostras de água de torneira da cidade de Bayeux e João Pessoa estão de acordo com os padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Todavia, a amostra de Santa Rita apresentou um pH fora dos limites estabelecidos pelo Ministério de Saúde e a amostra do rio Paroeira excedeu os Valores Máximos Permitidos para os parâmetros Dureza e Cloretos. Além disso, a Condutividade Elétrica da amostra do rio Paroeira atingiu um valor de  $(3132 \pm 31) \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , indicando a possibilidade de contaminação ou poluição por despejo de efluentes. Assim, os resultados observados realçam a importância de estudos adicionais para uma avaliação abrangente da qualidade da água dos locais de estudo.

**Palavras-chaves:** água da torneira, consumo humano, potabilidade da água, Ministério de Saúde.

## ABSTRACT

Water plays a crucial role in sustaining life and is used in various ways in human daily life. However, the water consumed by the population must meet the standards set by the Ministry of Health. In this context, this study aimed to analyze the quality of water from the Paroeira River and tap water from some homes located in the cities of Bayeux, Santa Rita and João Pessoa, in the state of Paraíba, based on the physical-chemical parameters of potability defined by Ordinance No. 5/2017 and Ordinance No. 888/2021 of the Ministry of Health. Samples were collected in March 2023 and pH, conductivity, alkalinity, hardness, turbidity and chloride content were measured. The results indicated that the tap water samples from the cities of Bayeux and João Pessoa complied with the standards set by the Ministry of Health. However, the sample from Santa Rita had a pH outside the limits set by the Ministry of Health and the sample from the Paroeira River exceeded the Maximum Permitted Values for the Hardness and Chloride parameters. In addition, the Electrical Conductivity of the Paroeira River sample reached a value of  $(3132 \pm 31) \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , indicating the possibility of contamination or pollution from effluent discharge. Thus, the results observed highlight the importance of additional studies for a comprehensive assessment of the water quality of the study sites.

**Keywords:** tap water, drinking water, water potability, Ministry of Health.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Os diferentes tipos de climas zonais do Brasil .....	18
<b>Figura 2</b> – Estado Paraíba e as cidades do local de estudo.....	30
<b>Figura 3</b> – Regiões territoriais das cidades de Bayeux, Santa Rita e João Pessoa .	30
<b>Figura 4</b> – Pontos de coleta das amostras de água da cidade de Bayeux-PB .....	31
<b>Figura 5</b> – Ponto de coleta da amostra de água da cidade de Santa Rita-PB.....	31
<b>Figura 6</b> – Ponto de coleta da amostra de água da cidade de João Pessoa-PB.....	32
<b>Figura 7</b> – Local do rio Paroeira onde foi coletada a amostra de água .....	32
<b>Figura 8</b> – pHmetro utilizado para determinar o pH das amostras .....	33
<b>Figura 9</b> – Condutivímetro utilizado para determinar a CE das amostras .....	34
<b>Figura 10</b> – Fluxograma para a análise de Alcalinidade .....	34
<b>Figura 11</b> – Fluxograma para a análise de Dureza.....	35
<b>Figura 12</b> – Turbidímetro utilizado para determinar a Turbidez das amostras .....	36
<b>Figura 13</b> – Fluxograma da determinação de Cloretos das amostras .....	37

### GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Proporções de Carbonatos, Bicarbonatos e Ácido Carbônico em função do pH.....	24
<b>Gráfico 2</b> – Precipitação em Bayeux-PB no período de 01 de dezembro de 2022 até 01 de maio de 2023.....	28

### TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Classificação da água em função da Dureza.....	25
<b>Tabela 2</b> – Amostras e seus locais de coleta.....	29
<b>Tabela 3</b> – Valores médios das medições de pH nas amostras, com um nível de confiança de 95%.....	38

<b>Tabela 4</b> – Valores médios das medições de CE nas amostras, com um nível de confiança de 95%.....	40
<b>Tabela 5</b> – Valores médios das medições para Turbidez nas amostras, com um nível de confiança de 95%.....	41
<b>Tabela 6</b> – Valores médios das medições para Dureza nas amostras, com um nível de confiança de 95%.....	42
<b>Tabela 7</b> – Valores médios das medições para Alcalinidade nas amostras, com um nível de confiança de 95% .....	44
<b>Tabela 8</b> – Valores médios das medições para o Teor de Cloretos nas amostras, com um nível de confiança de 95% .....	45

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas
ANA	Agência Nacional das Águas
ANE	Águas do Nordeste
APHA	<i>American Public Health Association</i>
AWWA	<i>American Water Work Association</i>
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CE	Condutividade Elétrica
CES	Centro de Educação e Saúde
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EDTA	Etilenodiaminotetraacetato
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MS	Ministério da Saúde
NET	Negro de Eriocromo T
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i>
OD	Oxigênio Dissolvido
ODS	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PB	Paraíba
PET	Politereftalato de etileno
STD	Sólidos totais dissolvidos
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
VMP	Valor Máximo Permitido
WEF	<i>Water Environment Federation</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
±	Mais ou menos
°C	Grau Celsius
Ca <sup>2+</sup>	Íon cálcio
CaCO <sub>3</sub>	Carbonato de cálcio
CO <sub>2</sub>	Gás carbônico
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Carbonatos
KCl	Cloreto de Potássio
AgNO <sub>3</sub>	Nitrato de Prata
K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	Cromato de Potássio
Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	Cromato de Prata
AgCl	Cloreto de Prata
Ag <sup>+</sup>	Íon prata
Cl <sup>-</sup>	Íon cloreto
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Íon cromato
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Carbonato de Potássio
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Carbonato de Sódio
g.mol <sup>-1</sup>	Grama por mol
H <sub>2</sub> O	Água
H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	Íon hidrônio
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Íon Bicarbonato
Km <sup>2</sup>	Quilômetro quadrado
Mg <sup>2+</sup>	íon magnésio
mg.L <sup>-1</sup>	Miligramas por litro
m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	Metro cúbico por segundo
OH <sup>-</sup>	Íons hidróxidos
P.A	Peso atômico
pH	Potencial Hidrogeniônico
mS.m <sup>-1</sup>	Milisiemens por metro
μS.cm <sup>-1</sup>	Microsiemens por centímetro

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	Objetivo Geral.....	16
2.2	Objetivos Específicos .....	16
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	17
3.1	Água .....	17
3.2	A água no Brasil .....	18
3.3	Uso de água na agricultura .....	19
3.4	Águas para o consumo humano.....	20
3.5	Aspectos físico-químicos da água.....	21
3.5.1	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	22
3.5.2	Condutividade Elétrica (CE) .....	22
3.5.3	Alcalinidade .....	23
3.5.4	Dureza Total.....	25
3.5.5	Turbidez .....	26
3.5.6	Cloretos.....	27
4	METODOLOGIA .....	28
4.1	Local de estudo .....	28
4.2	Amostragem .....	28
4.3	Caracterização dos parâmetros físico-químicos.....	32
4.3.1	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	33
4.3.2	Condutividade Elétrica (CE) .....	33
4.3.3	Alcalinidade .....	34
4.3.4	Dureza Total.....	35
4.3.5	Turbidez .....	36
4.3.6	Teor de Cloretos .....	36
4.4	Análise estatística dos dados .....	37
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
5.1	Caracterização do parâmetro: Potencial Hidrogeniônico (pH).....	38
5.2	Caracterização do parâmetro: Condutividade Elétrica (CE) .....	40
5.3	Caracterização do parâmetro: Turbidez .....	41
5.4	Caracterização do parâmetro: Dureza.....	42
5.5	Caracterização do parâmetro: Alcalinidade .....	44

5.6	Caracterização do parâmetro: Cloretos .....	45
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
7	REFERÊNCIAS .....	48

## 1 INTRODUÇÃO

A água é uma substância fundamental para a sustentação da vida e dos ecossistemas do planeta Terra. Aproximadamente 97% da água presente no planeta é salgada, restando apenas cerca de 3% de água doce. Desse pequeno quantitativo de água doce, 69% está nas geleiras, cerca de 30% está armazenada em aquíferos e 1% nos rios (MELO; DIA; OLIVEIRA, 2022; SOUSA; CUNHA, 2023). Logo, essa aparente abundância da água no planeta é contrastada com a sua real disponibilidade.

Inevitavelmente, o crescimento populacional e o desenvolvimento econômico afetam o ciclo natural da água, resultando em sua degradação e tornando-a inadequada para consumo. Cabe ressaltar, que esses fatores afetam a integridade da água, acelerando sua degradação ambiental (VENANCIO *et al.*, 2015). Associado a isso, a água potável, a cada ano, vem se tornando mais escassa. Situação que é agravada pelo mal manejo dos recursos hídricos e os impactos das mudanças climáticas (CAMPOS, 2021).

No Brasil, várias cidades enfrentam crises de abastecimento, embora seja um dos países com maior percentual de água doce do planeta. Essa situação é vivenciada, por exemplo, em várias cidades localizadas na Região Norte, que embora cortadas por diversos rios e canais, apresentam uma escassez de água potável (MENDONÇA; FILHO; MAMED, 2023).

Na região Nordeste do Brasil, alguns fatores agravam o problema de abastecimento de água, tais como os períodos prolongados de seca e/ou estiagem, a renda baixa da população, principalmente nas zonas rurais, o crescimento rápido e desordenado das demandas por água, a alta degradação da qualidade dos mananciais utilizados, a ineficiência dos serviços fundamentais de saneamento básico, a distribuição desigual de recursos entre as regiões do país e as limitações orçamentárias enfrentadas pelos municípios (SANTOS *et al.*, 2022b).

Ademais, a região Nordeste que depende fortemente da água armazenada em seus reservatórios, apresentou uma grande seca que se estendeu de 2012 até 2016. No período de 2017 a 2020, observou-se uma melhora progressiva na situação de seca em todos os 9 estados da região Nordeste, que saíram da condição de seca muito severa em 2017 (ANA, 2022). E no início de 2022 o volume armazenado pelo reservatório do Nordeste era equivalente a 32,4%, valor semelhante ao observado no início de 2021 (ANA, 2023).

Entretanto, a região Nordeste comumente é afetada por secas seguidas de inundações provocadas pelo caráter torrencial e concentrado das chuvas, afetando as atividades econômicas e o cotidiano das comunidades (SILVA; FERREIRA; SANTOS, 2017). E apesar da região concentrar cerca de 56,7 milhões de habitantes, o que corresponde a aproximadamente 30% da população do país, distribuídos ao longo de 1,6 milhão de km<sup>2</sup>, em cerca de 20% da extensão territorial brasileira (MATOS, 2019), a região do Nordeste detém apenas 3% das águas doces do país. E as secas, juntamente com a falta de gestão de água comprometem o direito a um suprimento adequado de água a essa população (AZEVEDO, 2015).

Quanto à qualidade da água, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), esclarece que os parâmetros de qualidade da água podem divergir de acordo com sua finalidade, seja para consumo humano, irrigação ou outras atividades (CONAMA, 2005). Entretanto, em certas situações, a integridade da água pode afastar-se dos padrões estabelecidos em termos físico-químicos e/ou microbiológicos. Nesse contexto, as Portarias de Consolidação GM/MS nº 5 datada de 28 de setembro de 2017 e nº 888 datada de 4 de maio de 2021 determinam a necessidade de se realizar o monitoramento e supervisão da água utilizada para consumo humano (BRASIL, 2017, 2021).

Desse modo, é importante destacar que a qualidade da água é um fator importante, devendo estar dentro dos parâmetros estabelecidos para se evitar doenças de veiculação hídrica, que podem ser classificadas por doenças de origem hídrica e doenças de transmissão hídrica. As doenças de origem hídrica ocorrem devido à presença de substâncias orgânicas ou inorgânicas na água em concentrações acima dos padrões seguros para consumo humano. Por outro lado, nas doenças de transmissão hídrica, a água atua como um meio de transporte para agentes infecciosos, como microrganismos patogênicos, que podem afetar a saúde das pessoas (BEZERRA *et al.*, 2017).

Assim, é imprescindível que os parâmetros da água destinada ao consumo atendam aos critérios de potabilidade definidos pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2011, 2017, 2021).

Este estudo tem como objetivo conduzir análises dos parâmetros físico-químicos presentes em amostras de água da torneira de residências localizadas nas cidades de Bayeux, Santa Rita e João Pessoa, do estado da Paraíba. Além

disso, também abrange a análise da água do rio Paroeira, que é uma afluyente do rio Paraíba e passa pela cidade de Bayeux.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar a qualidade da água do rio Paroeira e das residências localizadas nas cidades de Bayeux, Santa Rita e João Pessoa, do estado da Paraíba.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar a avaliação dos parâmetros físico-químicos em amostras de água da torneira das casas localizadas nas cidades de Bayeux, Santa Rita e João Pessoa.
- Realizar a avaliação dos parâmetros físico-químicos em amostra de água do rio Paroeira.
- Examinar os resultados adquiridos e realizar uma comparação com os padrões de qualidade para água potável estipulados pelo Ministério da Saúde, definidos nas Portarias nº 5/2017 e nº 888/2021.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 Água

A água é um dos compostos mais amplamente distribuídos e significativos na superfície terrestre e cobre cerca de 70% da mesma. Ela é indispensável para a sustentação da vida, não somente devido às suas propriedades singulares, mas também porque nenhum processo metabólico acontece sem sua ação direta ou indireta (CARNELOSE, 2022).

Essa quantidade de água no planeta varia de acordo com os estados físicos em que ela está na natureza. No entanto, dentre o total, cerca de 97% é composta por água salgada, presente nos mares e oceanos, enquanto que aproximadamente 3% representam a água doce, encontrada em geleiras, reservas subterrâneas e em rios. Cabe destacar que, do quantitativo de água doce do planeta, 69% está nas geleiras, cerca de 30% está armazenada em aquíferos e 1% nos rios (MELO; DIA; OLIVEIRA, 2022; SOUSA; CUNHA, 2023).

No contexto das atividades econômicas, a água é imprescindível para o crescimento econômico do país, pois na medida em que é destinada ao uso humano e animal, produção de alimentos, atua nos procedimentos produtivos da indústria da mineração e da indústria de transformação, também é utilizada na geração de energia elétrica, navegação, turismo e lazer, e infelizmente como local para descarte e diluição de afluentes domésticos e industriais (MONTROYA; FINAMORE, 2019).

O aumento da população nas cidades e a rápida urbanização têm levado a um rápido crescimento na procura por água nas áreas urbanas. No entanto, a limitação de fontes de água disponíveis intensifica a competição entre usos da água e reduz o acesso a uma água saudável, transformando o fornecimento de água nas áreas urbanas em um desafio significativo para a administração dos recursos hídricos (GUEDES; RIBEIRO; VIEIRA, 2014).

Tal crescimento populacional, aumentou não só a necessidade de água para o abastecimento público, mas também para a agricultura em larga escala e a criação de mais indústrias, o que leva ao aumento do consumo de água. E essa junção do crescimento populacional com a necessidade da melhoria da qualidade de vida é o que amplifica o uso de água para diversos fins, consequentemente, surge a necessidade de uma abordagem de gestão integrada da água, de modo

que haja água suficiente e de boa qualidade para todos, sem impedir a cadeia de produção (REIS; SANCHES; MALDONADO, 2021).

### 3.2 A água no Brasil

Embora a água seja um recurso vasto no Brasil, correspondendo a cerca de 12% da reserva mundial de água doce da Terra, ela é tratada como um recurso escasso (MONTROYA, 2020). Além disso, o Brasil tem seus recursos hídricos distribuídos de forma desproporcional. Desse modo, há regiões com uma grande oferta de água e pequena população, como a região Norte, e regiões com uma grande população e pequena oferta de água, como a região Nordeste (CAMBRAINHA; FONTANA, 2015).

A disponibilidade de água, em grande parte, também é determinada pelo clima no país. O qual apresenta cinco tipos de climas zonais, baseados em medidas de chuva e temperatura: clima equatorial, clima tropical zona equatorial, clima tropical Nordeste oriental, clima tropical Brasil Central e clima temperado (NETTO, 2022; VEIGA; MEDRONHO; CARVALHO, 2019).

**Figura 1 – Os diferentes tipos de climas zonais do Brasil**



**Fonte:** IBGE (2023).

No que tange a região Nordeste, que comumente é afetada por secas seguidas de inundações provocadas pelo caráter torrencial e concentrado das chuvas, afetando as atividades econômicas e o cotidiano das comunidades (SILVA; FERREIRA; SANTOS, 2017), suas secas periódicas e prolongadas, juntamente com a falta de gestão de água, comprometem o direito a um suprimento adequado de água a população dessa região (AZEVEDO, 2015).

Além da escassez de água que representa um risco a saúde da população, temos também a degradação da qualidade da água que envolve a combinação de recursos hídricos e uma questão socioambiental. Portanto, pelo fato de nessas situações a água ser o bem mais precioso para as pessoas afetadas – apesar dos problemas relacionados a sua falta e má qualidade –, os recursos hídricos devem ser uma prioridade, devendo-se garantir o seu monitoramento, preservação e suprimento adequado para a população (LONDE *et al.*, 2014).

### **3.3 Uso de água na agricultura**

A agricultura é o setor que mais consome água, cerca de 70% de toda a água doce proveniente dos rios, lagos e aquíferos subterrâneos é utilizado por essa atividade. E apenas 22% dessas reservas são destinadas à indústria, enquanto 8% são utilizadas para fins domésticos (NASCIMENTO *et al.*, 2021). Em países em desenvolvimento, o percentual utilizado pelo setor agrícola é ainda maior, atingindo os 80%, devido tanto ao alto consumo inerente à atividade, quanto ao uso predominante de técnicas ineficientes de irrigação (SANTOS *et al.*, 2022a).

No Brasil, por exemplo, a demanda de água vem crescendo ao longo dos anos. E a retirada para irrigação aumentou de 640 para 965 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> nas últimas duas décadas, o que corresponde a aproximadamente 50% da retirada total para os diversos usos setoriais de água em 2020. Nesse sentido, vale salientar que a demanda para a irrigação pode ter um acréscimo de 15% em 2040 (ANA, 2022).

Além disso, nas últimas décadas tem ocorrido um aumento preocupante na população global. E esse aumento tem intensificado principalmente as atividades na agricultura, exigindo cada vez mais deste setor, pois se torna necessário uma maior produção de alimentos para suprir a crescente demanda mundial. Desse modo, se torna essencial para a sustentabilidade ambiental e da produção, o uso consciente e adequado da água na agricultura (FERNANDES *et al.*, 2013).

E para que aconteça tal mudança, com o objetivo de alcançar uma adequada e consciente utilização da água e produtividade na agricultura, é imprescindível adotar práticas para o uso eficiente da água de irrigação, intervindo na estrutura de irrigação atual, considerando os diversos tipos de cultivo, sistemas de irrigação e administração hídrica; nos métodos de manejo da irrigação; e em técnicas que permitem o aumento da eficiência no aproveitamento da água (COELHO; COELHO FILHO; OLIVEIRA, 2005).

### **3.4 Águas para o consumo humano**

A água não apenas desempenha um papel crucial nos setores comerciais e industriais no Brasil e no mundo, sendo empregada em diversas etapas de seus processos produtivos, mas também é essencial para todos os seres vivos (TAVARES; ARAÚJO, 2020). Pois é utilizada para atividades diárias como cozinhar, beber, higiene pessoal, limpeza e saneamento, razão pela qual a falta de água potável compromete esses usos cotidianos, podendo expor as pessoas a riscos de adoecimento (PONTES; SCHRAMM, 2004).

Contudo, de acordo com as diretrizes do Ministério da Saúde, a água potável destinada ao consumo humano deve atender aos critérios físico-químicos e microbiológicos estabelecidos, bem como aos limites para substâncias químicas que apresentam ameaça à saúde, incluindo cianotoxinas, e aos padrões organolépticos aceitáveis para garantir a potabilidade (BRASIL, 2011, 2017, 2021).

Portanto, em sistemas de abastecimento de água destinados ao consumo humano, supridos por fontes de água superficiais, além da avaliação físico-química da água é necessário realizar análises de outros parâmetros para determinar a potabilidade da água.

Dentre os frequentemente utilizados para avaliar a qualidade da água encontra-se a Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Oxigênio Dissolvido (OD) (BRASIL, 2021; JACOBOSKI; FACHINETTO, 2022). Tais parâmetros estão atrelados a presença de matéria orgânica, uma das principais causas da poluição das águas (MAXIMIANO, 2021). Além disso, há os índices de Coliformes Totais, Coliformes Termotolerantes e *Escherichia coli*, os quais podem indicar a presença de excrementos de animais (CEMBRANEL *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2020).

Apesar disso a presença de contaminantes presentes na água potável, tais como medicamentos, pesticidas e cianotoxinas têm se tornado uma crescente causa de preocupação em todo o mundo para os órgãos governamentais e as entidades ligadas à gestão hídrica. E no Brasil, as fracas estratégias governamentais e a insuficiência dos sistemas de saneamento, juntamente com o crescimento populacional, foram identificadas como as principais razões para a degradação da qualidade dos recursos hídricos (CARTAXO *et al.*, 2020).

Portanto, dentro deste cenário, o 6º Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) versa sobre a necessidade de aprimorar as questões relacionadas à água e ao saneamento até 2030, aspirando garantir um manejo sustentável da água, além da sua disponibilidade para todos (ONU, 2018).

### **3.5 Aspectos físico-químicos da água**

A potabilidade das águas superficiais para consumo humano pode ser afetada por eventos naturais nos ciclos biogeoquímicos, assim como também devido às atividades agropecuária, onde há o uso excessivo de pesticidas e fertilizantes. Portanto, o monitoramento das características físico-químicas da água permite detectar e medir a concentração de elementos iônicos presentes, e a partir das análises realizadas, os níveis identificados podem ser comparados com os critérios de qualidade da água vigentes (ROCHA *et al.*, 2019).

Ademais, a qualidade da água pode ser afetada também por metais pesados, que são capazes de provocar sérios danos ao meio ambiente e à saúde de quem a consome. Pois mesmo em baixas concentrações, os efeitos no corpo humano são severos. Em determinados casos, os impactos no sistema nervoso são difíceis de identificar em estágios iniciais, e além disso, alguns metais têm a capacidade de se acumular no organismo, podendo passar de uma condição crônica para uma aguda sem ser percebido (FERRAZ *et al.*, 2018). Outro fator preocupante é que a sua presença pode diminuir a capacidade de auto purificação da água, uma vez que eles exercem efeitos tóxicos sobre os microrganismos responsáveis por esse processo (CUNHA *et al.*, 2012).

Contudo, os critérios de qualidade da água consistem nos elementos físico-químicos e microbiológicos cujos valores devem estar em concordância com as normas estabelecidas (ALVES, 2019). E tais aspectos responsáveis por regulamentar e tornar a água adequada para o uso pela população, são definidos

pelos parâmetros de potabilidade conforme as diretrizes do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017, 2021).

Nesse contexto, alguns estudos reforçam a importância do monitoramento dos aspectos físico-químicos da água. Por exemplo, Correia *et al.* (2015) avaliaram os parâmetros físico-químicos do estuário do Rio Paraíba, em Cabedelo-PB; Oliveira (2023) analisou os parâmetros físico-químicos da água de bebedouros em escolas municipais de Sousa-PB; e Lima *et al.* (2020) investigou os aspectos físico-químicos da água do rio Pedra Comprida, em Sumé-PB.

### 3.5.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) de uma solução expressa a concentração de íons hidrogênio ( $H^+$ ). Essa concentração também pode ser indicada como um íon hidrogênio solvatado em água ( $H_3O^+$ ). Podendo ser expresso pelo logaritmo negativo da concentração do íon hidrônio ( $H_3O^+$ ),  $pH = -\log(|H_3O^+|)$ . A 25° C, o valor do pH varia de 0 a 14, sendo considerada uma solução neutra a que possui valor 7 para o pH, ácidas as que possuem valores inferiores, e básicas as que possuem valores superiores (BRUICE, 2006). Quando o  $pH = 7$ , é categorizado como um pH neutro porque a concentração de  $H^+$  é igual à do íon hidróxido ( $OH^-$ ) (MONTEIRO *et al.*, 2012).

Para o Ministério da Saúde, o intervalo aceitável para o pH de água destinada ao consumo humano abrange de 6,0 a 9,5 (BRASIL, 2011, 2017). O controle e monitoramento do pH é importante porque águas de pH muito baixo pode causar corrosão em tubulações e reservatórios, o que pode ser uma porta de entrada para microrganismos patogênicos e substâncias químicas contaminantes, enquanto as águas de pH muito alto pode provocar a formação de incrustações, devido a formação de hidróxidos metálicos e sais básicos, uma vez que o pH tem influência sobre a solubilidade de vários compostos (ALMEIDA, 2023; FUNASA, 2020; SOUSA FILHO, 2019).

### 3.5.2 Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica (CE) é o parâmetro físico-químico que mede a capacidade de condução de corrente elétrica pela água. Essa característica está intimamente ligada à presença de íons dissolvidos na água, que possuem cargas elétricas, e também à alcalinidade, que está diretamente associada à presença ou

ausência de carbonatos e bicarbonatos na água. Desse modo, a condutividade elétrica está relacionada ao teor de sais dissolvidos (STD) sob a forma de íons (FREITAS; ROISENBERG; ANDRIOTTI, 2016; SOUZA *et al.*, 2023).

No Sistema Internacional de Unidades (SI) a medida para condutividade elétrica é dada em milisiemens por metro ( $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$ ), entretanto, pode ser expressa por  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , que comumente é mais utilizada (APHA – AWWA – WEF, 2017).

O Ministério de Saúde não determina um padrão para a condutividade elétrica, porém, apesar de não ser um parâmetro muito utilizado para caracterizar a potabilidade de águas, a guia da Austrália, para monitoramento comunitário da qualidade da água e saúde hidroviária, que estabelece valores máximos para condutividade em variados usos para a água, determina que o valor de condutividade para água de torneira é de  $400 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (AUSTRÁLIA, 2010).

Ainda nesse contexto, águas naturais apresentam um valor para a condutividade no intervalo de 10 a  $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , podendo chegar a  $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  em ambientes poluídos devido a esgotos de origem doméstica ou industrial (PIRATOBA *et al.*, 2017). A condutividade também pode servir como um indicador das características hidroquímicas que influenciam a qualidade das águas subterrâneas, especialmente em estudos de custo reduzido. Além disso, dentre essas características hidroquímicas, é notório que a CE possui uma correlação com os níveis de cloreto (VASCONCELOS; CAJAZEIRAS; SOUSA, 2019).

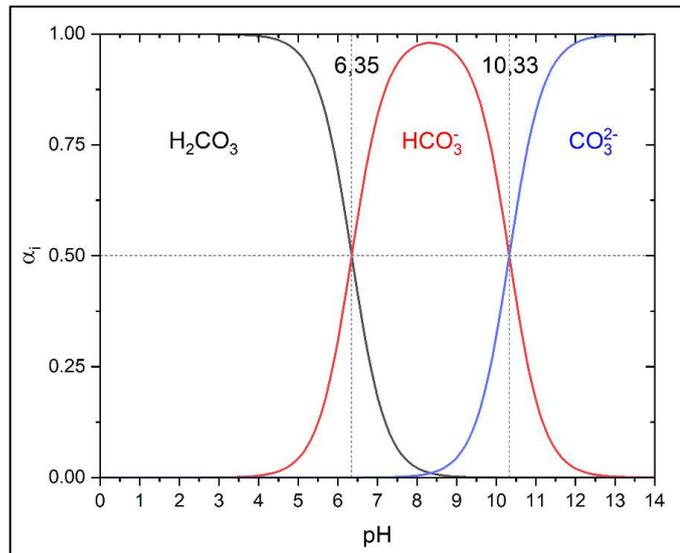
### 3.5.3 Alcalinidade

A alcalinidade indica a habilidade que a água tem de neutralizar ácidos. Esse indicativo tem grande importância, pois reflete no poder da água em agir como um tampão, ou seja, sua resistência às mudanças do pH. E os principais constituintes que influenciam para a variação da alcalinidade são os compostos bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ), e a proporção entre essas três formas na água depende do pH (NOLASCO *et al.*, 2020).

Como pode ser visto no gráfico 1, as três espécies de ácido carbônico se manifestam de acordo com as variações de pH. Em águas com um pH situado de 4,4 a 8,3, tem como causa a ocorrência de bicarbonatos, e quando o pH está entre 8,3 a 9,4, é devido a uma combinação dos compostos carbonatos e bicarbonatos, e quando o pH passa de 9,4, a alcalinidade está relacionada a hidróxidos e carbonatos. Consequentemente, em grande parte das águas naturais de

superfície, a alcalinidade se origina de forma predominante dos bicarbonatos, especialmente os de cálcio e magnésio (LIBÂNIO, 2010).

**Gráfico 1** – Proporções de Carbonatos, Bicarbonatos e Ácido Carbônico em função do pH



Fonte: Adaptado de Skoog *et al.* (2006).

Por convenção, a alcalinidade é quantificada em unidades de mg.L<sup>-1</sup> de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>), já que a maior parcela da alcalinidade presente na água é resultado das alterações químicas que ocorrem nos minerais de carbonato (LIMA, 2022).

Dentro das etapas no tratamento de águas, na ocasião em que a alcalinidade está em níveis muito baixos, é necessário induzir uma alcalinidade artificial para viabilizar o tratamento coagulante com sulfato de alumínio, isso pode ser alcançado através da adição de cal hidratada ou carbonato de sódio (QUEIROZ; OLIVEIRA, 2018).

No que se refere ao consumo humano, o parâmetro alcalinidade não tem significado sanitário, podendo ser ingerida sem restrições em quantidades moderadas. Entretanto, valores excessivos podem conferir à água um gosto amargo e desagradável, o que a torna inadequada para consumo em níveis elevados (PEREIRA *et al.*, 2010; QUEIROZ; OLIVEIRA, 2018). Além disso, águas naturais demonstram valores de alcalinidade entre 30 e 500 mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>, e um alto teor de alcalinidade está associado a atividades de decomposição de matéria orgânica, à alta taxa respiratória de microrganismos, por meio da liberação

e dissolução do gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e ao lançamento de efluentes (BATISTA, 2022; SILVA, 2019).

Nesse contexto, o Ministério de Saúde não menciona um valor máximo limite, entretanto, para a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), esse valor seria de 250 mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> para alcalinidade de bicarbonatos. Enquanto que para a alcalinidade proveniente de carbonatos esse valor seria de apenas 125 mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> (GIAMPÁ; GONÇALES, 2005).

#### 3.5.4 Dureza Total

A dureza é um parâmetro que revela a concentração de cátions em solução na água. Sendo os cátions do elemento cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>) os principais associados à dureza, em menor escala, os cátions multivalentes dos elementos ferro, manganês, estrôncio e alumínio. Podendo surgir nas águas tanto de maneira natural, como na dispersão de rochas calcárias que contêm altos níveis de cálcio e magnésio, quanto de forma antropogênica, através do descarte de efluentes industriais (SOUSA *et al.*, 2016).

Os valores para dureza da água são expressos em mg.L<sup>-1</sup> de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>), podendo-se categorizar a dureza como mole ou branda, para valores menores que 50 mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>; e de forma progressiva, dureza moderada para valores de 50 mg.L<sup>-1</sup> a 150 mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>; dura, para valores de 150 mg.L<sup>-1</sup> a 300 mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>; e para valores superiores a 300 mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> é considerada muito dura (JÚNIOR *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2018).

**Tabela 1** – Classificação da água em função da Dureza

<b>Classificação de água</b>	<b>Concentração em mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub></b>
Água mole ou branda	Menor que 50
Água com dureza moderada	Entre 50 e 150
Água dura	Entre 150 e 300
Água muito dura	Maior que 300

**Fonte:** Júnior *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2018

Existem também duas formas de expressar a dureza da água, uma é através da dureza temporária e a outra é através da dureza permanente. Na dureza permanente, os íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  estão ligados a sulfatos, cloretos, nitratos e outros, formando compostos solúveis; enquanto que a dureza temporária, deriva dos íons de cálcio e magnésio, que através do aquecimento podem precipitar, se combinando com íons bicarbonato e carbonato. Esse tipo de dureza pode ser removido através da fervura da água (CASTRO *et al.*, 2014).

Águas com alta dureza provocam incrustações dentro de tubulações, caldeiras e aquecedores que possuem água quente, devido aos cátions presentes na água precipitarem em temperaturas elevadas, prejudicando e levando a danos nos sistemas de fornecimento de água, afetando diretamente a população que depende desse abastecimento. E em uso doméstico, águas com alta dureza dificultam a formação de bolhas de sabão, o que provoca um gasto maior de sabão e dificulta o cozimento de alimentos (BRITO *et al.*, 2005; SOUSA *et al.*, 2016).

Ademais, quando a dureza é elevada, não apenas confere um sabor amargo e efeitos laxativos à água, mas também se torna inadequada para o consumo devido a sua associação com a ocorrência de problemas cardíacos e renais (BRAGA *et al.*, 2018; COSTA *et al.*, 2020).

Desse modo, através da Portaria nº 888/2021, o Ministério de Saúde determina nos padrões organolépticos de potabilidade, um valor máximo aceito de  $300 \text{ mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$  para dureza total da água (BRASIL, 2021).

### 3.5.5 Turbidez

A Turbidez é um parâmetro que mensura a dificuldade que um feixe de luz tem ao cruzar uma amostra de água devido à presença de partículas em suspensão (silte, argila, sílica, coloides), matéria orgânica e inorgânica finamente divididas, organismos microscópicos e algas. Esses materiais podem originar-se do solo; atividades industriais; mineração; ou até mesmo do despejo de esgoto doméstico não tratado, lançado em corpos de água (CANDIDO *et al.*, 2022).

Essa medida é feita através de um turbidímetro, que afere o espalhamento da luz ao passar pela amostra com o espalhamento da luz em uma suspensão padrão de referência, portanto, um maior espalhamento demonstra uma maior turbidez, sendo seus valores expressos em NTU (do inglês, *Nephelometric Turbidity Unit*) (CORREIA *et al.*, 2008).

A turbidez pode influenciar a aparência da água, impactando na sua aceitação. Além disso, pode aumentar os custos do tratamento da água e causar perturbações nos ecossistemas aquáticos devido à diminuição da penetração de luz (CORREIA *et al.*, 2015). Desse modo, o seu valor máximo aceitável é de 5,0 NTU pelo Ministério da Saúde para água potável, em conformidade com a regulamentação da Portaria nº 888/2021 (BRASIL, 2021).

### 3.5.6 Cloretos

Cloreto (Cl<sup>-</sup>) é a forma iônica do cloro, e ele representa um dos principais ânions inorgânicos encontrados em águas naturais e residuais. Podendo existir na forma de sais, como o cloreto de sódio (NaCl), a variação de cloretos tem como influência a localização geográfica do corpo de água em questão (DANIEL, 2023; ZÜGE; VENDRAME, 2018).

A concentração de cloretos na água, que, entre outras origens, pode resultar da lixiviação de rochas; irrigação com água contendo altas concentrações de sais; urina de pessoas e animais; e deposição de efluentes em corpos hídricos, sendo um possível indicador de poluição ou contaminação (NOLASCO *et al.*, 2020; OLIVEIRA; RAMIRES, 2019; SANTOS *et al.*, 2019).

Um alto teor de cloretos pode acelerar a corrosão em tubulações feitas de aço e alumínio, conferir à água sabor salgado (SOUSA *et al.*, 2019) e, embora a presença de elevadas concentrações de sais na dieta seja mais determinante, ser prejudiciais para pessoas com problemas cardíacos ou renais. Além disso, o uso da água pode ser limitado devido aos efeitos laxativos e ao aumento da condutividade elétrica (CE) (MONTOVANI, 2021).

Portanto, a análise dos cloretos presentes na água tem o propósito de obter dados sobre seu nível de mineralização ou possíveis sinais de contaminação. Sendo assim, o Ministério de Saúde através da Portaria nº 888/2021, define um valor máximo para cloretos de 250 mg.L<sup>-1</sup> nos parâmetros organolépticos para a potabilidade da água (BRASIL, 2021).

## 4 METODOLOGIA

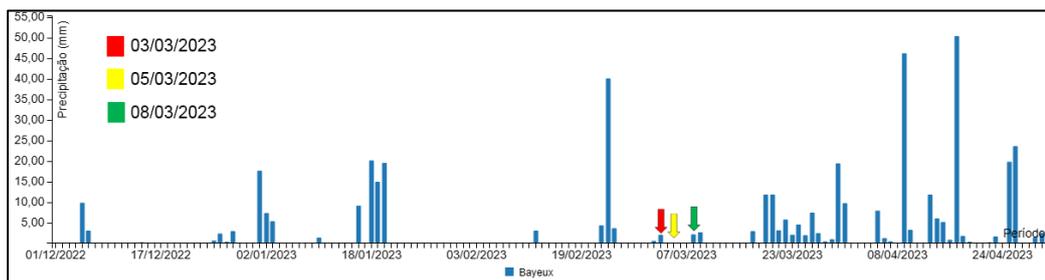
### 4.1 Local de estudo

As áreas de estudo estão situadas em quatro locais: nos bairros Tambay e Jardim São Severino da cidade de Bayeux, onde está localizado o rio Paroeira, precisamente nas coordenadas geográficas: 7° 07' 11" de latitude Sul e 34° 55' 47" de longitude Oeste; no bairro Marcos Moura da cidade de Santa Rita; e no bairro Padre Zé da cidade de João Pessoa, capital do estado Paraíba.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), a cidade de Bayeux tem uma população estimada de cerca de 82.742 habitantes, cobrindo uma área territorial de 22,705 km<sup>2</sup>. No caso de Santa Rita, a qual apresenta uma extensão territorial de 718,576 km<sup>2</sup>, a população é de aproximadamente 149.910 habitantes. Quanto à capital, João Pessoa, que se estende por uma área de 210,044 km<sup>2</sup>, a estimativa populacional é de 833.932 habitantes.

O gráfico 2 apresenta os volumes de precipitação que ocorreram em Bayeux para o período entre o mês de dezembro de 2022 até maio de 2023 de acordo com os dados meteorológicos da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA).

**Gráfico 2** – Precipitação em Bayeux-PB no período de 01 de dezembro de 2022 até 01 de maio de 2023



Fonte: Adaptado de AESA (2023).

### 4.2 Amostragem

Foi realizada a coleta de quatro amostras de água, sendo três amostras de água da torneira de residências localizadas no bairro de Tambay, Marcos Moura e Padre Zé das cidades de Bayeux, Santa Rita e João Pessoa, respectivamente, e uma amostra da água do rio Paroeira, situado no bairro Jardim São Severino da

cidade de Bayeux. O abastecimento de água nas cidades de Bayeux e João Pessoa é provido pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). Por outro lado, a cidade de Santa Rita recebe seu suprimento de água da empresa Águas do Nordeste (ANE) (ANE, 2023; CAGEPA, 2023).

As amostras coletadas foram identificadas, armazenadas em garrafas de politereftalato de etileno (PET) com capacidade de 2,0 litros, previamente higienizadas, e mantidas em refrigeração durante todo o período de análise (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011). A coleta das amostras foi realizada no mês de março de 2023, sendo a de Tambay efetuada no dia 02, a do Padre Zé no dia 04 e a do rio Paroeira e Marcos Moura no dia 05. Segundo as informações meteorológicas fornecidas pela AESA, dois dias antes do dia de coleta houve registros de chuva moderada na região do rio Paroeira, e três dias depois também, conforme é observado no gráfico 2 (AESA, 2023).

Diferente da amostra do rio Paroeira, as amostras de água de torneira de Bayeux, Santa Rita e João Pessoa receberam o nome do bairro em que foram coletadas. A tabela 2 apresenta as localidades de coleta das amostras.

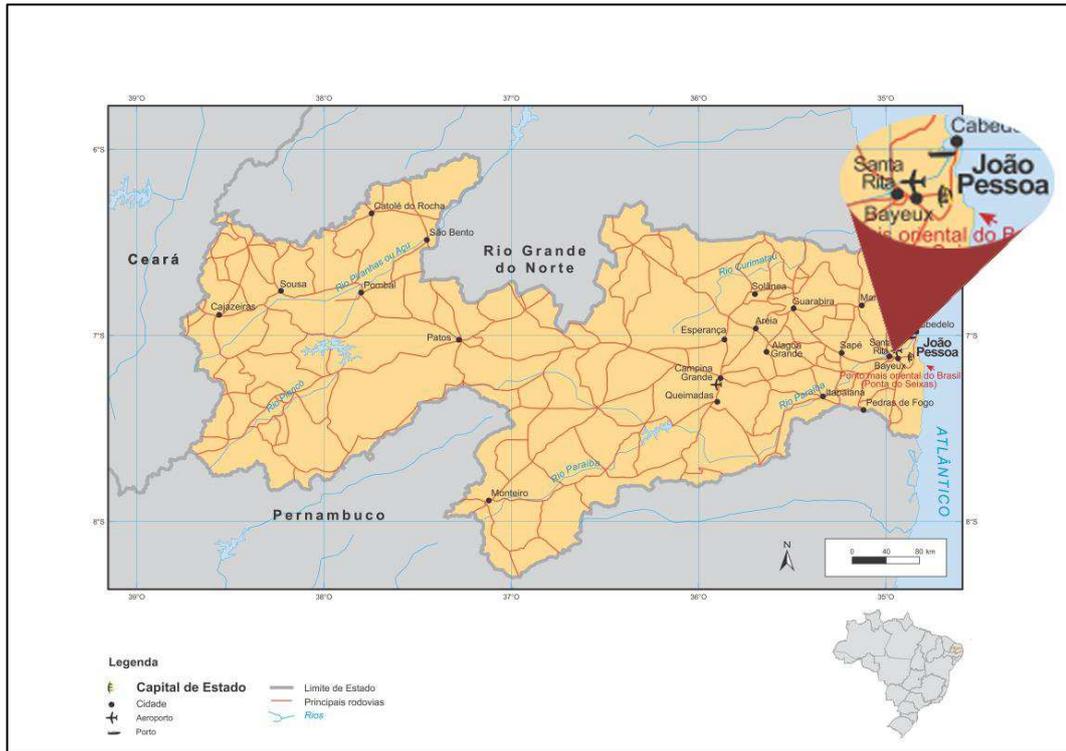
A figura 1 apresenta o estado Paraíba com destaque nas cidades do local de estudo. A figura 2 apresenta a região territorial das cidades de Bayeux, Santa Rita e João Pessoa. As figuras 3, 4 e 5 apresentam as cidades com seus respectivos pontos de coletas. E a figura 6 apresenta o local do rio Paroeira onde foi realizada a coleta.

**Tabela 2** – Amostras e seus locais de coleta

<b>Amostras</b>	<b>Localidades</b>
Tambay	Rua Francisco Marques da Fonseca
Marcos Moura	Rua Comendador Felipe Thiago Gomes
Padre Zé	Rua Ranulfo Lourenço dos Santos
Rio Paroeira	Próximo à rua Flávio Maroja

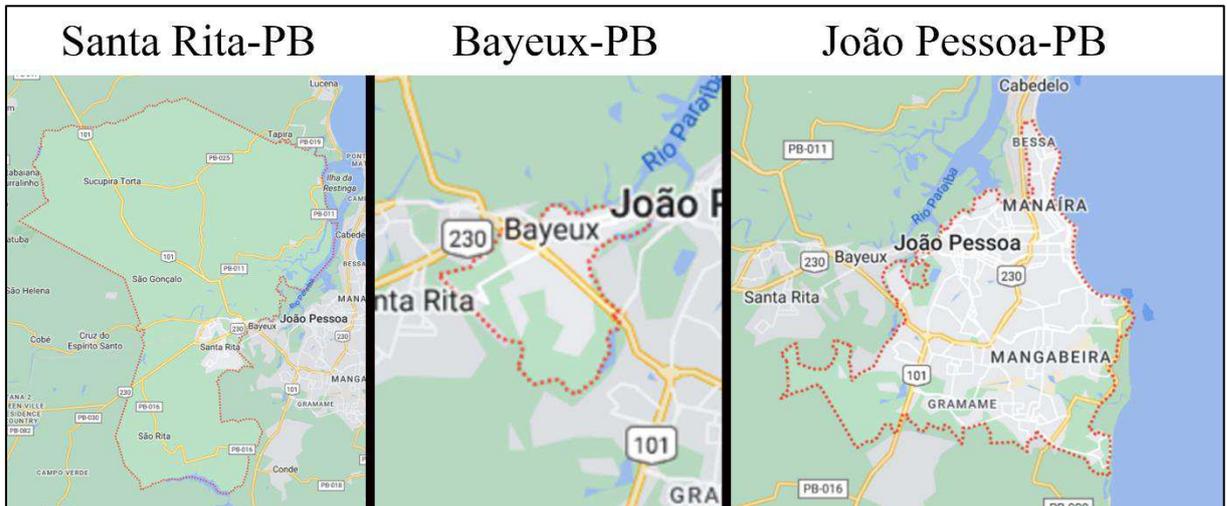
**Fonte:** Dados da pesquisa (2023).

**Figura 2 – Estado Paraíba e as cidades do local de estudo**



Fonte: Adaptado de IBGE (2023).

**Figura 3 – Regiões territoriais das cidades de Bayeux, Santa Rita e João Pessoa**



Fonte: Adaptado de Google Maps (2023).

**Figura 4 – Pontos de coleta das amostras de água da cidade de Bayeux-PB**



Fonte: Adaptado de Satellites.pro (2023).

**Figura 5 – Ponto de coleta da amostra de água da cidade de Santa Rita-PB**



Fonte: Adaptado de Satellites.pro (2023).

**Figura 6** – Ponto de coleta da amostra de água da cidade de João Pessoa-PB



**Fonte:** Adaptado de Satellites.pro (2023).

**Figura 7** – Local do rio Paroeira onde foi coletada a amostra de água



**Fonte:** Dados da pesquisa (2023).

### **4.3 Caracterização dos parâmetros físico-químicos**

As análises foram realizadas no Laboratório de Química Geral e Inorgânica (H10), Físico-Química (H08) e Química Analítica (H09), situado no Centro de Educação e Saúde (CES) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG),

campus Cuité-PB. As análises seguiram metodologias recomendadas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA – AWWA – WEF, 2017), pelo *Manual Prático de Análise de Água* (FUNASA, 2013) e pelo *Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água da EMBRAPA* (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

#### 4.3.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

As medidas de pH das amostras foram realizadas em triplicatas com um pHmetro da marca Simpla, modelo PH140. E o pHmetro foi previamente calibrado com soluções padrão de pH = 7,00 e pH = 10,00.

**Figura 8** – pHmetro utilizado para determinar o pH das amostras



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

#### 4.3.2 Condutividade Elétrica (CE)

Para as medições de condutividade Elétrica (CE) foram realizadas cinco replicatas com um condutivímetro da marca Alfakit, modelo AT-255, previamente calibrado com uma solução padrão de cloreto de potássio (KCl), com uma condutividade de  $146,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$ .

**Figura 9** – Condutivímetro utilizado para determinar a CE das amostras

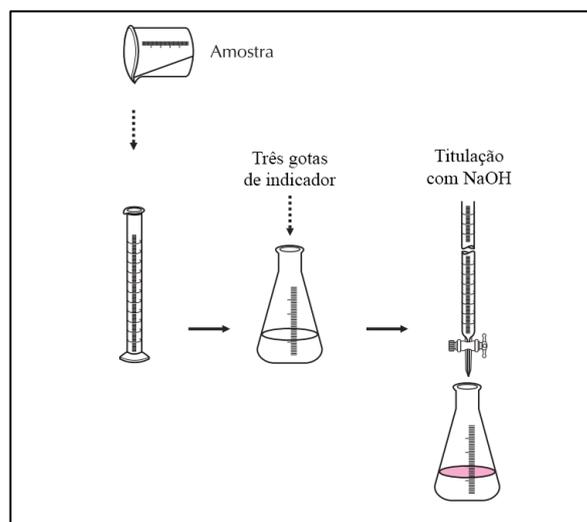


**Fonte:** Dados da pesquisa (2023).

### 4.3.3 Alcalinidade

A determinação de carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) foi executada em triplicatas através de titulações ácido-base. Como titulante foi utilizada uma solução de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) ( $0,0101 \pm 0,0002$ ) M padronizada. A solução foi preparada com 0,4020 g de  $\text{NaOH}$  sólido em 100 mL, a qual obteve uma concentração de ( $0,1005 \pm 0,0005$ )  $\text{mol.L}^{-1}$  e em seguida foi diluída para uma concentração de ( $0,0101 \pm 0,0002$ )  $\text{mol.L}^{-1}$ . Sua padronização foi adaptada de acordo com o pH da solução (SKOOG *et al.*, 2006). Como indicador ácido-base foi utilizado fenolftaleína. E os valores das medições foram expressos em  $\text{mg.L}^{-1}$  de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

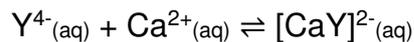
**Figura 10** – Fluxograma para a análise de Alcalinidade



**Fonte:** Adaptado de Funasa (2013).

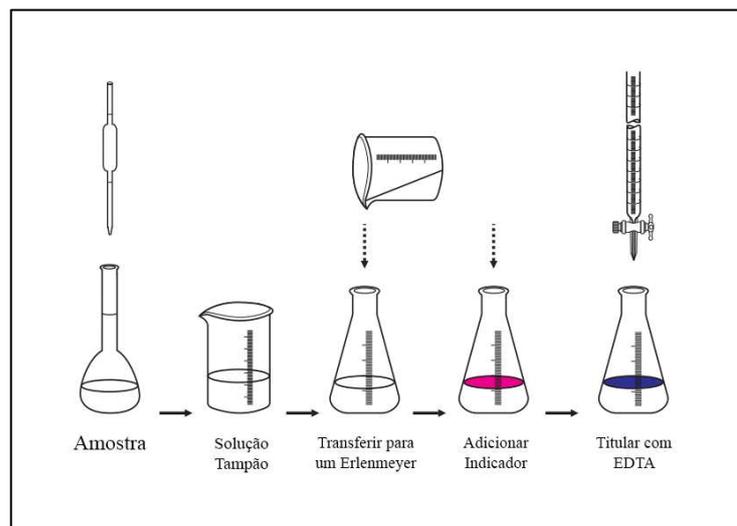
#### 4.3.4 Dureza Total

A determinação da Dureza foi realizada através de titulações de complexação em triplicatas e por meio da avaliação das concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  nas amostras. Os resultados são expressos em miligramas por litro ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ). O indicador usado para determinar a Dureza Total foi o Negro de Eriocromo T (NET) a  $\text{pH} = 9$ . E para a quantificação do íon  $\text{Ca}^{2+}$ , o  $\text{pH}$  foi ajustado para 12 e a determinação conduzida utilizando o indicador murexida. A concentração de  $\text{Mg}^{2+}$  foi calculada a partir da diferença entre as concentrações obtidas com o uso dos indicadores NET e murexida. Como agente titulante inicialmente foi utilizada uma solução de etilenodiaminotetraacetato (EDTA) ( $0,0152 \pm 0,0019$ ) M e posteriormente uma de ( $0,0136 \pm 0,0002$ ) M. Ambas foram padronizadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). (APHA – AWWA – WEF, 2017; SKOOG *et al.*, 2006).



Onde  $\text{Y}^{4-}$  representa a forma abreviada do EDTA desprotonado. O EDTA na sua forma ácida é representado por  $\text{H}_4\text{Y}$  (SKOOG *et al.*, 2006).

**Figura 11 – Fluxograma para a análise de Dureza**



**Fonte:** Adaptado de Funasa (2013).

#### 4.3.5 Turbidez

Para as medidas de turbidez foram realizadas oito replicatas para cada amostra utilizando um turbidímetro da marca Del Lab, modelo DLT-WV, previamente calibrado com soluções padrão com valores entre 0 e 1000 NTU.

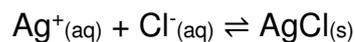
**Figura 12** – Turbidímetro utilizado para determinar a Turbidez das amostras



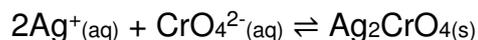
Fonte: Dados da pesquisa (2023).

#### 4.3.6 Teor de Cloretos

Para medir o teor de cloretos, foi empregado o método de Mohr, realizando em triplicatas titulações de precipitação com íons prata ( $\text{Ag}^+$ ). Para isso foi utilizada uma solução padrão de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) como titulante, com uma concentração de 0,0102 M e pH entre 7 e 10, a qual foi preparada com 0,8694g de  $\text{AgNO}_3$  em 500,00 mL. E como indicador foram utilizadas algumas gotas de uma solução de cromato de potássio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) para a detecção do ponto final das titulações, que é identificado pela formação do precipitado vermelho de cromato de prata ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ). As concentrações de cloretos são expressas em  $\text{mg.L}^{-1}$  de  $\text{Cl}^-$  ( $\text{P.A} = 35,45 \text{ g.mol}^{-1}$ ) (SKOOG *et al.*, 2006).

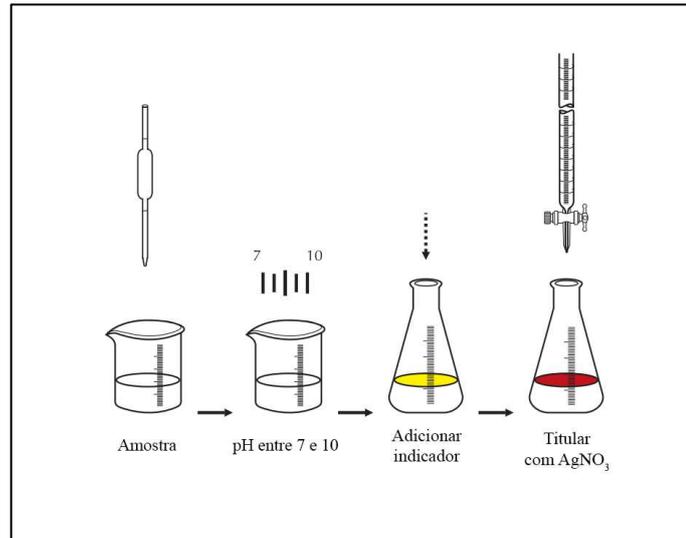


Titulação



Indicador

**Figura 13** – Fluxograma da determinação de Cloretos das amostras



Fonte: Adaptado de Funasa (2013).

#### 4.4 Análise estatística dos dados

Foram calculados os valores médios, desvio padrão e erros de cada conjunto de medições, avaliados por meio do teste  $t$  de *Student* com um nível de confiança de 95%. Os dados foram processados em planilhas de cálculo, seguindo-se a abordagem de SKOOG *et al.* (2006). Além disso, foram incluídos os volumes e concentrações das soluções titulantes utilizadas nas medições e padronizações para auxiliar nos cálculos.

Para  $N$  medições o valor médio é dado por:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

O desvio padrão é:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

E o erro:

$$\varepsilon = \frac{t_{N-1}\sigma}{\sqrt{N}}$$

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

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização do parâmetro: Potencial Hidrogeniônico (pH)

A tabela 3 apresenta os valores médios das medições realizadas para determinar o pH das amostras.

**Tabela 3** – Valores médios das medições de pH nas amostras, com um nível de confiança de 95%

<b>Amostras</b>	<b>pH</b>
Tambay	7,23 ± 0,04
Marcos Moura	5,47 ± 0,03
Padre Zé	6,42 ± 0,05
Rio Paroeira	7,12 ± 0,03
<b>Máximo permitido pelo MS</b>	<b>6,0 ≤ pH ≤ 9,5</b>

**Fonte:** Dados da pesquisa (2023).

Verificando os valores de pH das amostras, que variam de (5,47 ± 0,03) à (7,23 ± 0,04), observa-se que as amostras de água da torneira Marcos Moura e Padre Zé apresentaram um caráter ácido, com valores médios de 5,47 e 6,42 respectivamente, enquanto que a amostra Tambay demonstrou um pH ligeiramente básico.

Dentre as amostras, a de Marcos Moura foi a única que apresentou discordância com os valores assentados pelo Ministério de Saúde. Desse modo, vale salientar que esse parâmetro quando muito ácido em bebidas ou alimentos, representa um risco à saúde. Especialmente em pessoas com Doença Renal Crônica (DRC), uma vez que a acidose metabólica pode prejudicar a saúde dos rins, que são essenciais na eliminação de íon H<sup>+</sup> (SILVA; VAZ, 2020).

Além disso, o pH em águas pode influenciar no tamponamento do sangue, contribuir indiretamente para a precipitação de substâncias químicas tóxicas, como metais pesados; ocasionar corrosão em tubulações metálicas, assim como incrustações quando pH básico (MENEZES, 2020); estar relacionado com a presença de matéria orgânica em processo de decomposição (PEREIRA *et al.*, 2022); e para valores abaixo de 4 ou acima de 11 é fatal para determinadas espécies de peixes (SOUZA, 2021).

O pH sofre influência antrópica e interferência das condições ambientais, bem como pela dissolução de rochas, composição do solo e dos sedimentos, absorção de gases, da oxidação da matéria orgânica presente no meio e pelos processos de fotossíntese (FERNANDES *et al.*, 2020). Além disso, a pluviosidade pode tornar o pH mais básico, devido à maior diluição dos compostos dissolvidos e ao acelerado escoamento causado pelo aumento no volume de água (PROFIRIO, 2020). Nesse sentido, a ocorrência de chuva observada no gráfico 2, dias antes da coleta na região do rio Paroeira, pode ter afetado o pH da amostra do rio, que dentre as amostras analisada, foi a que apresentou o pH mais próximo do neutro.

Assim como a amostra coletada e analisada da sua afluenta rio Paroeira, um estudo que avaliou os parâmetros físico-químicos do estuário do Rio Paraíba, em Cabedelo-PB, constatou que o pH das amostras também estavam de acordo com os padrões acertados pelo Ministério de Saúde, apresentando valores de 6,43 a 7,56 (CORREIA *et al.*, 2015).

E um estudo que avaliou a qualidade da água de bebedouros em escolas municipais de Sousa-PB, abastecidas pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), apresentou valores entre 6,30 e 6,70 para pH (OLIVEIRA, 2023). Nesse contexto, dentre as amostras de água de torneira, a de Tambay e Padre Zé são de residências abastecidas pela CAGEPA. Mas enquanto a do Padre Zé apresentou pH semelhante aos observados no estudo, a amostra de Tambay revelou um pH levemente básico.

## 5.2 Caracterização do parâmetro: Condutividade Elétrica (CE)

A tabela 4 apresenta os valores médios das medições realizadas para determinar a CE nas amostras.

**Tabela 4** – Valores médios das medições de CE nas amostras, com um nível de confiança de 95%

<b>Amostras</b>	<b>Condutividade (<math>\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}</math>)</b>
Tambay	$304 \pm 3$
Marcos Moura	$270 \pm 2$
Padre Zé	$190,5 \pm 0,4$
Rio Paroeira	$3132 \pm 31$
<b>Máximo permitido pelo MS</b>	<b>--</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Para CE as amostras obtiveram valores médios superiores a  $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , ultrapassando assim os valores encontrados em águas naturais. Além disso, a amostra do rio Paroeira apresentou um valor de  $(3132 \pm 31) \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  para CE, o que torna a água inadequada para consumo humano, indicando alta concentração de íons e despejo de efluentes no rio (PIRATOBA *et al.*, 2017). Além disso, um elevado valor para CE na água pode causar efeitos laxativos, danificar tubulações de distribuição de água e favorecer a formação de cálculos renais (SOUSA, 2023).

Nesse contexto, a CE pode apontar para possíveis alterações na composição das águas, bem como no teor de sais dissolvidos (STD) e no parâmetro alcalinidade, que está relacionada com a concentração de carbonatos e bicarbonatos na água (FREITAS; ROISENBERG; ANDRIOTTI, 2016; SOUZA *et al.*, 2023). Cabe destacar que em razão do aumento da CE ter uma relação com a concentração de sais dissolvidos na água (PROFIRIO, 2020), a ocorrência de chuva na região do rio Paroeira pode ter afetado a sua CE. Pois assim como o pH, esse parâmetro é afetado pelas condições ambientais e pela ação do homem (FERNANDES *et al.*, 2020).

No que se refere às amostras de água de torneira Tambay, Marcos Moura e Padre Zé, todas estão em concordância com os limites estabelecidos para CE pelo guia da Austrália, apresentando valores inferiores a  $400 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (AUSTRÁLIA, 2010).

O estudo conduzido por Correia *et al.* (2015), verificou que no estuário do Rio Paraíba os valores para CE das amostras variaram de 27,74 a 40,37  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Contudo, a amostra Rio Paroeira, que atingiu 3132  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  para CE, indica uma possível degradação da sua afluenta por poluição (PIRATOBA *et al.*, 2017).

Diferente dos resultados observados para CE nas amostras de água de torneira Tambay, Marcos Moura e Padre Zé, o estudo realizado por Oliveira (2023) verificou valores inferiores para CE nas amostras de bebedouros, no intervalo de 0,595 à 1,141  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

### 5.3 Caracterização do parâmetro: Turbidez

A tabela 5 apresenta os valores médios das medições realizadas para determinar a Turbidez nas amostras.

**Tabela 5** – Valores médios das medições para Turbidez nas amostras, com um nível de confiança de 95%

<b>Amostras</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>
Tambay	0,11 ± 0,02
Marcos Moura	0,10 ± 0,02
Padre Zé	0,13 ± 0,03
Rio Paroeira	0,14 ± 0,03
<b>Máximo permitido pelo MS</b>	<b>5,0</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Os valores para Turbidez nas amostras apresentaram uma variação de (0,10 ± 0,02) à (0,14 ± 0,03) NTU, sendo bem menores que o máximo permitido. Desse modo, todas as amostras estão de acordo com os valores estabelecidos para consumo humano pelo Ministério de Saúde (BRASIL, 2021).

Cabe destacar que ao mesmo tempo em que afetam parâmetros como o pH e Condutividade, as chuvas também interferem na turbidez da água. Isso ocorre devido ao aumento do escoamento superficial e ao transporte de partículas e impurezas para o leito do rio, resultando em águas mais turvas (ALMEIDA; SILVA; PAULA, 2017). Apesar disso, a amostra do rio Paroeira apresentou um valor baixo para turbidez.

Em relação ao estudo realizado por Correia *et al.* (2015) que obteve valores entre 0,75 e 7,0 NTU para as amostras do estuário do Rio Paraíba, a amostra do rio Paroeira obteve valor inferior.

E se comparado aos valores obtidos por Oliveira (2023), que variaram de 0,2 à 0,7 NTU para amostras de água de bebedouros, as amostras Tambay, Marcos Moura e Padre Zé também obtiveram valores inferiores.

#### 5.4 Caracterização do parâmetro: Dureza

A tabela 6 apresenta os valores médios das medições realizadas para determinar a Dureza nas amostras.

**Tabela 6** – Valores médios das medições para Dureza nas amostras, com um nível de confiança de 95%

<b>Amostras</b>	<b>Dureza Total (mg.L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>)</b>	<b>Dureza Ca<sup>2+</sup> (mg.L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>)</b>	<b>Dureza Mg<sup>2+</sup> (mg.L<sup>-1</sup> MgCO<sub>3</sub>)</b>
Tambay	36 ± 7	16 ± 4	17 ± 4
Marcos Moura	23 ± 4	12 ± 4	9 ± 3
Padre Zé	28 ± 8	17 ± 6	9 ± 3
Rio Paroeira	365 ± 64	183 ± 32	153 ± 27
<b>Máximo permitido pelo MS</b>	<b>300</b>	<b>--</b>	<b>--</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Em relação à Dureza Total das amostras foi observado valores entre (23 ± 4) e (36 ± 7) mg.L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub> para as amostras de água de torneira, o que é classificada como uma dureza branda e está de acordo com o limite estabelecido pela Portaria n.º 888/2021. Por outro lado, a amostra do rio Paroeira apresentou uma dureza total de (365 ± 64) mg.L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>, podendo ter sua origem tanto de maneira natural, como na dispersão de rochas calcárias que contêm altos níveis de cálcio e magnésio, quanto de forma antropogênica, através do descarte de efluentes (SOUSA *et al.*, 2016). Ademais, esse valor para dureza total categoriza a água como muito dura e extrapola o valor máximo permitido pelo Ministério de Saúde, tornando-a inapropriada para consumo (BRASIL, 2021).

Desse modo, vale salientar que apesar da dureza na água, desempenhar um papel significativo como uma fonte suplementar para ingestão de cálcio e magnésio, o consumo em excesso de magnésio e cálcio pode causar efeito laxativo e dificultar na absorção de ferro, zinco e fósforo pelo corpo humano (SOUSA, 2021). Além disso, a dureza pode causar o ressecamento de pele e interferir no uso doméstico da água, dificultando a formação de espumas e entupindo tubulações (BARBOSA, 2022).

Na tabela 6 também é observado que majoritariamente a Dureza Total das amostras advém da concentração de  $\text{Ca}^{2+}$ . Com exceção apenas da amostra de Tambay, que obteve uma concentração de  $\text{Mg}^{2+}$  ligeiramente maior que a de  $\text{Ca}^{2+}$ .

Cabe destacar que aumento da pluviosidade pode diminuir a concentração de bicarbonatos, carbonatos, sulfatos ou cloretos de cálcio e magnésio (ESPIRITO SANTO, 2021). Desse modo, a ocorrência de chuva na cidade de Bayeux dias antes da coleta, pode ter interferido na Dureza Total da amostra do rio Paroeira, visto que o aumento do volume de água do rio pode ter diminuído a concentração dos íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . Contudo, a dureza também pode ter sido afetada por meio da dissolução de rochas calcárias por intemperismo, bem como pelo lançamento de efluentes na água (SILVA, 2022; VICENTE, 2021).

Em relação a amostra do rio Paroeira, um estudo que analisou a qualidade da água do rio Pedra Comprida em Sumé-PB, constatou valores mais elevados para Dureza Total, entre 600 e 782,5  $\text{mg.L}^{-1}$   $\text{CaCO}_3$  (LIMA *et al.*, 2020).

Por outro lado, as amostras de água de bebedouros analisadas por Oliveira (2023) demonstraram possuir uma dureza branda à moderada, apresentando valores entre 35 e 53  $\text{mg.L}^{-1}$   $\text{CaCO}_3$ . O que se assemelha um pouco com os valores observado nas amostras de água de torneira Tambay, Marcos Moura e Padre Zé.

### 5.5 Caracterização do parâmetro: Alcalinidade

A tabela 7 apresenta os valores médios das medições realizadas para determinar a Alcalinidade nas amostras.

**Tabela 7** – Valores médios das medições para Alcalinidade nas amostras, com um nível de confiança de 95%

<b>Amostras</b>	<b>Alcalinidade (mg.L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>)</b>
Tambay	13 ± 1
Marcos Moura	33 ± 7
Padre Zé	15 ± 1
Rio Paroeira	21 ± 2
<b>Máximo permitido pelo MS</b>	<b>---</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Para alcalinidade as amostras apresentaram valores baixos, que variaram entre (13 ± 1) e (33 ± 7) mg.L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>. Sendo o valor mais baixo encontrado na amostra de Tambay e o mais alto na amostra de Marcos Moura. Em virtude do pH das amostras se encontrarem no intervalo de (5,47 ± 0,03) à (7,23 ± 0,04), a alcalinidade das amostras resulta da presença de bicarbonatos (LIBÂNIO, 2010).

Apesar de não possuir um limite estabelecido para esse parâmetro, pelo Ministério de Saúde, as amostras encontram-se em conformidade com padrões estabelecidos para consumo humano pelo FIESP (GIAMPÁ; GONÇALES, 2005).

No caso da amostra do rio Paroeira, a alcalinidade, assim como a dureza, pode ter sido afetada pela chuva. Pois a concentração dos compostos que influenciam ambos os parâmetros podem diminuir com o aumento do volume de água do rio (ESPIRITO SANTO, 2021).

Além disso, existe uma relação entre a alcalinidade e a dureza, uma vez que os cátions mais comuns que causam a dureza da água, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, geralmente estão ligados aos ânions que causam a alcalinidade, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> e OH<sup>-</sup> (OLIVEIRA; RAMIRES, 2019). Entretanto, quando a alcalinidade é maior que a dureza, isso indica que os ânions que determinam a alcalinidade estão associados a cátions diferentes, tais como o de potássio e sódio. Formando assim compostos como carbonato de potássio (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) e carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) (CAVALCANTE, 2012).

Diferente da amostra do rio Paroeira, o estudo realizado por Lima *et al.* (2020) observou valores excessivos para alcalinidade nas amostras do rio Pedra Comprida, entre 257,5 e 1092,5 mg.L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>.

E as amostras de água de bebedouros analisadas por Oliveira (2023) apresentaram valores entre 56,6 e 96,6 mg.L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub> para alcalinidade, um pouco superiores aos valores encontrados nas amostras de água de torneira Tambay, Marcos Moura e Padre Zé.

### 5.6 Caracterização do parâmetro: Cloretos

A tabela 8 apresenta os valores médios das medições realizadas para determinar o Teor de Cloretos nas amostras.

**Tabela 8** – Valores médios das medições para o Teor de Cloretos nas amostras, com um nível de confiança de 95%

<b>Amostras</b>	<b>Teor de Cloretos (mg.L<sup>-1</sup>)</b>
Tambay	35 ± 2
Marcos Moura	33 ± 3
Padre Zé	35 ± 2
Rio Paroeira	1028 ± 49
<b>Máximo permitido pelo MS</b>	<b>250</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Através do método de Mohr foi constatado nas amostras de água de torneira concentrações de cloretos entre (33 ± 3) e (35 ± 2) mg.L<sup>-1</sup>, o que se encontra dentro dos padrões assentados pelo Ministério de Saúde para água potável. Por outro lado, apesar da ocorrência de pluviosidade em sua região, a amostra do rio Paroeira apresentou uma concentração de (1028 ± 49) mg.L<sup>-1</sup>, o que torna a água do rio indevida para consumo humano e pode indicar despejo de efluentes (NOLASCO *et al.*, 2020). Esse valor para cloretos também pode ter influenciado a CE da amostra, que atingiu (3132 ± 31) µS.cm<sup>-1</sup>, visto que a CE possui uma correlação com os níveis de cloreto (VASCONCELOS; CAJAZEIRAS; SOUSA, 2019).

Além disso, vale salientar que uma alta concentração de cloretos além de afetar a CE da água, sendo capaz também de causar corrosão e entupir

tubulações, pode conferir sabor salgado à água; causar efeito laxativo; ser nocivo para pessoas com patologias cardíaca ou renal; e ser prejudicial para plantas, por interferir na absorção de água em razão das diferenças de pressão osmótica e – quando superior à  $70 \text{ mg.L}^{-1}$  – causar lesões em plantas sensíveis (MONTOVANI, 2021).

Em relação à amostra do rio Paroeira, o estudo conduzido por Lima *et al.* (2020) também constatou altas concentrações de cloretos nas amostras do rio Pedra Comprida, que variaram de 878,5 até  $1480 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Em contrapartida, os valores observados por Oliveira (2023) para concentração de cloretos nas amostras de água de bebedouros foram baixos, entre 28 e  $73 \text{ mg.L}^{-1}$ , o que está dentro das diretrizes estabelecidas pelo Ministério de Saúde, bem como as amostras Tambay, Marcos Moura e Padre Zé.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o estudo, buscou-se avaliar a qualidade da água do rio Paroeira e da água fornecida às populações das cidades de Bayeux, Santa Rita e João Pessoa. E de modo geral, a análise dos parâmetros físico-químicos, como pH, Condutividade Elétrica, Dureza, Turbidez, Alcalinidade e Cloretos, demonstrou que as amostras estavam em conformidade com a maioria dos padrões estabelecidos para água potável, conforme estipulado pela Portaria nº 5/2017 e Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde (MS).

Todavia, a amostra de água de torneira do bairro Marcos Moura, da cidade de Santa Rita, apresentou um pH =  $(5,47 \pm 0,03)$ , logo está fora dos limites estabelecidos pelo MS, que se encontra entre 6,0 e 9,5. Além disso, observou-se que a amostra do rio Paroeira excedeu os Valores Máximos Permitidos (VMP) estabelecidos pelo MS para Dureza e Cloretos. A Condutividade Elétrica da amostra do rio também foi notavelmente alta, indicando a possibilidade de contaminação ou poluição.

A partir dos resultados observados foi possível mensurar que apenas as amostras de água de torneira das cidades de Bayeux e João Pessoa atenderam aos requisitos de qualidade para consumo humano. Enquanto que as amostras da cidade de Santa Rita e do rio Paroeira não estavam em conformidade com os VMP definidos pelo MS para água potável.

Portanto, enfatiza-se a necessidade de conduzir estudos adicionais para uma avaliação abrangente da qualidade da água do rio Paroeira e da água fornecida às residências das cidades de Bayeux, Santa Rita e João Pessoa. Visto que essas investigações são essenciais para garantir o monitoramento da água consumida pela população e para alertar sobre a saúde da aflente do Rio Paraíba.

Nesse contexto, além dos parâmetros físico-químicos, seria interessante que em futuras medições fossem investigados os parâmetros microbiológicos das águas, tais como DQO, DBO, OD, Coliformes Totais, Coliformes Termotolerantes e *Escherichia coli*.

## 7 REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas. Meteorologia – Chuvas. AESA/UFCG-LSI. 2023.

ALMEIDA, A. R. DE. **ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO COMPARATIVA DE FONTES DE ÁGUAS MINERAIS NOS AQUÍFEROS BARREIRAS E SÃO SEBASTIÃO NOS ESTADOS DE SERGIPE E BAHIA**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)—São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2023.

ALMEIDA, M. C.; SILVA, M. M.; PAULA, M. DE. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM RELAÇÃO À TURBIDEZ, COR E PH DA ÁGUA. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 5, n. 1, p. 25–40, 26 jul. 2017.

ALVES, G. S. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos de água potável de hospitais das cidades de Crato e Juazeiro do Norte- CE. Relatório de Estágio (Tecnologia em Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Salgueiro, Salgueiro, PE. 2019.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno. 2022.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2022 : informe anual. 2023.

ANE. Águas do Nordeste. Relatório Anual de Qualidade da Água 2022. 2023.

APHA – AWWA – WEF. American Public Health Association; American Water Work Association; Water Environment Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 2017.

AUSTRÁLIA. Community/Land Manager Waterwatch Guide. A guide for community monitoring of water quality and waterway health. Department of Environment, Climate Change and Water NSW. 2010.

AZEVÊDO, A. C. DE. Verso e Reverso das Políticas Públicas de Água para o Semiárido Brasileiro. **Revista Política e Planejamento Regional**, v. 2, n. 2, p. 373–392, 2015.

BARBOSA, P. A. **Análise da qualidade da água de poços artesianos na zona rural do município de Passira/PE**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil)—Caruaru: Universidade Federal de Pernambuco, 2022.

BATISTA, I. D. P. **Avaliação da qualidade da água de consumo humano em poços subterrâneos de propriedades rurais do município de São José do Inhacorá – RS**. Trabalho de Conclusão de Curso—Frederico Westphalen: Universidade Federal de Santa Maria, 2022.

BEZERRA, A. D. A. *et al.* ANÁLISE DA POTABILIDADE DE ÁGUA DE CHAFARIZES DE DOIS BAIROS DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA, CEARÁ. **Acta Biomédica Brasiliensis**, v. 8, n. 1, p. 24–34, 21 jul. 2017.

BRAGA, E. S. *et al.* Avaliação da qualidade de águas subterrâneas localizadas no litoral, serra e sertão do Estado do Ceará destinadas ao consumo humano. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 17–24, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF. 14 dez. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação Nº 5/2017. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília. 28 set. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 7 maio 2021.

BRITO, L. T. DE L. *et al.* Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 596–602, 2005.

BRUICE, P. Y. **Química Orgânica**. 4. ed. [s.l.] Pearson Universidades, 2006. v. 1

CAGEPA. Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. Plano de Negócios e Gestão. 2023.

CAMBRAINHA, G. M. G.; FONTANA, M. E. ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE INVESTIMENTOS EM PERDAS DE ÁGUA NO NORDESTE BRASILEIRO.

**Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 983–994, 1 abr. 2015.

CAMPOS, S. P. C. **A política da água no Médio-Oriente : a escassez da água como fator de stress nas relações internacionais**. Mestrado—[s.l.] Universidade de Lisboa, 2021.

CANDIDO, A. Y. DE F. *et al.* Análise da qualidade da água de um minadouro de São Paulo/SP utilizada para consumo humano. **Repositório Institucional do Conhecimento - RIC-CPS**, 7 dez. 2022.

CARNELOSE, M. DAS N. **Monitoramento da qualidade da água em sistema aquaponico com associação entre *Oreochromis niloticus* e plantas de *Eruca vesicaria* e *Lactuca sativa***. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental)—Medianeira: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2022.

CARTAXO, A. DA S. B. *et al.* CONTAMINANTES EMERGENTES PRESENTES EM ÁGUAS DESTINADAS AO CONSUMO HUMANO: OCORRÊNCIA, IMPLICAÇÕES E TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 61814–61827, 2020.

CASTRO, J. *et al.* POTABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PARA O CONSUMO HUMANO NA ÁREA DO POLO INDUSTRIAL DE BARCARENA-PARÁ. **ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, v. 10, n. 19, 1 dez. 2014.

CAVALCANTE, D. DE H. **Relação dureza/alcalinidade da água e seus efeitos sobre a qualidade da água, do solo e desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, mantidos em condições laboratoriais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca)—Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2012.

CEMBRANEL, A. S. *et al.* QUALIDADE AMBIENTAL DE NASCENTE EM ÁREA URBANA. **Tecnologia e Ambiente**, v. 25, p. 145–159, 7 out. 2019.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. DE. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, v. 7, p. 57–60, 2005.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília. 17 mar. 2005.

CORREIA, A. *et al.* Análise da Turbidez da Água em Diferentes Estados de Tratamento. **8º Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional**, v. 10, 2008.

CORREIA, L. J. H. *et al.* Monitoramento da qualidade físico-química da água do estuário do Rio Paraíba-Cabedelo, PB. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, 2015.

COSTA, K. A. D. DA *et al.* Avaliação da qualidade das Águas da Baía do Guajará para consumo humano. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 6, p. 150–159, 2020.

CUNHA, H. F. A. *et al.* Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 7, n. 3, dez. 2012.

DANIEL, T. G. **Avaliação da qualidade da água do Rio Brilhante/MS por meio de parâmetros físico-químicos**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental)—Dourados, MS: Universidade Federal da Grande Dourados, 5 abr. 2023.

ESPIRITO SANTO, W. R. DO. **Variação temporal de parâmetros físico-químicos de corpos d'água sob influência das condições edafo-climáticas em Terra-Alta-Pa**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)—Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2021.

FERNANDES, D. A. *et al.* Uso da água e sustentabilidade da agricultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, p. 101–107, dez. 2013.

FERNANDES, D. N. *et al.* **Faces da Pesquisa no IFMA, Campus São Luís Monte Castelo**. Curitiba: Editora Brazil Publishing, 2020. v. 1

FERRAZ, L. *et al.* ANÁLISE DA PRESENÇA DE METAIS PESADOS NA ÁGUA EM DIFERENTES RESERVATÓRIOS SUBTERRÂNEOS NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA-BA. **Agrarian Academy**, v. 5, n. 09, 31 jul. 2018.

FREITAS, M. A. DE; ROISENBERG, A.; ANDRIOTTI, J. L. S. Análise exploratória de dados da condutividade elétrica nas águas do sistema aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Águas Subterrâneas**, v. 30, n. 1, p. 1–17, 2016.

FUNASA. **Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água.** 4ª Edição ed. Brasília-DF: Editora do Ministério da Saúde, 2013.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Caderno Didático/Técnico para Curso de Gestão de Sistemas de Abastecimento de Água em áreas rurais do Brasil. Brasília, DF. 2020.

GIAMPÁ, C. E. Q.; GONÇALES, V. G. ORIENTAÇÕES PARA A UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO. **ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas**, 2005.

GOOGLE MAPS. Localização das cidades de Bayeux-PB, Santa Rita-PB e João Pessoa-PB. Google Maps, 2023.

GUEDES, M. J. F.; RIBEIRO, M. M. R.; VIEIRA, Z. M. DE C. L. Alternativas de Gerenciamento da Demanda de Água na Escala de uma Cidade. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, p. 51–62, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023.

JACOBOSKI, B. K.; FACHINETTO, J. Avaliação da qualidade da água do Arroio Matadouro, Ijuí, Rio Grande do Sul, por parâmetros físico-químicos e pelo teste de *Allium cepa*. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 27, n. 3, p. 489–497, jun. 2022.

JÚNIOR, J. L. S. *et al.* CONDIÇÕES DE POTABILIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE, PARAÍBA. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 58870–58883, 2020.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água.** 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.

LIMA, S. L. DE *et al.* ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DO RIO PEDRA COMPRIDA NA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO DE SUMÉ-PB. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 85303–85319, 2020.

LIMA, R. DA R. Espectrofotometria como alternativa à titulação potenciométrica na determinação da alcalinidade de águas oceânicas. **Repositório Universitário da Ânima (RUNA)**, 14 dez. 2022.

LONDE, L. DE R. *et al.* Desastres relacionados à água no Brasil: perspectivas e recomendações. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 4, p. 133–152, dez. 2014.

MATOS, G. A. DE S. Panorama Socioeconômico do Nordeste: Evolução e Perspectivas. **BNB Conjuntura Econômica**, p. 91–110, 2019.

MAXIMIANO, J. P. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO POR MEIO DE TESTES DE HIPÓTESE**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental)—Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2021.

MELO, J. DE J. S.; DIA, M. J. M.; OLIVEIRA, A. U. DE. A ÁGUA E SUA PROTEÇÃO LEGAL NO BRASIL E ACRE: CONSIDERAÇÕES SOBRE A LEGISLAÇÕES DOS RECURSOS HIDRÍCOS. **UÁQUIRI - Revista do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre**, v. 4, n. 1, p. 80–95, 2022.

MENDONÇA, A. L. P.; FILHO, E. C. E S.; MAMED, D. DE O. As águas da região norte brasileira e a luta das comunidades ribeirinhas do estado do Amazonas pela água potável. **Revista do Direito Público**, v. 18, n. 2, p. 187–204, 2023.

MENEZES, A. A. R. DE. **Análise de indicadores qualitativos de potabilidade na água para consumo humano na cidade de Uruçuí-PI**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas)—Uruçuí: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, 2020.

MONTEIRO, C. *et al.* Potencial hidrogeniônico de soluções de antibióticos submetidas a condições ambientais: ensaio preliminar. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 46, n. 2, p. 311–319, abr. 2012.

MONTOVANI, C. P. **Condutividade elétrica e cloretos como indicador da qualidade de água**. Tese (doutorado)—Limeira, SP: Universidade Estadual de Campinas, 2021.

MONTOYA, M. A. A pegada hídrica da economia brasileira e a balança comercial de água virtual: uma análise insumo-produto. **Economia Aplicada**, v. 24, n. 2, p. 215–248, 1 jun. 2020.

MONTOYA, M. A.; FINAMORE, E. B. As relações intersetoriais dos recursos hídricos na economia brasileira. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 13, n. 4, p. 513–536, 2019.

NASCIMENTO, N. V. DO *et al.* O uso das pegadas hídricas na agricultura do Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, 30 jan. 2021.

NETTO, J. P. DA S. PANORAMA DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 11, n. 2, p. 241–258, 2022.

NOLASCO, G. M. *et al.* Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG. **Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 2, n. 2, p. 52–64, 12 dez. 2020.

OLIVEIRA, E. M. DE *et al.* Análises físico-químicas e microbiológicas da água de bebedouros em escolas públicas da cidade de Timon-MA. **Pubvet**, v. 12, n. 5, p. 1–6, maio 2018.

OLIVEIRA, E. M. DE. **Análise físico-química da água em escolas públicas do município de Sousa-PB**. Trabalho de Conclusão de Curso—[s.l.] Instituto Federal da Paraíba, 2023.

OLIVEIRA, P. T. DE; RAMIRES, I. ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE POÇOS RASOS NO ASSENTAMENTO ITAMARATI EM PONTA PORÃ, MATO GROSSO DO SUL. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 3, p. 88–114, 3 out. 2019.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2018.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. DE F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. 1º Edição ed. Colombo-PR: Embrapa Florestas, 2011.

PEREIRA, G. *et al.* Potabilidade da água consumida na comunidade rural no município de Marabá – PA. **Concilium**, v. 22, n. 3, p. 845–856, 10 maio 2022.

PEREIRA, S. DE F. P. *et al.* CONDIÇÕES DE POTABILIDADE DA ÁGUA CONSUMIDA PELA POPULAÇÃO DE ABAETETUBA-PARÁ. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 12, n. 1, p. 50–62, 19 jul. 2010.

PIRATOBA, A. R. A. *et al.* Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 3, p. 435–456, 2017.

PONTES, C. A. A.; SCHRAMM, F. R. Bioética da proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, n. 5, p. 1319–1327, out. 2004.

PROFIRIO, S. B. **MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS DA ÁGUA DAS NASCENTES NAS ÁREAS DE CAATINGA NO MUNICÍPIO OLHO D'ÁGUA DO CASADO – ALAGOAS - BRASIL**. Trabalho de Conclusão de Curso—Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2020.

QUEIROZ, T. M. DE; OLIVEIRA, L. C. P. DE. Qualidade da água em comunidades quilombolas do Vão Grande, município de Barra do Bugres (MT). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 173–180, fev. 2018.

REIS, R. A.; SANCHES, M. C.; MALDONADO, A. C. D. ÁGUA, FONTE DA VIDA. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 28287–28296, 2021.

ROCHA, H. M. *et al.* Avaliação físico-química e microbiológica das águas da bacia hidrográfica do rio Paraíso Jataí-GO. **Geosul**, v. 34, n. 72, p. 51–74, 25 jul. 2019.

SANTOS, M. DOS *et al.* DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO PARA ARMAZENAMENTO HÍDRICO: CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA PARA O USO RACIONAL DA ÁGUA NA AGRICULTURA. **TECNO-LÓGICA**, v. 26, n. 1, p. 60–68, 2022a.

SANTOS, M. L. O. DOS *et al.* PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA DE UM POÇO TUBULAR LOCALIZADO NA ZONA URBANA DA CIDADE DE REMÍGIO-PB. **Anais VI JOIN / Brasil - Portugal**, 2019.

SANTOS, S. M. DA C. DOS *et al.* SANEAMENTO BÁSICO NO NORDESTE: METAS, DESAFIOS E INVESTIMENTOS. **Revista Ciência Geográfica**, v. 26, n. 01, p. 155–180, 20 jul. 2022b.

SANTOS, T. L. DOS *et al.* Qualidade microbiológica da água para consumo humano em comunidades ribeirinhas de Itupiranga-PA, Brasil. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 4, p. 9005–9020, 2020.

SATELLITES.PRO. Localização das cidades de Bayeux-PB, Santa Rita-PB e João Pessoa-PB. **Satellites.pro**, 2023.

SILVA, A. S. C. DA; VAZ, E. M. Contribuição da dieta e água alcalina na redução de complicações da doença renal crônica. **Revista da Associação Brasileira de Nutrição - RASBRAN**, v. 11, n. 1, p. 176–191, 13 out. 2020.

SILVA, B. O. DA; FERREIRA, J. G.; SANTOS, R. T. DE L. DOS. Dimensões da Governança da Água no Nordeste Brasileiro. **Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade (ANPPAS)**, 8 out. 2017.

SILVA, T. J. R. D. DA. **Efeitos da precipitação e da erosividade da chuva na qualidade da água em reservatórios de abastecimento público no semiárido paraibano**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental - PPGCTA)—Campina Grande: Universidade Estadual da Paraíba, 2022.

SILVA, M. N. DE S. Qualidade da água para consumo humano em um câmpus universitário. **Repositório da Universidade Federal Rural do Semi-Árido**, 2019.

SKOOG, D. A. *et al.* **Fundamentos de Química Analítica**. 8ª edição ed. São Paulo: CENGAGE Learning, 2006.

SOUSA, C. R. DO N. A. DE *et al.* Análise da qualidade da água de três propriedades rurais do município de Floriano, Piauí. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 9, n. 2, p. 17–23, 2019.

SOUSA, F. DAS C. DE; CUNHA, M. L. D. Análise físico-química e microbiológica de águas subterrâneas de povoados do município de Penaforte (Ceará). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 215–226, 2023.

SOUSA, M. T. DE. **Potabilidade da água dos bebedouros da Universidade Federal Rural da Amazônia – Campus Belém**. Trabalho de Conclusão de Curso—Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2023.

SOUSA, R. M. S. DE. **Captura e armazenamento de gás carbônico para a redução da dureza de água de poços localizados na cidade de Balsas-MA**. Trabalho de Conclusão de Curso—Balsas: Universidade Federal do Maranhão, 2021.

SOUSA FILHO, J. W. **Inovações tecnológicas para o tratamento de água para consumo humano**. Dissertação (Mestrado em Química)—Uberaba: Universidade Federal do Triângulo Mineiro, 2019.

SOUSA, S. DA S. *et al.* Análise físico-química e microbiológica da água do rio Grajaú, na cidade de Grajaú - MA. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 3, p. 1615–1625, 2016.

SOUZA, D. W. C. *et al.* ANÁLISE DO PH, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E TURBIDEZ DE DIFERENTES AMOSTRAS DE ÁGUA. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 1, n. 1, 25 jul. 2023.

SOUZA, A. C. B. DE. **Importância das boas práticas de manejo sanitário na piscicultura de água doce**. Trabalho de Conclusão de Curso—Goiás: Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2021.

TAVARES, J. M.; ARAÚJO, W. J. S. CONSUMO E ESCASSEZ DE ÁGUA POTÁVEL EM SALVADOR-BAHIA. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 70909–70925, 2020.

VASCONCELOS, M. B.; CAJAZEIRAS, C. C. DE A.; SOUSA, R. R. DE. APLICAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA NOS ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL. **XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2019.

VEIGA, L. B. E.; MEDRONHO, L. M.; CARVALHO, D. DE O. GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM FACE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: ADAPTAÇÃO NO BRASIL. **8º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade**, 2019.

VENANCIO, D. *et al.* A CRISE HÍDRICA E SUA CONTEXTUALIZAÇÃO MUNDIAL. **ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, v. 11, n. 22, 17 dez. 2015.

VICENTE, Y. S. **Qualidade de águas de poços artesanais de Peabiru, Paraná, Brasil: um município sem saneamento público**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental)—Campo Mourão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.

ZÜGE, G.; VENDRAME, Z. B. CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DE CLORETOS DA ÁGUA DO PARQUE ECOLÓGICO HONORATO TONIOLO, GUAPORÉ-RS. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 10, n. 2, 2018.