



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

ANA MARIA DE SOUZA ARAÚJO

**ESTUDO ANALÍTICO UTILIZANDO A CORTIÇA COMO ADSORVENTE
NATURAL PARA AVALIAR SUA EFICIÊNCIA NO TRATAMENTO DE
MATRIZES AQUOSAS**

CUITÉ-PB

2021

ANA MARIA DE SOUZA ARAÚJO

**ESTUDO ANALÍTICO UTILIZANDO A CORTIÇA COMO ADSORVENTE
NATURAL PARA AVALIAR A SUA EFICIÊNCIA NO TRATAMENTO DE
MATRIZES AQUOSAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Licenciatura em
Química do Centro de Educação e Saúde
da Universidade Federal de Campina
Grande, para obtenção do grau em
Licenciada em Química.

Orientadora: Dr.^a Denise Domingos da Silva

CUITÉ-PB

2021

A658e Araújo, Ana Maria de Souza.

Estudo analítico utilizando a cortiça como adsorvente natural para avaliar sua eficiência no tratamento de matrizes aquosas. / Ana Maria de Souza Araújo. - Cuité, 2021.

81 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, 2021.

"Orientação: Proa. Dra. Denise Domingos da Silva".

Referências.

1. Análise de águas. 2. Adsorvente natural. 3. Cortiça - adsorvente natural.
4. Matrizes aquosas - tratamento. I. Silva, Denise Domingos da. II. Título.

CDU 54(043)

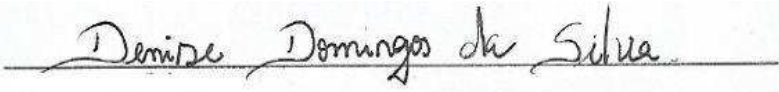
ANA MARIA DE SOUZA ARAÚJO

**ESTUDO ANALÍTICO UTILIZANDO A CORTIÇA COMO
ADSORVENTE NATURAL PARA AVALIAR A SUA EFICIÊNCIA NO
TRATAMENTO DE MATRIZES AQUOSAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em
Química da Universidade Federal de Campina Grande, para obtenção do
grau em Licenciada em Química.

Aprovada em 01 / 10 / 2021

BANCA EXAMINADORA



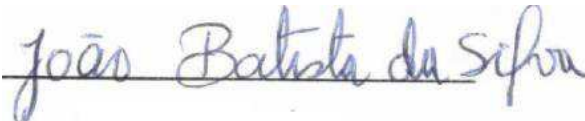
Denise Domingos da Silva

Prof.^a Dr.^a Denise Domingos da Silva (Orientadora) –
UFCG/CES/UABQ



GUSTAVO
VELARDEZ

Prof. Dr. Gustavo Fabian Velardez (Avaliador) – UFCG/CES/UABQ



João Batista da Silva

Prof. Dr. João Batista da Silva (Avaliador) – UFCG/CES/UAFM

À Deus por toda fortaleza e aos meus amados pais, Natália
Lúcia de Souza e Ivanildo de Oliveira Araújo por todo apoio,
incentivo e cuidado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por sua presença constante em minha vida, por toda proteção, força e coragem que nunca me permitiram desistir dos meus objetivos.

Aos meus pais Natália Lúcia e Ivanildo de Oliveira por todo apoio, cuidado, amor, carinho e incentivo aos meus estudos. Amo vocês!

Ao meu namorado Ezequiel por toda compreensão, paciência, amor, cuidado e apoio nas minhas decisões, te amo.

A todos da minha família, por cada palavra de incentivo e pelo cuidado comigo.

A minha professora orientadora Denise Domingos da Silva, por toda ajuda e contribuições no decorrer da minha vida acadêmica. Obrigada por todo incentivo à pesquisa, pelo acolhimento no laboratório e principalmente por ter acreditado em mim e no meu trabalho, minha eterna gratidão.

Aos avaliadores e professores Gustavo Fabian Velardez e João Batista da Silva, por todas as suas contribuições neste trabalho e no decorrer da vida acadêmica, meus mais sinceros agradecimentos.

As minhas parceiras e amigas de quarto, Adriana, Danielly, Bruna e Danielle, obrigada por todos os momentos compartilhados, pela compreensão, cumplicidade e por toda paciência. Nunca esquecerei de vocês!

A Amanda Marques, minha amiga, irmã de consideração e parceira de curso, por toda ajuda, apoio, atenção e companheirismo.

A minha amiga Rafaele, por todos os momentos de alegria e diversão, pelo apoio, parceria e compreensão. Obrigada por tudo, Taperoá!

Aos amigos e parceiros de Laboratório: Carlos, Lorena, Joklevson, Breno, Moisés, Romildo, Fablina e Ana Priscila por toda parceria e ajuda nas pesquisas.

As meninas da residência, em especial as meninas do quarto 6, Wilma, Gabriela, Ilane, Yorrane, Dinara, Edmara e Graciele, amigas que Deus me deu a graça de conhecer e de compartilhar tantos momentos únicos.

Aos meus amigos Rodrigo, Fred e Iuri, agradeço de coração por todas as conversas e momentos.

Aos meus colegas de curso por toda ajuda, em especial a Cylla e Daliane pela parceria no fim do curso.

Ao Laboratório de Biocombustíveis e Química Ambiental e Química Analítica da UFCG/CES pelo suporte para as realizações das análises.

Ao Laboratório de Bromatologia (LABROM) da UFCG/CES pelas análises no fotômetro de chama.

Ao Laboratório de Eletroquímica e Corrosão pela realização das análises no Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva-EDX.

A todos os professores do CES que contribuíram para minha formação acadêmica.

A todos que me incentivaram no decorrer da minha formação.

*“Entregue o seu caminho ao Senhor;
confie nele, e ele agirá”.*

Salmos 36:5

Resumo

A água é caracterizada como uma substância essencial para a manutenção da vida dos seres vivos e têm grande influência no desenvolvimento industrial, além disso é bastante abundante na Terra. Considerando assim a importância da água, observa-se a necessidade de se ter informações sobre a qualidade das águas consumidas, pois apesar do planeta Terra ser rico em águas, estas geralmente são caracterizadas como impróprias para o consumo humano estando assim em desacordo com os requisitos de potabilidade estabelecidos na Portaria do Ministério da Saúde. Devido à escassez e a falta de recursos hídricos, a população para sobreviver e desenvolver suas atividades têm usufruído de águas provenientes de fontes subterrâneas e chafarizes. Têm se procurado por recursos que minimizem os contaminantes presentes em águas para que as mesmas possam ser úteis e renováveis, dessa forma, têm-se percebido que a utilização de adsorventes naturais vem sendo utilizada atualmente para remoção de alguns contaminantes presentes em águas, como o uso da cortiça e seus derivados. Diante disto, o presente estudo tem como objetivo utilizar a cortiça como adsorvente natural para tratamento de águas subterrâneas do município de Baraúna - PB e de águas de chafarizes do município de Coronel Ezequiel - RN. A presente pesquisa foi desenvolvida em seis pontos, quatro de poços subterrâneos e dois de chafarizes. Foram realizadas medidas de pH, turbidez, condutividade elétrica, dureza, alcalinidade, sólidos totais dissolvidos, teor de cloreto e identificação de sódio e potássio. Além disso, foi analisado no Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva-EDX a composição química da cortiça *in natura* e após o tratamento. Dentre os parâmetros analisados neste estudo antes da adsorção, apenas os valores obtidos na identificação de sódio das amostras de Baraúna-PB não se encontraram de acordo com o valor máximo permitido pela Portaria de Consolidação Nº 5/2017 do Ministério da Saúde, caracterizando as amostras como imprópria para o consumo. O adsorvente utilizado se mostrou eficiente no processo de tratamento das amostras por ter diminuído os valores de alguns parâmetros estudados, mas, para o parâmetro de turbidez houve um aumento significativo em todas as amostras analisadas.

Palavras chaves: cortiça; chafarizes; águas subterrâneas.

Abstract

Water is characterized as an essential substance for the maintenance of life in living beings, and it has a significant influence on industrial development, besides being quite abundant on Earth. Considering the importance of water, there is a need to have information on the quality of water consumed, since it is characterized as inappropriate for human consumption, and disagrees with the potability requirements established by the Ministry of Health Ordinance. Because of the scarcity and lack of water resources, the population has used water from sources to survive and develop their activities, such as groundwater and fountains. Resources that minimize contaminants present in water have been sought, so that it can be useful and renewable, as well as the use of natural adsorbents currently used to remove some contaminants present in water, such as the use of cork and its derivatives. Therefore, this study aims to use cork as a natural adsorbent to treat groundwater in the municipality of Baraúna - PB, and water from fountains in the municipality of Coronel Ezequiel - RN. The present research was carried out at six points: four underground wells points, and two fountain points. Measurements of pH, turbidity, electrical conductivity, hardness, alkalinity, total dissolved solids, chloride content, and identification of sodium and potassium were performed. The chemical composition of natural cork after treatment was analyzed using an Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer. Among the parameters analyzed before adsorption, only the values obtained in the identification of sodium in samples from Baraúna-PB did not correspond to the maximum value allowed by Consolidation Ordinance Nr. 5/2017 by the Ministry of Health, characterizing the samples as inappropriate for consumption. The adsorbent use proved to be efficient in the treating process of samples because it decreased some studied parameters values, but for the turbidity parameter there was a significant increase in all analyzed samples.

Keywords: cork; fountains; groundwater.

Sumário

1. Introdução	17
2. Objetivo geral	20
2.1 Objetivos específicos	20
3. Fundamentação teórica	21
3.1 Água	21
3.2 Abastecimento de água	22
3.3 Águas subterrâneas	22
3.4 Chafarizes	23
3.5 Aspectos químicos e físicos	23
3.5.1 pH	24
3.5.2 Condutividade elétrica	24
3.5.3 Turbidez	25
3.5.4 Dureza total	25
3.5.5 Cloretos	25
3.5.6 Alcalinidade	26
3.5.7 Sólidos totais dissolvidos	26
3.5.8 Identificação de Sódio e Potássio no fotômetro de chama	27
3.6 Adsorção	27
3.7 Adsorvente naturais	28
3.8 Cortiça	28
4. Metodologia	29
4.1 Área de estudo	29
4.2 Coleta das amostras	30
4.3 Caracterização dos parâmetros físico-químicos	32

4.3.1 pH	32
4.3.2 Condutividade elétrica	32
4.3.3 Turbidez	33
4.3.4 Dureza total	34
4.3.5 Cloretos	34
4.3.6 Alcalinidade	35
4.3.7 Identificação de potássio e sódio por fotômetro de chama	35
4.3.8 Determinação de sólidos totais dissolvidos	36
4.4 Análise da composição química do adsorvente no Espectrômetro de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva (EDX-RF)	36
4.5 Preparação do adsorvente	37
4.6 Análise granulométrica	38
4.7 Adsorção por filtração	38
5. Resultados e discussões	40
5.1 Análises físico-químicas das amostras de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN antes da adsorção	40
5.1.1 pH	40
5.1.2 Condutividade Elétrica	43
5.1.3 Turbidez	45
5.1.4 Dureza Total	47
5.1.5 Teor de Cloretos	49
5.1.6 Alcalinidade	51
5.1.7 Sólidos Totais Dissolvidos	53
5.1.8 Identificação de Sódio e Potássio por fotômetro de chama	55
5.1.9 Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva-EDX	57
5.2 Análise das propriedades físico-químicas após a adsorção por filtração com o adsorvente natural da cortiça	59

5.2.1 pH	59
5.2.2 Condutividade Elétrica	61
5.2.3 Turbidez	63
5.2.4 Dureza Total	64
5.2.5 Alcalinidade	67
5.2.6 Cloretos	68
5.2.7 Identificação de Sódio no fotômetro de chama	70
5.2.8 Identificação de Potássio no fotômetro de chama	71
6. Conclusão	73
7. Referências bibliográficas	74

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Localização das amostras do município de Baraúna-PB	29
Figura 2. Mapa dos municípios de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN	30
Figura 3. Pontos de coletas no município de Coronel Ezequiel-RN	31
Figura 4. Pontos de coletas no município de Coronel Ezequiel-RN	31
Figura 5. Peagâmetro pH 21 – Hanna	32
Figura 6. Condutivímetro AT – 255	33
Figura 7. Turbidímetro DLT – WV	33
Figura 8. Fluxograma da análise de dureza total	34
Figura 9. Fluxograma da análise do teor de cloretos	34
Figura 10. Fluxograma da análise de alcalinidade	35
Figura 11. Fotômetro de chama QUIMIS Q498M	35
Figura 12. Béqueres com as amostras após a evaporação, secagem e calcinação	36
Figura 13. Espectrômetro digital EDX – 7000	37
Figura 14. Moinho de facas	37
Figura 15. Máquina de Rot-up	38
Figura 16. (A) Processo de agitação magnética. (B) Processo de adsorção por filtração	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores médios de pH dos poços e dos chafarizes antes da adsorção	41
Tabela 2: Valores médios da condutividade elétrica dos poços e dos chafarizes	44
Tabela 3: Valores médios da turbidez dos poços e dos chafarizes	46
Tabela 4: Valores médios da turbidez dos poços e dos chafarizes	48
Tabela 5: Valores médios do teor de cloretos dos poços e dos chafarizes	50
Tabela 6: Valores médios da alcalinidade dos poços e dos chafarizes	52
Tabela 7: Valores médios dos sólidos totais dissolvidos dos poços de Baraúna-PB	54
Tabela 8: Valores médios da identificação de sódio e potássio das amostras	55
Tabela 9: Composição química da cortiça <i>in natura</i> e após a adsorção por filtração	58
Tabela 10: Valores médios do pH das amostras após a adsorção por filtração	60
Tabela 11: Valores médios da condutividade elétrica das amostras após a adsorção por filtração	61
Tabela 12: Valores médios da turbidez das amostras após a adsorção por filtração	63
Tabela 13: Valores médios da dureza total das amostras após a adsorção por filtração	65
Tabela 14: Valores médios da alcalinidade das amostras após a adsorção por filtração	67
Tabela 15: Valores médios do teor de cloretos das amostras após a adsorção por filtração	69
Tabela 16: Valores médios da identificação de sódio das amostras após a adsorção por filtração	70
Tabela 17: Valores médios da identificação de potássio das amostras após a adsorção por filtração	72

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Valores médios das medidas de pH de águas dos municípios de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN	42
Gráfico 2: Valores médios das medidas de condutividade elétrica de águas dos municípios de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN	45
Gráfico 3: Valores médios das medidas de turbidez das águas dos municípios de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN	47
Gráfico 4: Valores médios da dureza total das águas dos municípios de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN	49
Gráfico 5: Valores médios do teor de cloretos das águas dos municípios de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN	51
Gráfico 6: Valores da alcalinidade das águas dos municípios de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN	53
Gráfico 7: Valores dos sólidos totais dissolvidos dos municípios de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN	54
Gráfico 8: Valores das concentrações de sódio e potássio dos municípios de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN	56
Gráfico 9: Valores das análises de pH após a adsorção	60
Gráfico 10: Valores da condutividade elétrica após a adsorção	62
Gráfico 11: Valores das análises de turbidez após a adsorção	64
Gráfico 12: Valores da dureza total após a adsorção	66
Gráfico 13: Valores das análises de alcalinidade após a adsorção	68
Gráfico 14: Valores dos teores de cloretos após a adsorção	69
Gráfico 15: Valores das concentrações de sódio após a adsorção	71
Gráfico 16: Valores das concentrações de potássio após a adsorção	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Localidades dos poços subterrâneos em Baraúna-PB 30

Quadro 2. Localização dos chafarizes em Coronel Ezequiel-RN 31

1. Introdução

A água é caracterizada como uma substância essencial para a manutenção da vida dos seres vivos e é bastante abundante na Terra. Apresenta grande influência nos ecossistemas e em todas as formas de vida, se caracterizando assim tanto como um meio fundamental para a sobrevivência e desenvolvimento dos seres vivos, como também para a área industrial.

Segundo Menezes, Machado, Nascimento (2015) e Gomes (2011), a água cobre cerca de 70% da superfície da Terra, onde mais de 97% da água do planeta são águas salgadas e se encontram nos oceanos e mares. A água doce representa apenas 3% da água total, onde 2% da água doce estão congeladas nos círculos polares, que constituem 10% da superfície da Terra, e somente 0,6% da água doce está disponível diretamente para o consumo humano. Destes 0,6%, 97% tratam-se de águas subterrâneas e apenas 3% correspondem a água superficial em lagos e rios.

Considerando assim a importância da água para a manutenção da vida e para o desenvolvimento industrial, observa-se a necessidade de se ter informações sobre a qualidade das águas consumidas evidenciando assim que devesse realizar análises para saber as condições físico-químicas e o padrão de potabilidade que estas se encontram.

De acordo com Alcoforado (2015), a população mundial já faz uso de 50% da água doce disponibilizada, e este percentual de consumo aumentará até 80% no decorrer de 40 anos. Entretanto, esse dado tornasse preocupante, pois há uma má distribuição desse recurso no planeta e para a população.

Desse modo apesar do planeta Terra ser rico em águas, estas geralmente são caracterizadas como impróprias para o consumo humano. Logo, tornasse evidente a necessidade de realização de análises antes das águas serem consumidas, pois as águas podem estar em desacordo com os requisitos de potabilidade estabelecidos na Portaria do Ministério da Saúde.

Segundo Araújo et al. (2011), é necessário que a água distribuída para o abastecimento doméstico apresente características sanitárias e toxicológicas

adequadas, não apresentando microrganismos patogênicos e substâncias nocivas à saúde que venham a causar danos e interferir no bem-estar das pessoas.

O uso de águas inapropriadas para o consumo humano pode ocasionar danos à saúde dos seus consumidores, ocasionando doenças da mais simples à mais complexas. De acordo com Ana (2013), algumas patologias estão relacionadas com a qualidade das águas consumidas pela população, dentre elas, podem ser citadas como exemplo: hepatite A e E, cólera, febre tifoide, doenças entéricas e diarreicas causadas por bactérias, parasitas e vírus.

O Brasil é um país que sofre muito com a escassez e falta de recursos hídricos, em algumas regiões como o Nordeste esse problema é ainda mais frequente. Segundo Luna (2011), apesar do Brasil apresentar uma grande quantidade de água, cerca de 12% de toda água superficial do mundo, dispõe de quadros de escassez em muitas regiões, o número de pessoas que são atingidas pela falta de água é cada vez maior. Atualmente, as fontes utilizadas para auxiliar a indisponibilidade de água são: águas subterrâneas (poços), água de chuva (cisterna), e águas superficiais (açudes) (LORDELO et al., 2018).

De acordo com Soares J. (2014), a escassez de água causa grande danos que interferem no desenvolvimento das regiões tanto no meio natural como na melhoria de vida das pessoas, principalmente nas áreas povoadas mais necessitadas.

Nessa perspectiva, estudos mostram a necessidade de sanar a problemática da água utilizando-se de águas subterrâneas e chafarizes. Segundo Costa et al. (2012), águas subterrâneas são relevantes, pois se caracterizam como reservatório de água doce disponível para os seres vivos. Sabe-se que mais de 60% da população utilizam águas provenientes de lençóis freáticos e subterrâneos como sua principal fonte de abastecimento.

Em conformidade Nunes (2014) afirma que os chafarizes foram criados para auxiliar na demanda por água da população, principalmente nas áreas periféricas. Apesar desta forma de abastecimento ter sido implantada pelo poder público e proporcionado suporte principalmente aos bairros mais populosos, é

um modelo de abastecimento público que permite acesso a água, mas sem tratamento.

Cabe destacar que tanto as águas encontradas em chafarizes como em poços subterrâneos raramente passam por algum tipo de análise e/ou tratamento antes de serem utilizadas e estas podem estar até contaminadas. Destaca-se assim então a importância da realização de análises que possam vir a determinar a qualidade e fornecer informações sobre as águas que são usufruídas pela população.

Nesse sentido, pesquisas têm sido realizadas a fim de encontrar formas e/ou recursos que possam vir a minimizar os contaminantes presentes em águas, tendo como principal finalidade melhorar a qualidade de vida das pessoas e tornar o meio ambiente menos poluído. Dessa forma, têm-se percebido que a utilização de adsorventes naturais recentemente tem possibilitado a remoção de alguns contaminantes presentes em águas.

O uso de adsorventes tem se tornado relevante, pois permite a remoção de contaminantes presentes em águas o que possibilita que estas sejam reutilizadas. Além disso proporciona a utilidade do subproduto, pois muitas vezes, os adsorventes utilizados são descartados pela falta de utilidade vista pela sociedade, sendo assim, o seu uso como adsorvente lhe permite uma nova finalidade. Nesta perspectiva, estudos realizados recentemente indicam que o uso da cortiça e seus derivados como adsorvente natural para tratamento de águas têm apresentado eficácia.

De acordo com Leite (2016), a cortiça é derivada da casca da árvore Sobreiro (*Quercus Súber*) e apresenta em sua composição células suberizadas que são impermeáveis e resistentes a vários agentes externos. Diante disto, o presente estudo teve como objetivo utilizar a cortiça como adsorvente natural para tratamento de águas subterrâneas e de águas de chafarizes.

2. Objetivo geral

Desenvolver estudo analítico utilizando adsorvente natural (cortiça) para tratamento de águas subterrâneas do município de Baraúna - PB e de águas de chafarizes do município de Coronel Ezequiel - RN.

2.1 Objetivos específicos

- Selecionar e realizar processo de amostragem de matrizes aquosas para desenvolvimento da pesquisa nos municípios de Baraúna – PB e Coronel Ezequiel - RN;
- Realizar determinações de pH, turbidez e condutividade elétrica;
- Determinar o teor de cloretos, alcalinidade e dureza total;
- Determinar os sólidos dissolvidos totais;
- Determinar o teor de sódio e potássio por meio de fotometria de chama;
- Propor metodologia de tratamento para águas em estudo utilizando adsorvente natural (cortiça) e realizar tratamento estatístico dos dados obtidos;
- Determinar a composição química da cortiça por Fluorescência de raios X por Energia Dispersiva (EDX-RF);
- Realizar a análise granulométrica da cortiça;
- Verificar a composição química da cortiça por Fluorescência de raios X por Energia Dispersiva (EDX-RF) em diferentes granulometrias após a adsorção.

3. Fundamentação teórica

3.1 Água

O planeta Terra apresenta um volume de aproximadamente 1,4 bilhão de km³ de água, cobrindo cerca de 70% da superfície da Terra, sabe-se, que 97% desse recurso é constituído de águas salgadas que estão armazenadas nos oceanos. As águas doces se concentram nas calotas polares, águas subterrâneas, rios e lagos. As águas salgadas são as que possuem uma grande densidade de sal em sua composição, enquanto que a água doce é própria para o consumo humano (PENA, 2019).

Barbosa et al. (2017) e Medeiros Filho (2019) afirmam que a água é um recurso natural essencial para o desenvolvimento social e econômico de uma região, apresentando a necessidade de um controle e gestão de sua disponibilidade a fim de maximizar os retornos à sociedade.

A água há milênios de anos, é reconhecida como uma substância essencial e presente na natureza que é constituinte fundamental para a conservação dos ecossistemas e da vida de todos os seres em nosso planeta. A estrutura e as funções de um ambiente são determinantes para a sobrevivência de plantas, animais e demais seres vivos (WOLKMER; PIMMEL, 2013).

Apesar disso, percebe-se ainda que muitas localidades não têm acesso a águas com características de potabilidade adequadas às necessidades do consumo humano. De acordo com Andreoli et al. (2013), este fato é decorrente do aumento de áreas muito povoadas, dos processos de urbanização, industrialização e produção agrícola que faz com que o grande volume de água que o país possui esteja reduzindo de forma acelerada.

Tendo em vista a escassez da água, ambientalistas têm alertado a população a respeito do desperdício da água, sua contaminação devido ao lixo e esgotos, invasões ao redor das reservas, desmatamentos e poluentes industriais e agrícolas. Existem no País graves problemas sociais relacionados com a água, que vai desde situações de carência absoluta até o desperdício, passando por problemas de baixa qualidade por contaminação orgânica e química, falta de consciência para o reuso, entre outras (AUGUSTO et al., 2012).

3.2 Abastecimento de água

De acordo com Silva (2016), o abastecimento de água é um conjunto de obras e serviços que suprem água potável para a população a fim de ser utilizada para consumo e indústrias. A Portaria nº 5/2017 do Ministério da Saúde define água potável como: “[...] água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde [...]” (BRASIL, 2017).

Segundo Ana (2019), a média de consumo diário que a ONU recomenda é 110 litros por habitante/dia, quantidade suficiente para suprir as necessidades básicas de uma pessoa. Entretanto, o monitoramento das condições da água para o consumo deve ser realizado e neste sentido existem ações destinadas à vistoria rotineira da qualidade da água, que é indispensável para determinar uma segurança para o consumo, buscando sempre a proteção à saúde pública (PORTO et al., 2011)

Garantir a qualidade da água para consumo humano fornecida por um sistema de abastecimento público, constitui elemento essencial das políticas de saúde pública (RODRIGUES, 2014).

3.3 Águas subterrâneas

As águas subterrâneas integram o ciclo hidrológico e se encontram profundamente associadas com processos atmosféricos e climáticos, com regime de águas superficiais de rios e lagos, com nascentes e as terras úmidas que são mantidas por ela. Grande parte da água subterrânea é proveniente de chuvas, provocada pela evaporação dos oceanos e mares e o vapor eliminado pelas erupções vulcânicas. Estas águas se infiltram e percorrem no subsolo, movimento este que é contribuído pela porosidade, infiltração e permeabilidade, ocupando todas as áreas vazias das rochas sedimentares, fraturas, fendas e fissuras das rochas compactas (ROCHA et al. 2011).

Segundo Cardoso F. et al. (2008) no território nacional a capacidade de água subterrânea não é regular devido à ocorrência de regiões com baixa disponibilidade hídrica como aquelas de ocorrência das rochas cristalinas no

semiárido brasileiro e outras com relativa abundância como aquelas alcançadas pelo Aquífero Guarani e outros aquíferos sedimentares. Ainda segundo o autor, as águas de poços subterrâneos e fontes estão sendo altamente empregadas para variadas finalidades, tais como abastecimento humano, irrigação e indústria.

Em um contexto de crise hídrica em que a população está passando, que abrange além da escassez da água, falhas em ações sustentáveis, tanto por parte de políticas públicas, como por parte do cidadão comum, as águas subterrâneas assumem um papel de protagonismo (VILAR, 2016).

Carvalho, Gitirana Junior, Carvalho (2012) destaca que a recarga natural das águas subterrâneas ocorre por meio de processos de infiltração, de parte ou mesmo a totalidade das águas pluviais precipitadas que se infiltram através das camadas do solo sobre as áreas não inundadas. Esse processo ocorre ao longo dos anos, denotando certo equilíbrio hidrodinâmico, que pode ser rompido com a ocupação e o uso do solo de forma desordenada, alterando as características de suporte do meio físico.

3.4 Chafarizes

O chafariz é uma construção de alvenaria, composta por um compartimento para armazenamento e outro compartimento para distribuição de águas por intermédio de torneiras (BRASIL, 2007). Por se tratar de um meio de distribuição de água para a população, é necessário ter higienização adequada e não comprometer a degradação da qualidade da água. Sendo assim, o chafariz tornou-se um meio importante pois permite a distribuição de água para a população, principalmente em épocas de estiagem onde a indisponibilidade de água é maior.

3.5 Aspectos químicos e físicos

As características físicas, químicas, biológicas e radiológicas das águas naturais descreve uma sequência de processos que decorre do corpo hídrico e na bacia hidrográfica, como resultado das mencionadas capacidades de

dissolução de ampla série de substâncias e de transporte pelo escoamento superficial e subterrâneo (LIBÂNIO, 2010).

Segundo Calgaro e Braga (2012) existe uma grande diversidade de elementos e substâncias químicas dissolvidas na água, onde sua origem predominante é o intemperismo natural das rochas, decorrente do fluxo de água que dissolve os minerais e transporta os íons dissolvidos para os rios e oceanos e possivelmente são incorporados aos sedimentos. Além de íons e substâncias solúveis provenientes de atividades industriais, de mineração, despejos de esgotos e outros resíduos.

Os aspectos físico-químicos da água para o consumo humano devem ser considerados como fator essencial, reforçando assim a ideia de que a água distribuída para os usuários atenda aos padrões de potabilidade. Para que seja consumida com segurança, a água precisa ser tratada e apresentar qualidade, sem qualquer mistura que altere ou interfira em suas propriedades. (CARVALHO; FIGUEIREDO; OLIVEIRA, 2016).

3.5.1 pH

O pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução e corresponde ao logaritmo do inverso da concentração de íons H^+ na solução. É fator primordial nos processos de coagulação, desinfecção e abrandamento das águas, no controle da corrosão e no tratamento dos esgotos e despejos industriais (FUNASA, 2014).

O pH da água precisa ser controlado, possibilitando que os carbonatos presentes sejam equilibrados, para que não ocorra nenhuma consequência como uma alta acidez da água (BRASIL, 2006). De acordo com a Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 5/2017 do Ministério da Saúde (MS), o pH da água deve ser mantido na faixa de 6,0 a 9,5 (BRASIL, 2017).

3.5.2 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica é determinada pela possibilidade de uma solução conduzir a passagem de corrente elétrica, isto dependendo da presença de cátions ou ânions. Quanto maior a concentração iônica da solução, maior é a

oportunidade para ação eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica (APHA, 2006).

O parâmetro condutividade elétrica não determina quais os íons estão presentes em determinada amostra de água, mas, contribui em possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorrem na bacia de drenagem ocasionados por lançamentos de resíduos industriais (CAVALCANTI, 2010).

3.5.3 Turbidez

A turbidez é um parâmetro que é definido como uma característica física de amostras de água que reduz a sua transparência à passagem de luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre na suspensão, sendo expressa por meio de unidades de turbidez, também denominadas unidades de Jackson ou nefelométricas (FUNASA, 2014).

A presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, causadora da turbidez, influenciam no aumento da cor, estando esse fenômeno associado à poluição por esgotos domésticos e outros tipos de despejos” (FERNANDES, 2011, p.51).

3.5.4 Dureza total

A dureza é a concentração de cátions multimetálicos em solução. Os cátions frequentemente associados à dureza são cálcio e magnésio (Ca^{2+} , Mg^{2+}), e em menor escala ferro (Fe^{2+}), manganês (Mn^{2+}), estrôncio (Sr^{2+}) e alumínio (Al^{3+}) (BRASIL, 2006). A origem da dureza das águas pode ser natural (por exemplo, dissolução de rochas calcárias, ricas em cálcio e magnésio) ou antropogênica (lançamento de efluentes industriais) (FUNASA, 2014).

3.5.5 Cloretos

Os cloretos estão distribuídos na natureza geralmente na forma de sais de sódio (NaCl), de potássio (KCl), e sais de cálcio (CaCl_2). A maior quantidade desses sais está presente nos oceanos (FUNASA, 2014). De acordo com Alfaro (2014), em caracterizações gerais de recursos hídricos, o cloreto é um componente encontrado naturalmente em análises de rotina.

Os cloretos em altas concentrações são indicativos de poluição em um corpo hídrico, nas águas destinadas para consumo humano sua concentração está associada à alteração de sabor e, à aceitação para consumo em concentrações superiores a 200-300 mg/L (BRASIL, 2011).

O excesso de cloreto pode possibilitar que a matéria orgânica presente nas amostras possa reagir e gerar compostos prejudiciais para a saúde, como trihalometanos, que são potencialmente carcinogênicos (OLIVER; RIBEIRO, 2014).

3.5.6 Alcalinidade

A alcalinidade é responsável por indicar a quantidade de íons presentes na água capaz de neutralizar os H^+ . Os bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-) são os principais constituintes da alcalinidade (BRASIL, 2006).

A alcalinidade está relacionada ao pH, águas que apresentam o valor para pH entre 4,4 e 8,3 significa que a alcalinidade será devido apenas bicarbonatos, o pH entre 8,3 e 9,4 significa que a alcalinidade será devido aos carbonatos e bicarbonatos e pH maior que 9,4 significa que a alcalinidade será de hidróxidos e carbonatos. No Brasil, as águas naturais apresentam alcalinidades inferiores a 100 mg/L de $CaCO_3$ (LIBÂNIO, 2010).

De acordo com Monteiro et al. (2018), o teor de alcalinidade na água é influenciado pelo contato da mesma com decomposições rochosas, com dejetos industriais, ou ainda, com reações que envolvam o CO_2 de origem atmosférica e da oxidação da matéria orgânica.

3.5.7 Sólidos totais dissolvidos

Os sólidos totais dissolvidos representam todos os constituintes químicos que estão dissolvidos na água. Segundo Casali (2008), águas com excesso de STD se tornam desagradáveis ao paladar em virtude da alteração no gosto e o consumo pode provocar o acúmulo de sais na corrente sanguínea e ocasionar a formação de cálculos renais.

Nos recursos hídricos, os sólidos totais dissolvidos podem prejudicar e causar danos à vida aquática, pois são capazes de sedimentar o leito dos rios e conseqüentemente destruir os organismos responsáveis pelo fornecimento de alimento. Além disso, os sólidos totais podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia (CETESB, 2015).

3.5.8 Identificação de Sódio e Potássio no fotômetro de chama

O fotômetro de chama é um aparelho analítico usado para o estudo do espectro de emissão de certas substâncias (sódio, potássio e lítio). A fotometria de chama tem a vantagem de ser simples, rápida, de alta sensibilidade e de baixo consumo de amostra (QUIMIS, 2011).

De acordo com Lucas et al. (2014), o sódio é um dos elementos encontrados em maior abundância na Terra, sendo solúvel em água. Enquanto que o potássio é um elemento que está em baixas concentrações nas águas naturais, sendo a lixiviação das rochas a sua principal fonte natural. Portanto, a fonte antrópica é uma das suas fontes, visto que é um elemento utilizado na indústria e na agricultura (ZUIN; IORIATTI; MATHEUS, 2009).

3.6 Adsorção

A adsorção é uma das técnicas mais eficientes e acessíveis para eliminação de metais no tratamento de água, onde uma substância é extraída de uma fase e concentrada na superfície de uma outra fase (BRITO; OLIVEIRA; PEIXOTO, 2010).

Comparando a adsorção com outros métodos de tratamento, pode-se constatar que a adsorção apresenta vantagens significativas pois dispõe de facilidade e flexibilidade na sua aplicação, desempenho versátil, viabilidade econômica e baixo consumo energético associado (OLIVEIRA, 2020).

De acordo com Marcelino (2020), o processo de adsorção é influenciado pela natureza dos adsorventes e do adsorvato, assim como pelas condições operacionais.

3.7 Adsorvente naturais

A utilização de adsorventes naturais tem se tornado relevante para a remoção de alguns contaminantes presentes em águas, pois, além do seu uso permitir que estes sejam minimizados, por se tratar do uso de produtos naturais a formação de resíduos com alta toxicidade é menor. A utilização de materiais naturais torna-se ainda mais significativa desde que os mesmos sejam provenientes de resíduos agroindustriais que em grande parte consistem em um problema ambiental conforme o volume produzido (MOREIRA, 2010).

Godinho (2011) afirma que os resíduos agrícolas de materiais lignocelulósicos produzidos por variados processos são as matérias primas, que estão sendo mais empregadas para processos adsorptivos, devido à grande disponibilidade e serem renováveis. Ainda de acordo com o autor, o Brasil dispõe de um grande potencial agrícola o que provoca a geração de uma grande quantidade de resíduos agroindustriais que na maioria das vezes são descartados.

3.8 Cortiça

Monteiro (2013) afirma que como material de custo reduzido, a cortiça tem sido estudada como potencial biossorvente, existindo estudos sobre a sua capacidade de remoção de metais como cádmio, chumbo, cobre, crômio, mercúrio, níquel e zinco de águas sintéticas. Existem alguns estudos sobre a capacidade da cortiça proveniente de rolhas usadas, para a remoção de metais de misturas e de águas reais fortificadas, avaliando o potencial deste resíduo na área da remediação ambiental.

De acordo com Bandeiras (2014), os carvões derivados da cortiça permitiram remover até 90% da concentração de cada fármaco das águas, melhorando a qualidade da água a partir da obtenção dessa biomassa. O tipo de tratamento dos aglomerados de cortiça gera estrutura porosa interna dos grânulos, o que influenciará a afinidade para cada molécula.

4. Metodologia

4.1 Área de estudo

Os campos de estudos estão localizados no município de Baraúna-PB e no município de Coronel Ezequiel-RN. O município de Baraúna-PB situa-se na região centro-norte do estado da Paraíba, mesorregião Borborema e microrregião Seridó oriental paraibano, limitando-se com os municípios de Sossego, Cuité, Pedra Lavrada e Picuí. Abrange uma área de 56,5 km², altitude média de 626 m, densidade demográfica de 83,43 hab/km², latitude de 06° 38' 34" sul, longitude de 36° 15' 13" oeste. Segundo os dados do último censo do IBGE (2010), o município apresenta uma população de 4.220 habitantes.

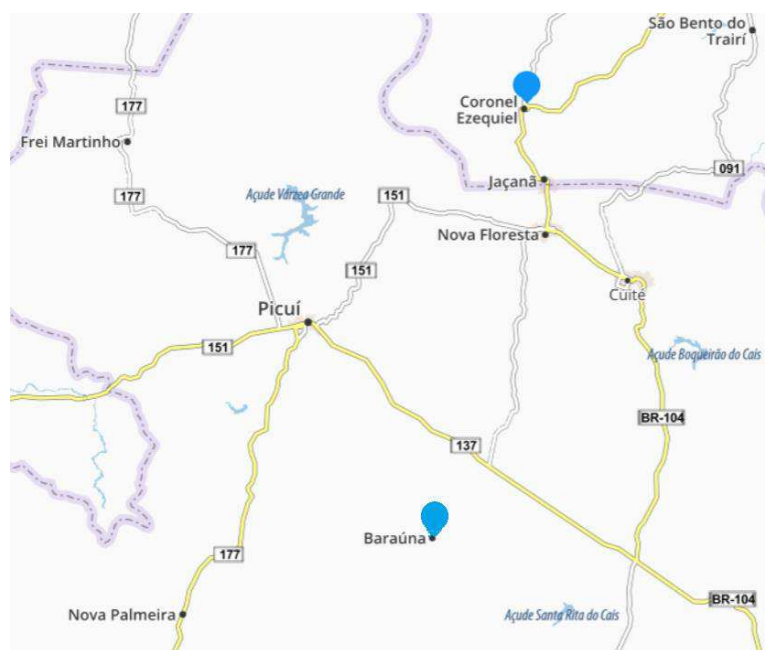
A outra área de estudo situa-se no município de Coronel Ezequiel-RN, localizado no Nordeste brasileiro, na Borborema Potigara, na Região do Trairi e próximo à fronteira com o Estado da Paraíba. Segundo os dados do IBGE (2010), a cidade dispõe de uma área de 185,8 km², população de 5.405 habitantes, e densidade demográfica de 29,6 hab/km², com latitude de 06° 23' 0" Sul, longitude de 36° 12' 47" Oeste e altitude de 561 metros. O município fica vizinho aos municípios de Jaçanã, Carrapateira e São Bento do Trairi.

Figura 1. Localização das amostras do município de Baraúna-PB.



Fonte: Google Maps (adaptado), 2019.

Figura 2. Mapa dos municípios de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN.



Fonte: <https://www.viamichelin.pt/web/Mapas=59220%20CoronelEzequiel%Brasil>, 2021.

4.2 Coleta das amostras

Para o desenvolvimento da pesquisa foram selecionados 4 poços subterrâneos no município de Baraúna-PB e 2 chafarizes localizados no município de Coronel Ezequiel-RN. No processo de amostragem foram coletadas 3 amostras de cada ponto, onde estas foram identificadas e armazenadas em garrafas de politereftalato de etileno (PET) com capacidade de 2,0L previamente higienizadas, preenchidas por completo e mantidas em refrigeração até a análise, com o intuito de evitar alterações nas características das mesmas. O quadro 1 informa a localização dos poços subterrâneos, o quadro 2 informa a localização dos chafarizes e as figuras 3 e 4 indicam o local de amostragem.

Quadro 1. Localidades dos poços subterrâneos em Baraúna-PB.

Amostras	Localidades
Ponto A – Poço 1	Rua da Independência
Ponto B – Poço 2	Rua Nazário Cassiano
Ponto C – Poço 3	Rua Padre Cícero
Ponto D – Poço 4	Rua Francisco Italiano

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Quadro 2. Localização dos chafarizes em Coronel Ezequiel-RN.

Amostras	Localidades
Ponto E – Chafariz 1	Comunidade Figueiredo
Ponto F – Chafariz 2	Comunidade Cachoeira

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Figura 3. Pontos de coletas no município de Coronel Ezequiel-RN.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Figura 4. Pontos de coletas no município de Baraúna-PB.



Fonte: Autoria própria, 2019.

4.3 Caracterização dos parâmetros físico-químicos

As análises foram realizadas no laboratório de Biocombustíveis e Química Ambiental, no laboratório de Química Analítica, no laboratório de Eletroquímica e Corrosão e no laboratório de Bromatologia, ambos localizados no Centro de Educação e Saúde da Universidade Federal de Campina Grande. As metodologias adotadas seguiram o manual prático de análise de água da Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2013) e o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2006).

4.3.1 pH

A determinação de pH foi realizada com um peagâmetro *pH 21 – Hanna*, sendo o mesmo previamente calibrado com soluções tampão ácido de $4,01 \pm 0,01$ e básico de $10,01 \pm 0,01$.

Figura 5. Peagâmetro pH 21 – Hanna.



Fonte: Autoria própria, 2020.

4.3.2 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica foi determinada utilizando um *condutivímetro AT-255*, previamente calibrado com solução padrão de cloreto de potássio (KCl) $146,9 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 0,5\%$, com uma temperatura padronizada de 25°C .

Figura 6. Condutivímetro AT - 255.



Fonte: Autoria própria, 2020.

4.3.3 Turbidez

O parâmetro de turbidez foi determinado por um turbidímetro modelo *DLT-WV*, previamente calibrado com soluções padrões de < 0,10 NTU, 10 NTU, 100 NTU e 800 NTU.

Figura 7. Turbidímetro DLT – WV.

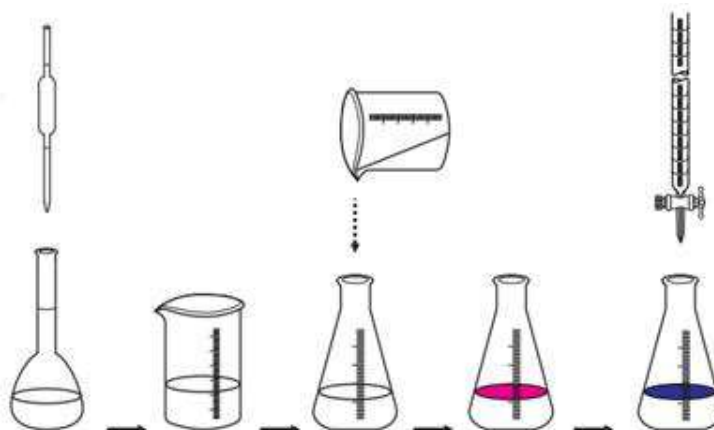


Fonte: Autoria própria, 2020.

4.3.4 Dureza total

Para determinação da dureza foi utilizado o método de volumetria de complexação utilizando como complexante o agente titulante EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) e utilizando como indicador Negro de Eriocromo T (FUNASA, 2013).

Figura 8. Fluxograma da análise de dureza total.

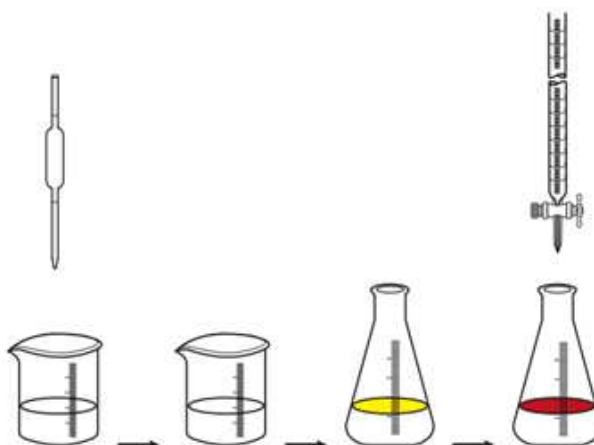


Fonte: Adaptado do Manual Prático de Análises de águas da FUNASA (2013).

4.3.5 Cloretos

O teor de cloretos foi determinado pela técnica de volumetria de precipitação, onde foram realizadas titulações com solução-padrão de nitrato de prata (AgNO_3) 0,1 mol/L e solução indicadora de cromato de potássio (K_2CrO_4) 0,1 mol/L (APHA, 2012).

Figura 9. Fluxograma da análise do teor de cloretos.

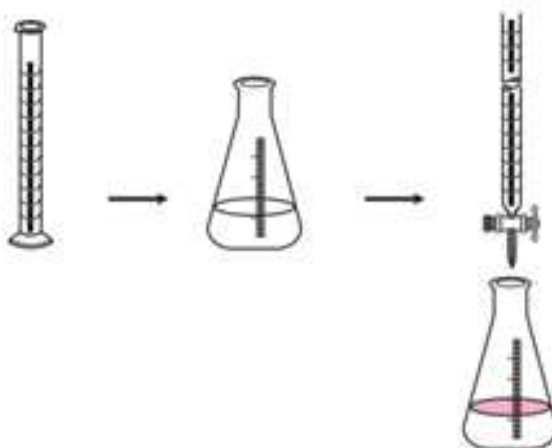


Fonte: Adaptado do Manual Prático de Análises de águas da FUNASA (2013).

4.3.6 Alcalinidade

Foi utilizado o método de volumetria de neutralização para realizar as medidas de alcalinidade, utilizando como titulante a solução padrão de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e como substância indicadora o alaranjado de metila (FUNASA, 2013).

Figura 10. Fluxograma da análise de alcalinidade.



Fonte: Adaptado do Manual Prático de Análises de águas da FUNASA (2013).

4.3.7 Identificação de potássio e sódio por fotômetro de chama

Para a determinação dos cátions metálicos, Na^+ e K^+ , foi utilizado um fotômetro de chama QUIMIS Q498M calibrado com soluções padrão de 100 ppm de Na^+ e K^+ (QUIMIS,2011).

Figura 11. Fotômetro de chama QUIMIS Q498M.

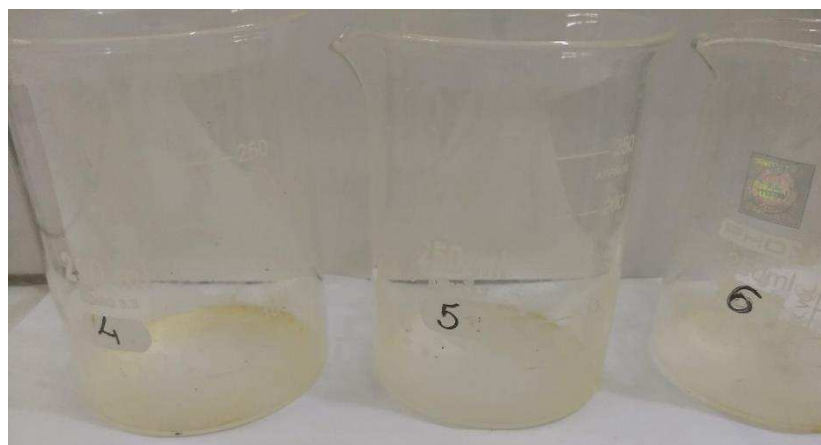


Fonte: Autoria própria, 2020.

4.3.8 Determinação de sólidos totais dissolvidos

A determinação de sólidos totais dissolvidos foi realizada apenas com as amostras provenientes de poços subterrâneos do município de Baraúna-PB. Inicialmente, os béqueres foram tarados previamente e logo em seguida foram adicionados 100,0mL de cada amostra, para cada amostra esse procedimento foi realizado em triplicata. Em seguida, os béqueres foram transferidos para a estufa à 105° C até atingir a total evaporação, secagem e calcinação da amostra de água e após esse procedimento os béqueres foram pesados novamente. Os métodos empregados para determinação de sólidos são gravimétricos, utilizando-se de balança analítica ou de precisão, e os valores obtidos neste parâmetro são expressos em mg/L através de uma relação com o teor de sólidos na água (CETESB, 2016).

Figura 12. Béqueres com as amostras após a evaporação, secagem e calcinação.



Fonte: Autoria própria, 2020.

4.4 Análise da composição química do adsorvente no Espectrômetro de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva (EDX-RF)

A determinação da composição química da cortiça *in natura* e após a adsorção foi feita pela técnica de Fluorescência de raios X por Energia Dispersiva (EDX-RF), utilizando um espectrômetro digital da SHIMADZU, modelo EDX-7000.

Figura 13. Espectrômetro digital EDX – 7000.



Fonte: Autoria própria, 2020.

4.5 Preparação do adsorvente

Na preparação do adsorvente, a matéria prima da cortiça foi coletada a partir da rolha de cortiça que geralmente é descartada. As rolhas são derivadas da árvore da espécie *Sobreiro (Quercus Súber)*. Para a obtenção do adsorvente, o material é cortado em pedaços menores e triturado no moinho de facas *Wyllie Modelo: CE-430/Micro* até se obter uma espécie de farelo do material triturado. Em seguida este material obtido foi pesado em uma balança analítica marca *BEL ENGINEERING* com $24V \pm 550mA$ modelo *M214Ai* e secado em uma estufa de secagem modelo *QUIMIS Q31711-23* com $110/220V - 1000W$ a $60^{\circ}C$ por duas horas.

Figura 14. Moinho de facas.



Fonte: Autoria própria, 2020.

4.6 Análise granulométrica

Inicialmente o material foi secado em temperatura ambiente e posteriormente levado à estufa com a temperatura de 60°C por duas horas, com o intuito de evitar alteração no peso da amostra devido à umidade do ambiente e aglutinação dos grãos. Esse método foi utilizado para classificar e caracterizar a granulometria da amostra.

Depois do material está seco, foi utilizado o processo de peneiramento com agitação através de um conjunto de sete peneiras com diferentes tipos de malhas numa máquina de Rot-up. As peneiras, apresentam intervalos de: 2mm; 1mm; 500µm; 250µm; 125µm e 53µm, caracterizando-se como: cascalho; areia muito grossa; areia média; areia fina; areia muito fina e silte, respectivamente.

Figura 15. Máquina de Rot-up.



Fonte: Autoria própria, 2020.

4.7 Adsorção por filtração

Para o tratamento das amostras foi utilizado o adsorvente natural (cortiça) de duas granulometrias, 250µm e 125µm, respectivamente. As amostras de cortiça foram pesadas em uma balança analítica com aproximadamente 3,0 gramas cada. Em seguida, as cortiças foram colocadas em contato com água destilada sofrendo agitação magnética para realizar a lavagem do material, com o intuito de retirar a coloração liberada pela cortiça e, por fim filtradas com papel filtro qualitativo.

Foi utilizado 250mL de cada amostra que foram colocadas em contato com o adsorvente lavado no procedimento descrito anteriormente. Para realizar a agitação foi utilizado um agitador magnético modelo *QUIMIS M6261-22* com 220V a 600W, em seguida, as amostras foram filtradas e por fim foram realizadas análises de algumas propriedades físico-químicas das amostras de águas após a adsorção.

Figura 16. (A) Processo de agitação magnética. (B) Processo de adsorção por filtração.



Fonte: Autoria própria, 2020.

5. Resultados e discussões

5.1 Análises físico-químicas das amostras de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN antes da adsorção

Nas tabelas e gráficos abaixo estão expressos os valores médios e os respectivos desvios padrões das análises físico-químicas realizadas antes da adsorção: pH, condutividade elétrica, turbidez, dureza total, alcalinidade, cloretos, sólidos totais dissolvidos e concentração de sódio e potássio das amostras do município de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN.

5.1.1 pH

De acordo com a Funasa (2013), o potencial hidrogeniônico (pH) é considerado como a concentração do íon hidrogênio de uma solução. Este parâmetro apresenta uma variação de 0 a 14 e determina a intensidade de acidez ($\text{pH} < 7,0$), neutralidade ($\text{pH} = 7$) ou alcalinidade ($\text{pH} > 7,0$) de uma solução aquosa (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

De acordo com Sperling (2005), o pH da água não é capaz de causar danos à saúde pública, abrindo exceção para valores extremamente ácidos ou alcalinos que podem causar irritação na pele ou olhos.

O pH pode ser alterado de forma natural por meio da dissolução de rochas e fotossíntese ou antropogênica por meio do despejo doméstico e industrial (CETESB, 2015).

A distribuição final da água em si é afetada pelo pH, sendo assim é necessário que o pH da água final seja controlado de modo que os carbonatos presentes sejam equilibrados (SOARES, A., 2018).

Segundo a Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 5/2017 do Ministério da Saúde (MS), o pH da água deve ser mantido na faixa de 6,0 a 9,5 (BRASIL, 2017). Logo, ao se realizar este tipo de análise em estudo de águas é possível determinar o padrão de potabilidade da amostra.

A Tabela 1 apresenta os valores encontrados para o parâmetro de pH das amostras de águas e os seus respectivos desvios padrões.

Tabela 1: Valores médios de pH dos poços e dos chafarizes antes da adsorção.

Amostras	Valores médios de pH
Ponto A	6,08 ± 0,02
Ponto B	6,35 ± 0,02
Ponto C	6,62 ± 0,02
Ponto D	6,56 ± 0,02
Ponto E	7,08 ± 0,27
Ponto F	7,12 ± 0,10
VMP*	6,0 a 9,5

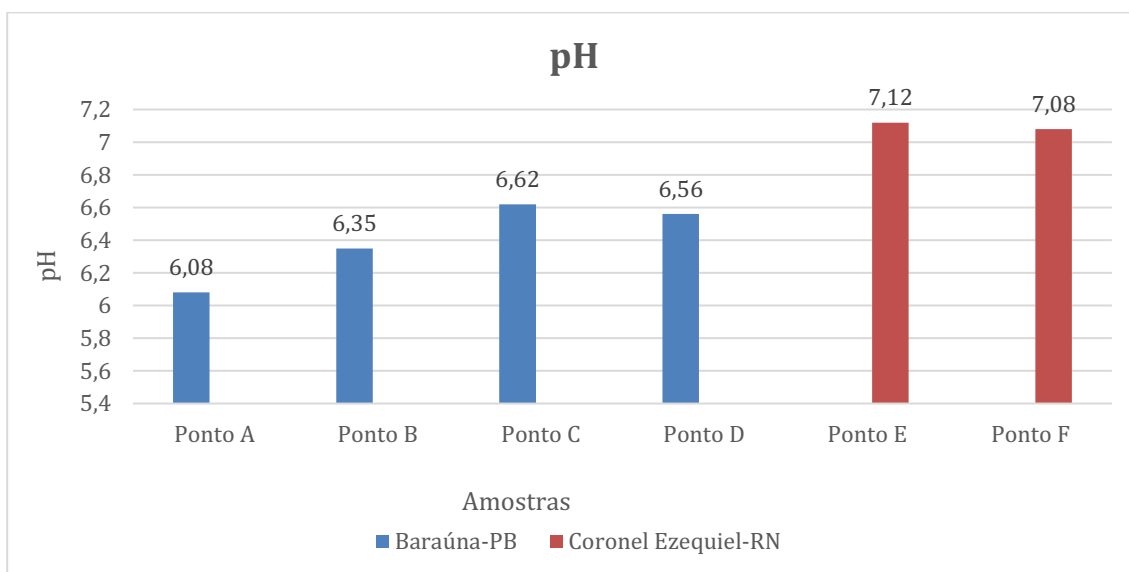
Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Analisando a tabela acima, é possível perceber que os valores médios de pH das amostras provenientes dos poços subterrâneos, ponto A ao ponto D, variam de 6,08 a 6,62. Em relação ao pH das amostras dos chafarizes, ponto E e ponto F, pode-se perceber que os valores foram 7,08 e 7,12, respectivamente.

Através dos dados obtidos, pode-se determinar que todas as amostras analisadas se encontram de acordo com a Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 5/2017, onde o pH deve-se encontrar na faixa de 6,0 a 9,5.

Os resultados das médias referentes às medidas de pH tanto para as amostras de águas subterrâneas do município de Baraúna-PB como das amostras de Coronel-Ezequiel-RN, encontram-se representados no Gráfico 1 abaixo.

Gráfico 1: Valores médios das medidas de pH de águas dos municípios de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

De acordo com o gráfico 1 é possível verificar que dentre as amostras de Baraúna-PB a que obteve maior valor de pH foi a amostra do ponto C (6,62), enquanto que nas amostras dos chafarizes do município de Coronel Ezequiel-RN o maior valor obtido foi no ponto E (7,12).

No município de Frei Martinho-PB, Cardoso (2017) verificou por meio de análises que o pH das amostras de águas dos poços e do açude municipal variaram entre 7,21 e 8,22. Enquanto que Medeiros Filho et al. (2017) em poços subterrâneos do município de Sossêgo-PB também obteve valores de pH dentro dos valores permitidos, 6,60 e 6,68, mas nas amostras de Cuité-PB os valores foram 3,29 e 5,33, caracterizando-as como ácidas e fora do padrão estabelecido.

Em conformidade, em um estudo realizado por Bezerra et al. (2017) em chafarizes do município de Fortaleza-CE os valores obtidos de pH variaram entre 4,8 e 7,6. Santos et al. (2019) em águas do Chafariz Municipal de Cuité-PB, encontrou os valores na análise de pH de 4,59 e 4,05 respectivamente, típicos de pH ácidos.

5.1.2 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é determinada pela possibilidade de uma solução conduzir a passagem de corrente elétrica, isto dependendo da presença de cátions ou ânions. Segundo Rosa et al. (2013), a condutância de uma solução é resultado das atribuições de todos os íons presentes, mas, apesar de todos os íons presentes contribuírem para a condução da corrente, a fração da corrente transportada depende de sua concentração relativa e da facilidade com que a espécie iônica se movimenta no meio.

De acordo com a Funasa (2014), a condutividade elétrica da água indica sua capacidade de transmitir corrente elétrica e isso é decorrente da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions. Quanto maior for a concentração iônica da solução, maior será sua oportunidade para ação eletrolítica e, portanto, maior será a capacidade em conduzir corrente elétrica (APHA, 2006).

De acordo com Libânio (2010), a condutividade elétrica da água relaciona a resistência elétrica ao comprimento e é expressa usualmente em $\mu\text{S}/\text{cm}$ (microSiemens por centímetro). O mesmo autor afirma que as águas naturais apresentam geralmente condutividade elétrica inferior à $100 \mu\text{S}/\text{cm}$, mas, em ambientes poluídos por efluentes domésticos ou industriais, os valores podem chegar à $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$.

A Portaria nº 5/2017 do Ministério da Saúde não estabelece um valor máximo permitido para uma condutividade elétrica ideal, entretanto, na Tabela 2 abaixo é possível observar os valores encontrados em todas as amostras para este parâmetro e os seus respectivos desvios padrões.

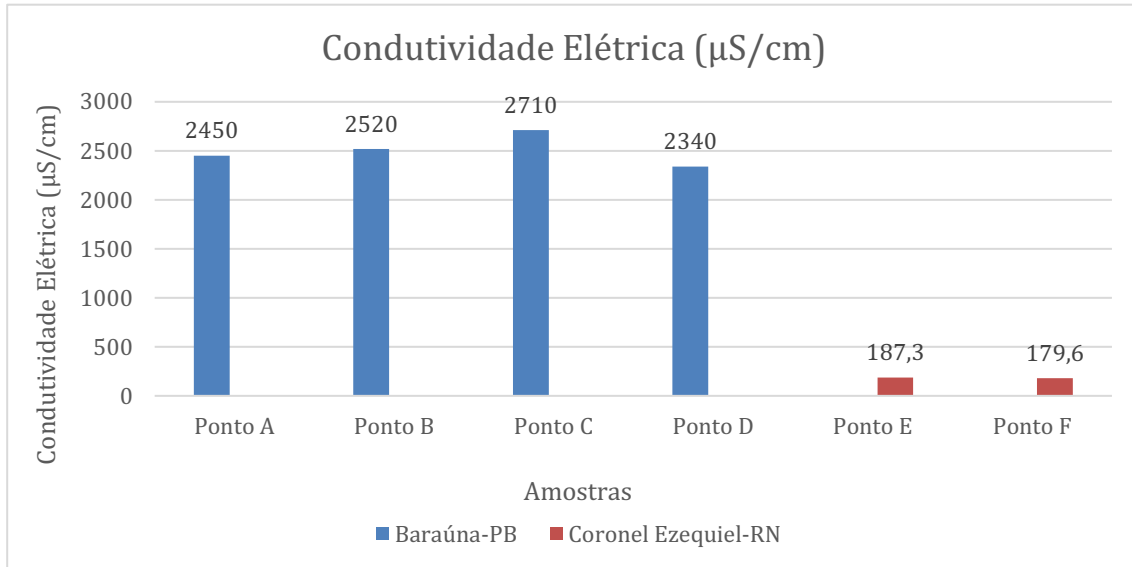
Tabela 2: Valores médios da condutividade elétrica dos poços e dos chafarizes.

Amostras	Valores médios da Condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$)
Ponto A	2450,0 \pm 0,0
Ponto B	2520,0 \pm 0,0
Ponto C	2710,0 \pm 0,01
Ponto D	2340,0 \pm 0,0
Ponto E	187,3 \pm 1,8
Ponto F	179,6 \pm 4,4
VMP*	Não especificado

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

De acordo com a Tabela 2 é possível perceber que os valores obtidos neste parâmetro variaram entre 2340 e 2710 $\mu\text{S/cm}$ para as amostras dos poços subterrâneos, considerando-se valores relativamente altos e que indicam uma grande possibilidade de condução elétrica. Não foi constatado nenhum tipo de indústria nos arredores dos pontos analisados, entretanto, os ambientes podem estar poluídos por efluentes domésticos uma vez que as casas nos seus arredores não apresentavam saneamento básico. Por outro lado, nas amostras do município de Coronel Ezequiel-RN, os valores encontrados foram considerados baixos, 179,6 e 187,3 $\mu\text{S/cm}$. No gráfico 2 abaixo, estão representados os valores médios obtidos para a condutividade elétrica das amostras.

Gráfico 2: Valores médios das medidas de condutividade elétrica.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

De acordo com o Gráfico 2 é possível verificar que os poços subterrâneos que apresentaram maiores valores para o parâmetro de condutividade elétrica foram o ponto B e ponto C, 2520 e 2710 $\mu\text{S/cm}$, respectivamente. Tratando-se das amostras dos chafarizes, o maior valor obtido foi no ponto E, 187,3 $\mu\text{S/cm}$.

Cardoso R. (2017) no município de Frei Martinho-PB obteve por meio de suas análises que a condutividade elétrica das amostras de águas dos poços e do açude municipal variaram de 204,1 a 3393,3 $\mu\text{S/cm}$. Enquanto que Santos et al. (2019) no seu estudo no município de Cuité-PB obteve os valores de 620,9 $\mu\text{S/cm}$ e 3030 $\mu\text{S/cm}$.

5.1.3 Turbidez

De acordo com Couto (2004), a turbidez é a medição da dificuldade que um feixe de luz apresenta ao atravessar uma certa quantidade de água, conferindo-lhe uma aparência turva.

Segundo Marques et al. (2007), a turbidez é um parâmetro fundamental para o controle dos processos de coagulação, floculação, sedimentação e filtração. O mesmo autor ainda afirma que nas águas de abastecimento a turbidez influencia na presença de partículas onde “a digestão anaeróbia leva a formação principalmente de gases metano e carbônico, além de nitrogênio gasoso e do gás sulfídrico, que é malcheiroso”.

Os dados obtidos referentes a turbidez das amostras estão expressos na tabela 3 abaixo.

Tabela 3: Valores médios da turbidez dos poços e dos chafarizes.

Amostras	Valores médios da Turbidez (NTU)
Ponto A	0,63 ± 0,03
Ponto B	1,43 ± 0,06
Ponto C	0,16 ± 0,01
Ponto D	0,34 ± 0,01
Ponto E	0,53 ± 0,07
Ponto F	0,79 ± 0,24
VMP*	5,0 NTU

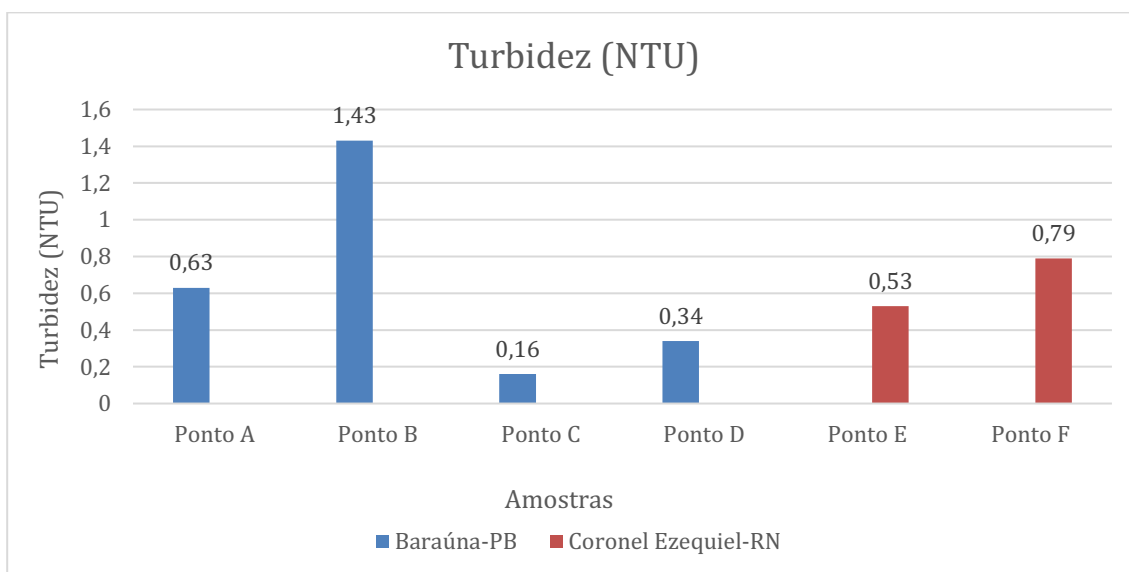
Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Observando a tabela 3, percebe-se que os valores obtidos para a turbidez das amostras variam entre 0,16 e 1,43 NTU. De acordo com a Portaria nº 5/2017 do MS o valor máximo permitido para este parâmetro é de 5,0 NTU, sendo assim, pode-se constatar que as amostras se encontram dentro do padrão de potabilidade por apresentar valores abaixo do máximo permitido.

Segundo Libânio (2010), a turbidez natural da água superficial encontra-se normalmente entre 3 e 500 μ T, e inferior a 1,0 μ T para águas subterrâneas com uma frequência significativa devido à presença de ferro e manganês.

No gráfico 3, estão representados os valores médios para o parâmetro de turbidez das amostras.

Gráfico 3: Valores médios da turbidez das águas dos municípios de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Analisando o gráfico acima, pode-se constatar que o maior valor obtido na turbidez das amostras encontra-se no ponto B do município de Baraúna-PB, o qual corresponde a 1,43 NTU. Em relação as amostras do município de Coronel Ezequiel-RN, a amostra do ponto F obteve o maior valor, sendo este 0,79 NTU.

No estudo realizado por Cardoso, R. (2017) em poços subterrâneos na cidade de Frei Martinho-PB, os valores da turbidez variaram entre 0,03 e 2,76 NTU. Já nos dados apresentados por Santos e Mohr (2013), as amostras de águas subterrâneas das cidades de Chiapetta-RS e Santo Antônio das Missões-RS, obtiveram valores abaixo do permitido, obtendo-se uma média de 0,6 NTU.

5.1.4 Dureza Total

De acordo com a Funasa (2013), a dureza da água em mg/L de carbonato de cálcio (CaCO_3) pode ser caracterizada como: mole ou branda: <50 mg/L de CaCO_3 ; dureza moderada: entre 50 mg/L e 150 mg/L de CaCO_3 ; dura: entre 150 mg/L e 300 mg/L de CaCO_3 ; e muito dura: >300mg/L de CaCO_3 .

O índice de dureza da água é um índice muito importante para avaliar a sua qualidade (ROSA et al., 2013). De acordo com Libânio (2010), a dureza da água é mais característica e mais evidente nas regiões de formação calcária e menos significantes em zonas de terrenos arenosos ou argilosos.

Na tabela 4 estão inseridos os valores encontrados para o parâmetro da dureza total.

Tabela 4: Valores médios da dureza total dos poços e dos chafarizes.

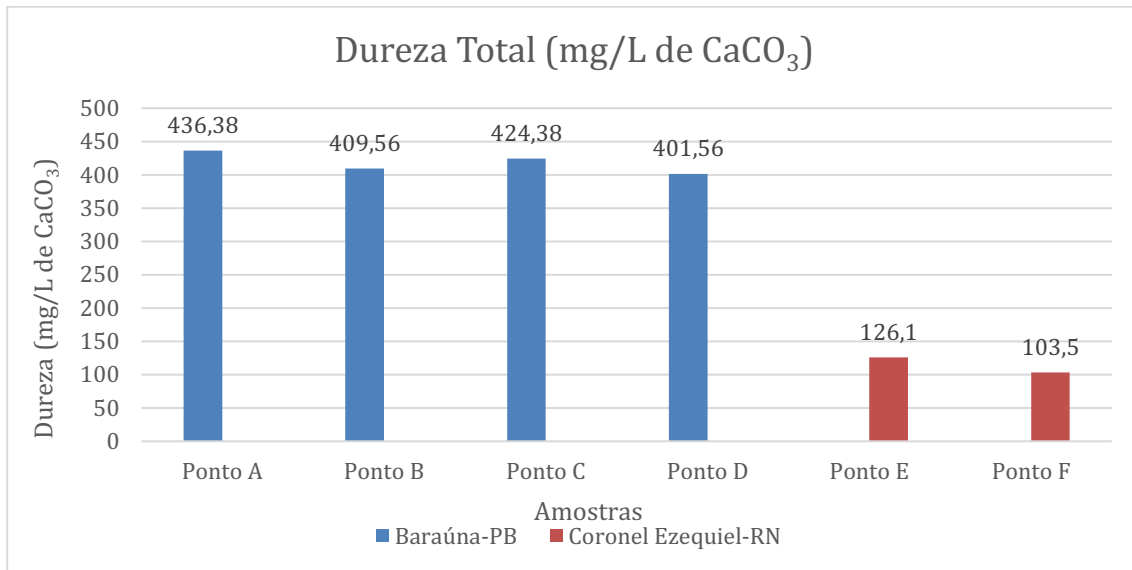
Amostras	Valores médios da Dureza Total (mg/L de CaCO₃)
Ponto A	436,38 ± 0,20
Ponto B	409,56 ± 0,05
Ponto C	424,38 ± 0,03
Ponto D	401,56 ± 0,11
Ponto E	126,10 ± 0,35
Ponto F	103,50 ± 0,02
VMP*	500 mg/L de CaCO₃

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Tratando-se da dureza total, as amostras apresentaram uma variação entre 103,5 e 436,3 mg/L de CaCO₃. Sendo assim, através dos dados obtidos é possível perceber que as amostras atendem a condição estabelecida pelo MS, onde a quantidade máxima permitida de dureza total para a água ser considerada potável é de 500 mg/L de CaCO₃. O gráfico 4 apresenta os valores obtidos para o parâmetro de dureza total das amostras.

As águas subterrâneas, por motivo do processo de lixiviação da água no solo é geralmente mais dura que a água superficial. Água de alta dureza reduz a formação de espuma, o que implica em aumento do consumo de sabão e xampus, além de causar incrustações em tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, devido à precipitação dos cátions de alta temperatura (FUNASA, 2014).

Gráfico 4: Valores médios da dureza total.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Observando o gráfico 4, nota-se que dentre as amostras de Baraúna-PB a que obteve maior valor foi o ponto A, onde o valor foi 436,3 mg/L de CaCO₃, classificando-se como água muito dura. Por outro lado, nas amostras de Coronel Ezequiel-RN as águas apresentam dureza moderada, onde os valores encontrados foram mais baixos, 103,5 e 126,1 mg/L de CaCO₃, encontrando-se o maior valor no ponto E. Levando em consideração o valor máximo permitido do MS, percebe-se que todas as amostras atendem a condição estabelecida pelo Ministério da Saúde.

Em um estudo feito por Lima et al. (2017), os poços subterrâneos da cidade de Triunfo-PB apresentaram variações de dureza total entre 78 e 646,5 mg/L de CaCO₃. Em conformidade, Soares A. (2018) encontrou valores entre 280,78 e 3010,00 mg/L de CaCO₃ para poços na cidade de Santa Cruz-RN. De acordo com Santos et al. (2019), nas análises da dureza de águas do chafariz municipal de Cuité-PB, os valores estiveram entre 113,10 e 360,32 mg/L de CaCO₃ se adequando aos requisitos estabelecidos na Portaria.

5.1.5 Teor de Cloretos

De acordo com Brasil (2011), os cloretos normalmente estão presentes nas águas brutas e tratadas em concentrações que variam de pequenos traços a várias centenas de mg/L na forma de cloreto de sódio, de cálcio e de magnésio.

Os cloretos (Cl⁻) são provenientes da dissolução de sais, como sólidos dissolvidos advindos da dissolução de minerais ou pela intrusão de águas salinas (NUNES et al., 2010). Segundo a Funasa (2013), elevadas concentrações de cloretos na água podem causar restrições ao seu uso devido ao sabor que estes lhe conferem e ao efeito laxativo que os cloretos podem causar nos consumidores.

Na tabela 5 encontram-se os valores obtidos para o parâmetro do teor de cloretos das amostras da presente pesquisa.

Tabela 5: Valores médios do teor de cloretos dos poços e dos chafarizes.

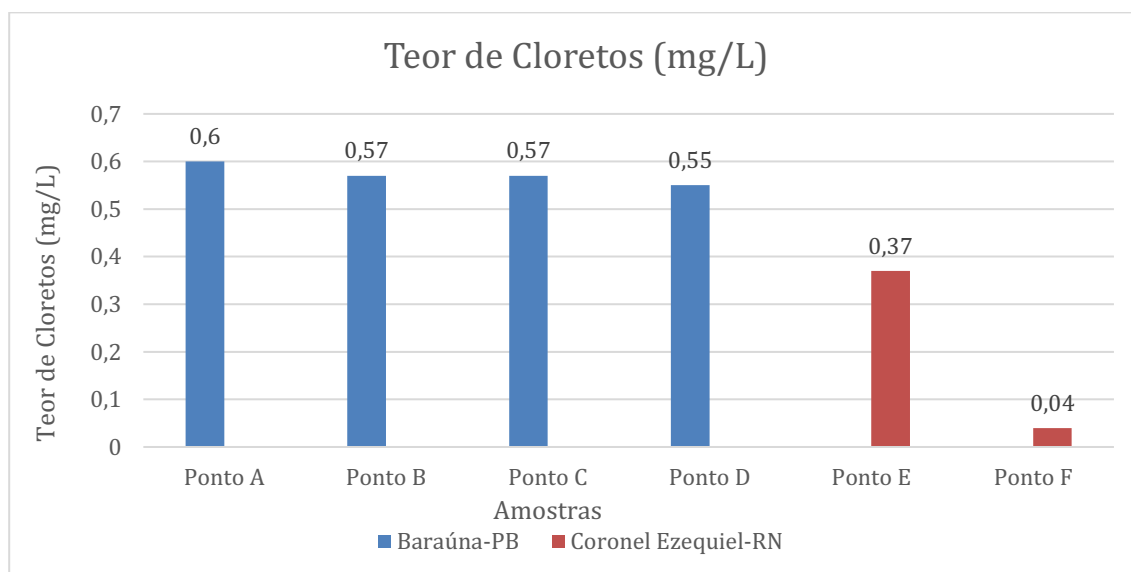
Amostras	Valores médios do teor de Cloretos (mg/L)
Ponto A	0,60 ± 0,005
Ponto B	0,57 ± 0,100
Ponto C	0,57 ± 0,057
Ponto D	0,55 ± 0,115
Ponto E	0,37 ± 0,057
Ponto F	0,04 ± 0,054
VMP*	250 mg/L

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Analisando os dados obtidos na pesquisa, é possível observar que os teores de cloretos das amostras variam de 0,04 à 0,60 mg/L, valores considerados baixos por ser abaixo de 1 mg/L. De acordo com Brasil (2017), o valor máximo permitido de cloretos para que a água seja considerada potável é de 250 mg/L, sendo assim, constata-se que todas as amostras se encontram dentro deste padrão estabelecido.

No gráfico 5 encontram-se representados os valores obtidos na determinação do teor de cloretos das amostras.

Gráfico 5: Valores médios do teor de cloretos das águas dos municípios de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Levando em consideração os dados expressos no gráfico 5, percebe-se que o maior valor do teor de cloretos das amostras de Baraúna-PB foi encontrado no ponto A, 0,60 mg/L, valor considerado baixo. Em relação as amostras de Coronel Ezequiel-RN o maior valor obtido foi no ponto E, 0,37 mg/L, também considerado baixo.

Em conformidade Souza et al. (2020), encontrou baixas concentrações de cloretos nas amostras de águas de abastecimentos do município de São Vicente do Seridó-PB, variando de 0,164 a 0,496 mg/L. De acordo com Silva et al. (2015), as águas subterrâneas das cidades de Cuité-PB e Areial-PB, apresentaram valores para o parâmetro de cloretos variando de 2,49 a 16,89 mg/L. Cardoso R. (2017) em amostras de Frei Martinho-PB, obteve valores de cloretos variando entre 0,05 a 1,06 mg/L. Nas amostras de águas do município de Jaçanã-RN os valores encontrados na determinação de cloretos apresentaram valores entre 0,21 e 2,09 mg/L (SILVA, 2019).

5.1.6 Alcalinidade

A alcalinidade é representada pela presença de íons hidróxido, carbonato e bicarbonato. A importância do conhecimento das concentrações dos íons presentes na alcalinidade permite obter informações sobre as características corrosivas ou incrustantes da água (MACÊDO, 2001). De acordo com Sperling

(2005), altas concentrações de alcalinidade podem causar gosto amargo na água. Na tabela 6 pode-se observar os valores obtidos nas análises de alcalinidade das amostras.

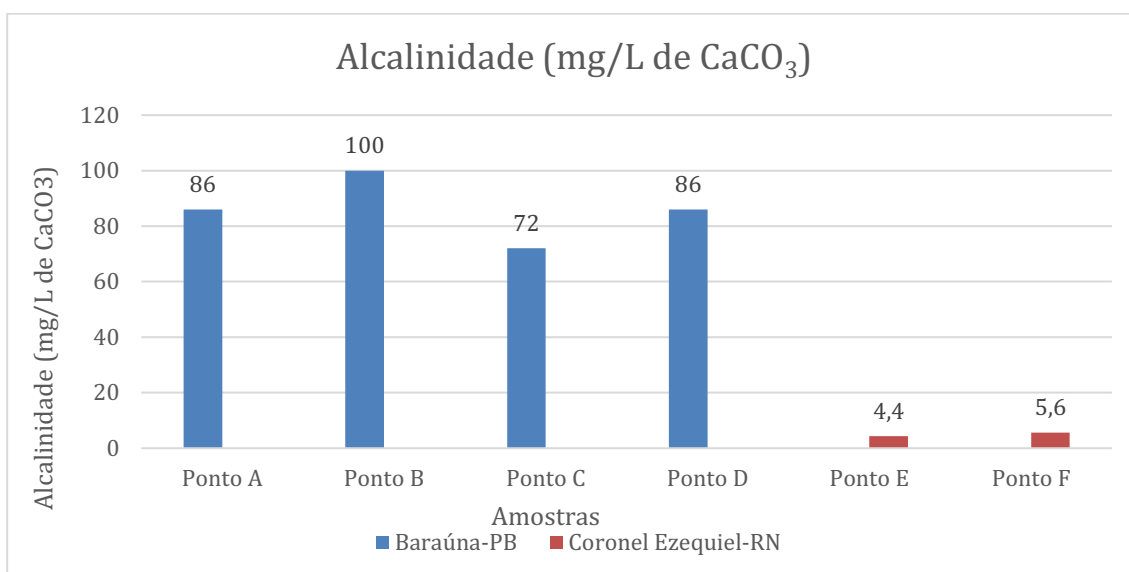
Tabela 6: Valores médios da alcalinidade dos poços e dos chafarizes.

Amostras	Valores médios da alcalinidade (mg/L de CaCO₃)
Ponto A	86,0 ± 0,1
Ponto B	100,0 ± 0,1
Ponto C	72,0 ± 0,1
Ponto D	86,0 ± 0,1
Ponto E	4,4 ± 0,1
Ponto F	5,6 ± 0,0
VMP*	6,0 a 9,5

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Não há um valor máximo especificado pelo Ministério da Saúde para o parâmetro de alcalinidade, sendo assim, não se constitui em padrão de potabilidade. Entretanto, os valores correspondentes as alcalinidades das amostras foram considerados baixos, variando de 4,4 à 100 mg/L de CaCO₃. De acordo com o gráfico 6 é perceptível que houve diferenças significativas nos valores das alcalinidades das amostras, onde as águas analisadas do município de Baraúna-PB apresentaram os maiores valores para este parâmetro.

Gráfico 6: Valores da alcalinidade das águas dos municípios de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Nas amostras dos poços subterrâneos de Baraúna-PB, os valores variaram entre 72 e 100 mg/L de CaCO₃, sendo o maior valor obtido no ponto B. Por outro lado, nas amostras de Coronel Ezequiel-RN os valores foram menores, 4,4 e 5,6 mg/L de CaCO₃.

Nos dados apresentados por Silva (2014), os valores da alcalinidade total das amostras de águas de Cuité-PB variaram entre 12 e 18 mg/L de CaCO₃, enquanto que nas águas dos poços os valores encontrados foram bem mais elevados 109,2 e 154,6 mg/L de CaCO₃. Em conformidade Cardoso R. (2017), encontrou os valores variando de 96,00 a 464,6 mg/L de CaCO₃ para o parâmetro de alcalinidade total.

5.1.7 Sólidos Totais Dissolvidos

A determinação dos sólidos totais dissolvidos só foi realizada com as amostras dos poços subterrâneos do município de Baraúna-PB, sendo assim na tabela 7 e no gráfico 7 abaixo só constam os dados destas amostras.

Na composição das águas naturais, os sólidos totais dissolvidos estão presentes na forma de carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos, nitratos de cálcio, magnésio e potássio (GASPAROTTO, 2011).

De acordo com Casali (2008), águas com alto valor de sólidos totais dissolvidos têm consequências negativas, como a deterioração do gosto e entupimento de tubulações, além disso, seu consumo pode ocasionar formação de cálculos renais.

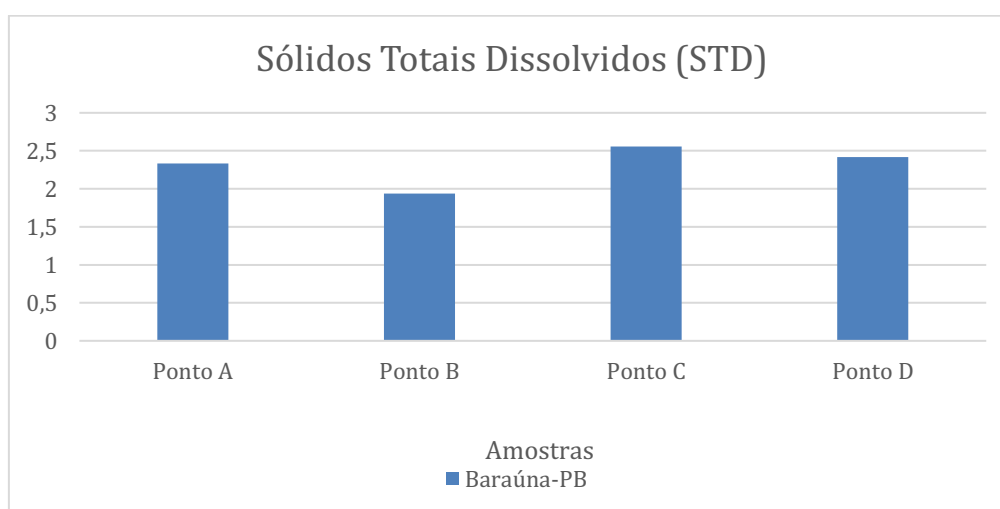
Tabela 7: Valores médios dos sólidos totais dissolvidos dos poços de Baraúna-PB.

Amostras	Valores médios dos STD (mg/L)
Ponto A	2,334 ± 0,058
Ponto B	1,938 ± 0,222
Ponto C	2,557 ± 0,086
Ponto D	2,418 ± 0,131
VMP*	1000 mg/L

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Analisando a tabela 7, pode-se observar que os valores de sólidos totais dissolvidos foram considerados baixos variando de 1,938 à 2,557 mg/L dentre as amostras. O Ministério da Saúde estabelece na Portaria nº5/2017 que o valor máximo permitido de STD nas amostras de águas deve ser igual a 1000 mg/L. Os dados deste parâmetro também estão expressos no gráfico 7.

Gráfico 7: Valores dos sólidos totais dissolvidos dos municípios de Baraúna-PB.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A respeito dos sólidos totais dissolvidos, os valores apresentaram uma variação entre 1,938 e 2,557 mg/L, encontrando-se o maior valor no ponto C.

Além disso, constata-se que todas as amostras se adequam ao valor máximo permissível disponibilizado pelo MS.

Os valores de SDT encontrados nas amostras de águas do chafariz do município de Cuité-PB apresentaram os resultados de 34,83 e 202,31 mg/L respectivamente (SANTOS et al., 2019). Em conformidade Silva et al. (2017), encontrou em amostras de poços subterrâneos do município de Remígio-PB valores que variaram de 180,6 mg/L a 268,3 mg/L.

5.1.8 Identificação de Sódio e Potássio por fotômetro de chama

Foram analisadas as concentrações de Sódio e Potássio das amostras de águas subterrâneas do município de Baraúna-PB e das águas dos chafarizes do município de Coronel Ezequiel-RN, com o intuito de verificar a concentração desses elementos dissolvidos nas águas. Na tabela 8 encontra-se as concentrações de sódio e potássio que foram obtidas nas amostras.

Tabela 8: Valores médios da identificação de sódio e potássio das amostras.

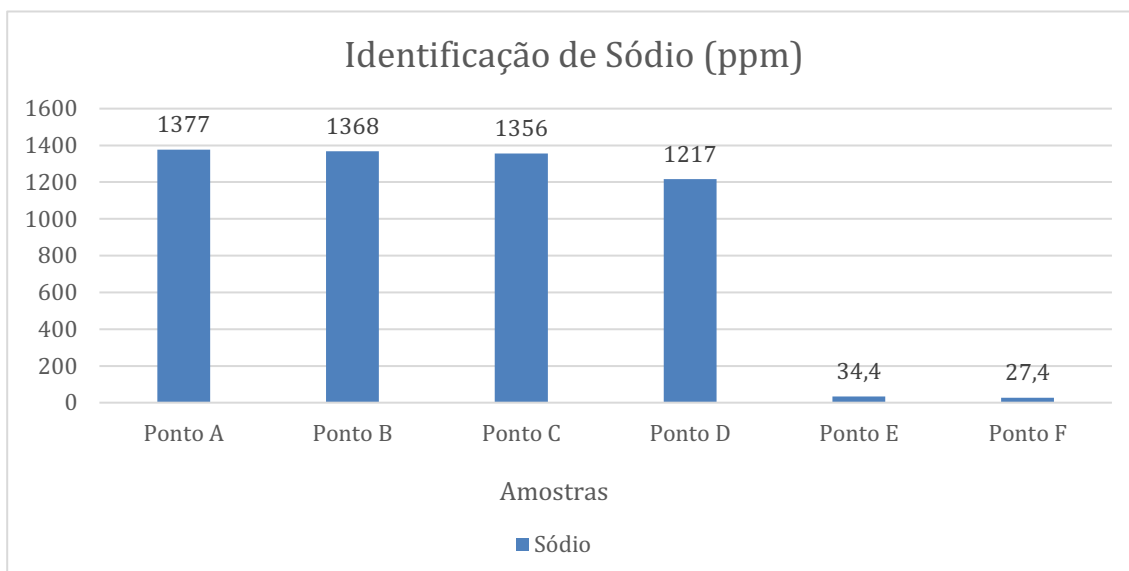
Amostras	Sódio (Na⁺) (ppm)	Potássio (K⁺) (ppm)
Ponto A	1377,0 ± 4,68	283,0 ± 0,76
Ponto B	1368,0 ± 1,93	400,6 ± 0,15
Ponto C	1356,0 ± 4,80	440,0 ± 1,01
Ponto D	1217,0 ± 2,54	237,0 ± 0,37
Ponto E	34,4 ± 0,72	5,5 ± 0,30
Ponto F	27,4 ± 3,35	4,3 ± 0,15
VMP*	200 ppm	Não especificado

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Analisando os dados da tabela 8, é possível verificar que as amostras apresentaram diferenças significativas no que diz respeito as concentrações de Sódio, variando de 27,4 ppm à 1377 ppm. Por outro lado, as concentrações de

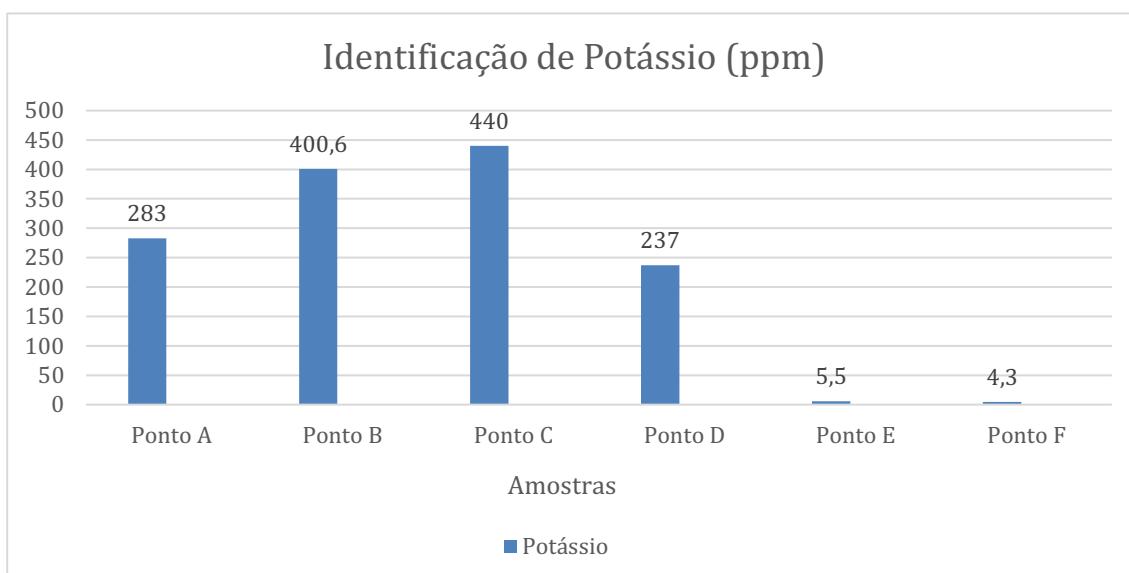
potássio obtidas foram menores, apresentando uma variação de 4,3 ppm à 440,0 ppm. Os dados também podem ser observados nos gráficos 8 e 9.

Gráfico 8: Valores das concentrações de sódio dos municípios de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Gráfico 9: Valores das concentrações de potássio dos municípios de Baraúna-PB e Coronel Ezequiel-RN.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

De acordo com a Portaria nº5/2017 o valor máximo permitido pelo Ministério da Saúde para a concentração de sódio deve ser 200 mg/L. Levando em consideração os resultados encontrados, percebe-se que todas as amostras

do município de Baraúna-PB, onde os valores variam de 1217 ppm à 1377 ppm, ultrapassam o valor máximo permitido pelo MS e se caracterizam como águas impróprias para o consumo. Tratando-se das amostras de Coronel Ezequiel-RN, as águas que são distribuídas nos chafarizes passam por um tratamento prévio realizado pela CAERN e por isso os valores obtidos foram menores, variam entre 27,4 e 34,4 ppm, e se adequam ao padrão estabelecido pelo MS.

Em relação as concentrações de potássio, não há um valor máximo permitido para este parâmetro. Nas amostras de Baraúna-PB obteve-se uma variação de 237 ppm à 440 ppm nas concentrações de potássio dos poços subterrâneos, já nas amostras dos chafarizes obteve-se 4,3 ppm e 5,5 ppm.

No estudo realizado por Silva et al. (2017) em águas subterrâneas do município de Taperoá-PB, os resultados apresentaram altas concentrações de sódio, variando de 472 a 1145 mg/L, não se adequando também ao padrão de potabilidade. Medeiros Filho (2018) na determinação de sódio de águas dos poços subterrâneos na cidade de Taperoá-PB encontrou valores variando de 32,10 ppm a 1407,0 ppm, enquanto que para o parâmetro de potássio os valores obtidos variaram entre 13,34 ppm e 90,8 ppm.

5.1.9 Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva-EDX

O Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva-EDX foi utilizado para qualificar e quantificar os elementos químicos presentes na composição do adsorvente natural (cortiça), onde foi realizada a análise da cortiça *in natura* e após a adsorção por filtração das amostras de Baraúna-PB. A tabela 9 apresenta os dados obtidos neste tipo de análise.

Tabela 9: Composição química da cortiça *in natura* e após a adsorção por filtração.

Elementos	Cortiça 250 µm <i>In natura</i> %	Cortiça 125 µm <i>In natura</i> %	Cortiça 250 µm após adsorção %	Cortiça 125 µm após adsorção %
<i>Cálcio (Ca)</i>	40.798	39.796	71.841	73.154
<i>Potássio (K)</i>	40.687	39.347	6.315	4.228
<i>Silício (Si)</i>	6.230	9.057	7.732	9.157
<i>Enxofre (S)</i>	3.209	3.388	5.105	4.365
<i>Manganês (Mn)</i>	1.688	1.623	1.058	0.892
<i>Ferro (Fe)</i>	2.083	2.439	2.381	2.603
<i>Fósforo (P)</i>	1.220	1.240	-	-
<i>Titânio (Ti)</i>	-	-	0.614	0.964
<i>Cobre (Cu)</i>	0.781	0.760	0.850	0.863
<i>Ósmio (Os)</i>	0.722	0.542	0.702	0.646
<i>Hólmio (Ho)</i>	-	-	2.216	2.029
<i>Zinco (Zn)</i>	0.522	0.586	0.609	0.602
<i>Bromo (Br)</i>	0.267	0.225	0.346	0.263

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

No que se refere aos elementos químicos constituintes da cortiça, pode-se perceber que os elementos Cálcio, Silício, Enxofre, Ferro, Cobre, Zinco e Bromo aumentaram suas porcentagens após o processo de adsorção. Por outro lado, com os elementos Potássio e Manganês houve a diminuição da sua presença na composição da cortiça após a adsorção.

Além disso, foi possível observar que apenas os elementos Cálcio, Ferro, Titânio e Cobre obtiveram valores menores com a cortiça de 250 µm após a adsorção. Enquanto que os demais elementos apresentaram resultados menores com a cortiça de 125 µm após a adsorção.

O elemento Fósforo (P) apresentou um valor obtido de 1.220% e 1.240%, mas foi identificado e quantificado apenas na cortiça *in natura*. Enquanto os elementos Hólmio (Ho) e Titânio (Ti) foram quantificados somente na cortiça após a adsorção, provavelmente estes elementos faziam parte das matrizes aquosas e após a adsorção com a cortiça passaram a fazer parte da composição química do adsorvente.

5.2 Análise das propriedades físico-químicas após a adsorção por filtração com o adsorvente natural da cortiça

Com o intuito de melhorar as propriedades físico-químicas das amostras, em especial a diminuição do teor de sódio das amostras analisadas dos poços subterrâneos pertencentes ao município de Baraúna-PB, foi utilizado como adsorvente natural a cortiça proveniente da rolha, derivada da árvore da espécie *Sobreiro (Quercus Súber)* em duas granulometrias, 250 µm e 125 µm.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, foi notável a eficiência da cortiça como adsorvente, devido seu uso ter reduzido principalmente os valores do teor de sódio que caracterizava as amostras do município de Baraúna-PB como imprópria para o consumo humano. Entretanto, apesar dessa redução significativa algumas amostras de Coronel Ezequiel-RN e de Baraúna-PB foram classificadas como impróprias, pois os valores da turbidez e das concentrações de sódio das amostras após a adsorção não se adequaram ao valor máximo permitido pelo MS. As tabelas abaixo, apresentam os dados obtidos das amostras após o processo de adsorção por filtração.

5.2.1 pH

Antes do tratamento com o adsorvente, as amostras do ponto A, D, E e F apresentavam um pH igual a 6,08, 6,56, 7,08 e 7,12, respectivamente. De acordo com os dados da tabela 10, as amostras apresentaram pequenas variações de pH após a adsorção com a cortiça, onde foi possível perceber que houve tanto redução como aumento neste parâmetro.

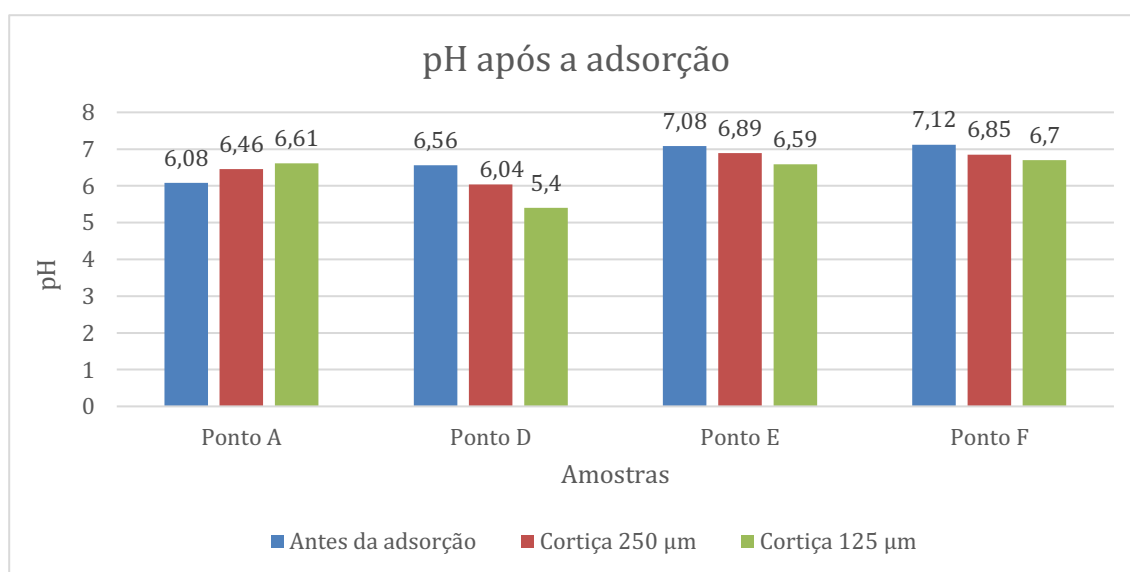
Tabela 10: Valores médios do pH das amostras após a adsorção por filtração.

Amostras	Valores médios de pH (cortiça 250 µm)	Valores médios de pH (cortiça 125 µm)
Ponto A	6,46 ± 0,05	6,61 ± 0,03
Ponto D	6,04 ± 0,03	5,40 ± 0,03
Ponto E	6,89 ± 0,46	6,59 ± 0,07
Ponto F	6,85 ± 0,15	6,70 ± 0,20
VMP*	6,0 a 9,5	

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Analisando os dados, é possível perceber que as amostras do ponto D, E e F apresentaram pequenas reduções nos valores do pH após a adsorção com a cortiça. Além disso, foi notável que a amostra do Ponto D que teve a adsorção com a cortiça de granulometria 125µm, apresentou um valor de pH igual a 5,40 e não se adequou a faixa de pH estabelecida na portaria N°5/2017 do Ministério da Saúde. Os dados obtidos na presente pesquisa também estão representados no gráfico 9 abaixo.

Gráfico 9: Valores das análises de pH após a adsorção.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

De acordo com o gráfico 9, é possível perceber que houve um aumento nos valores do pH da amostra do ponto A adsorvida tanto com a cortiça de 125µm como com a cortiça de 250µm, onde os novos valores de pH obtidos foram 6,46 e 6,61. Este fato, pode estar relacionado com as propriedades da matriz aquosa, uma vez que esta pode influenciar o comportamento do adsorvente. Entretanto, nas demais amostras ocorreu uma redução neste parâmetro e os melhores resultados encontrados foram com a cortiça de granulometria de 125µm, onde apresenta-se valores mais baixos, variando entre 5,40 e 6,70.

Souza et al. (2020) em seu estudo utilizando a farinha de banana verde como adsorvente obteve o mesmo comportamento, onde uma das suas amostras teve um aumento no pH e as demais sofreram redução após o uso do adsorvente.

5.2.2 Condutividade Elétrica

A tabela 11 abaixo, apresenta os dados a respeito das condutividades elétricas das amostras após o tratamento com o adsorvente. Antes da adsorção, os valores deste parâmetro nas amostras do ponto A, D, E e F eram 2450 µS/cm, 2340 µS/cm, 187,3 µS/cm e 179,6 µS/cm, respectivamente. Comparando estes dados com os resultados obtidos após a adsorção foi observado que houve um aumento nos valores das condutividades elétricas, com exceção apenas da amostra do ponto E adsorvida com a cortiça de 125µm que apresentou redução.

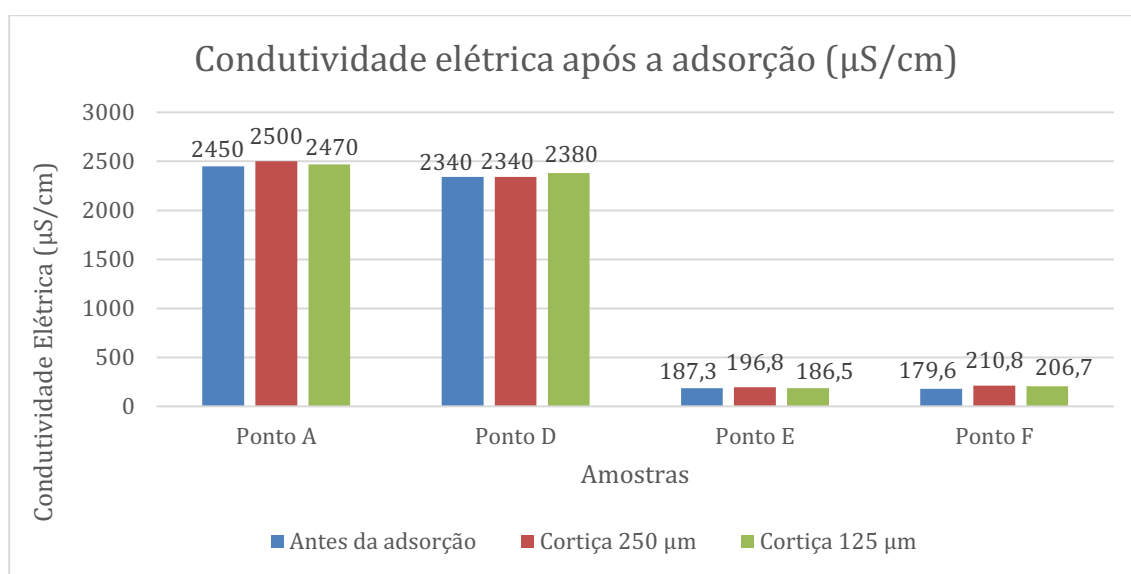
Tabela 11: Valores médios da condutividade elétrica das amostras após a adsorção por filtração.

Amostras	Valores médios da condutividade elétrica (µS/cm) - Cortiça 250 µm	Valores médios da condutividade elétrica (µS/cm) - Cortiça 125 µm
Ponto A	2500,0 ± 0,0	2470,0 ± 0,0
Ponto D	2340,0 ± 0,0	2380,0 ± 0,0
Ponto E	196,8 ± 4,3	186,5 ± 3,2
Ponto F	210,8 ± 4,0	206,7 ± 2,2
VMP*	Não especificado	

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Levando em consideração que quanto maior for a concentração iônica da solução, maior será sua capacidade em conduzir corrente elétrica é possível considerar que as amostras dos poços subterrâneos de Baraúna-PB, ponto A e D, apresentam maior condutividade elétrica quando comparadas com as amostras de Coronel Ezequiel-RN por apresentar altos valores. Os valores obtidos após a adsorção variam entre 186,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e também estão expressos no gráfico 10.

Gráfico 10: Valores da condutividade elétrica após a adsorção.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A partir do gráfico 10 nota-se que na maioria das amostras houve pequenos aumentos nos valores das condutividades elétricas, onde os maiores valores estão situados no ponto A e no ponto D. Além disso, foi notável que na amostra do ponto D que foi adsorvida com a cortiça de 250 μm o valor obtido foi igual ao valor encontrado antes da adsorção, 2340 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mantendo-se assim constante.

Como não há um valor máximo estabelecido na Portaria nº5/2017 não se pode determinar se as amostras podem ser consideradas potáveis através dos dados obtidos nas análises da condutividade elétrica. Entretanto, pode-se determinar que as amostras apresentam diferenças bastante significativas neste parâmetro.

5.2.3 Turbidez

De acordo com os dados expressos na tabela 3, os valores da turbidez das amostras do ponto A e D eram respectivamente, 0,63 NTU e 0,34 NTU antes da adsorção, enquanto que nas amostras dos chafarizes os valores eram 0,53 NTU e 0,79 NTU para as amostras do ponto E e F, respectivamente.

Analizou-se o parâmetro de turbidez das amostras após a adsorção com o adsorvente natural e os dados obtidos estão expressos na tabela 12 e no gráfico 11.

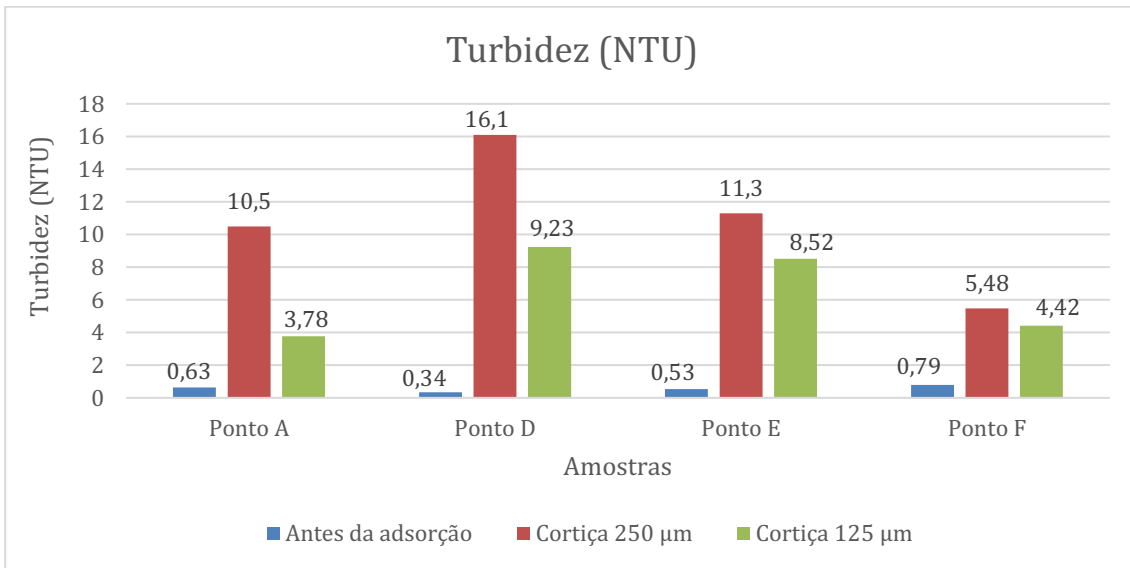
Tabela 12: Valores médios da turbidez das amostras após a adsorção por filtração.

Amostras	Valores médios da turbidez (NTU) (cortiça 250 µm)	Valores médios da turbidez (NTU) (cortiça 125 µm)
Ponto A	10,5 ± 0,36	3,78 ± 0,17
Ponto D	16,1 ± 3,16	9,23 ± 0,05
Ponto E	11,3 ± 2,8765	8,52 ± 2,8377
Ponto F	5,48 ± 0,7454	4,42 ± 0,5437
VMP*	5,0 NTU	

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Pode-se constatar a partir dos dados obtidos no estudo que os valores da turbidez após a adsorção apresentaram um grande aumento, ultrapassando em alguns casos o valor máximo estabelecido na Portaria nº 5/2017 do Ministério da Saúde de 5,0 NTU, com exceção apenas das amostras dos pontos A e F adsorvida com a cortiça de 125µm que se manteve dentro do padrão estabelecido. Sendo assim, pode-se considerar que a cortiça não apresenta eficiência para a redução da turbidez, pois provocou aumentos significativos neste parâmetro.

Gráfico 11: Valores das análises de turbidez após a adsorção.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Levando em consideração os dados expressos no gráfico 11, torna-se notável que as amostras que foram adsorvidas com a cortiça na granulometria de 250µm apresentaram os maiores valores, variando de 5,48 NTU a 16,1 NTU, caracterizando assim as amostras como impróprias para o consumo. Com a utilização da cortiça na granulometria de 125µm, os dados obtidos foram menores, sendo a variação entre 3,78 NTU e 9,23 NTU, onde apenas duas das amostras que foram adsorvidas nessa granulometria se mantiveram dentro do padrão estabelecido, as demais também foram caracterizadas como impróprias.

A ocorrência deste aumento pode ter sido resultante da coloração turva obtida após o processo de adsorção, uma vez que durante o desenvolvimento da técnica de tratamento foi observado que as amostras obtiveram uma coloração turva e amarelada após o contato com o adsorvente. Provavelmente essa coloração tenha sido liberada por substâncias que fazem parte da composição química da cortiça, sendo assim, pode-se constatar que a cortiça não apresentou eficiência significativa na redução da turbidez das amostras analisadas.

5.2.4 Dureza Total

Na determinação da dureza total, os valores antes da adsorção para o ponto A correspondia a 436,38 mg/L de CaCO₃ e no ponto D era 401,56 mg/L de CaCO₃. O uso da cortiça provocou um pequeno aumento nos valores deste

parâmetro nessas amostras, com exceção apenas da amostra do ponto A adsorvida com a cortiça de 125µm que obteve uma pequena redução, como mostrado na tabela 13 abaixo.

Em contradição, nas amostras dos chafarizes os valores deste parâmetro antes da adsorção era 126,1 mg/L de CaCO₃ para o ponto E e 103,5 mg/L de CaCO₃ para o ponto F. Observou-se que o adsorvente utilizado provocou uma redução significativa na dureza total dessas amostras, destacando-se o uso da cortiça de granulometria de 125µm, como mostrado na tabela 13 abaixo.

Tabela 13: Valores médios da dureza total das amostras após a adsorção por filtração.

Amostras	Valores médios da dureza total (mg/L de CaCO₃) (cortiça 250 µm)	Valores médios da dureza total (mg/L de CaCO₃) (cortiça 125 µm)
Ponto A	446,4 ± 0,1	423,6 ± 0,1
Ponto D	446,4 ± 0,0	446,4 ± 0,1
Ponto E	50,04 ± 0,0	48,04 ± 0,1
Ponto F	42,04 ± 0,1	38,03 ± 0,0
VMP*	500 mg/L de CaCO₃	

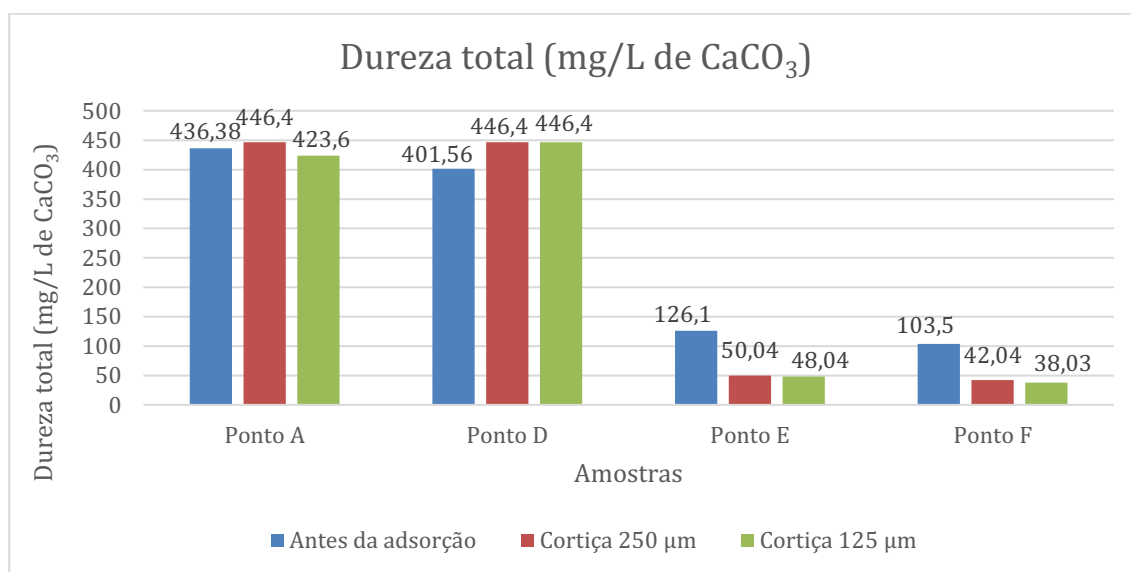
Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Analisando a tabela 13, percebe-se que a cortiça provocou um pequeno aumento nos valores da dureza total de algumas amostras dos poços subterrâneos de Baraúna-PB, enquanto que nas amostras dos chafarizes de Coronel Ezequiel-RN a cortiça mostrou-se eficiente pois os valores deste parâmetro foram reduzidos.

Estes acontecimentos podem ter sido ocasionados pelas propriedades das matrizes aquosas, assim como pelas propriedades do adsorvente utilizado, o que pode ter proporcionado interferências nos resultados da adsorção. Cabe considerar que nem sempre o material atenderá de maneira eficaz como adsorvente em todos os parâmetros estudados devido a influência do efeito da matriz (amostras).

Os dados deste parâmetro também podem ser visualizados no gráfico 12 abaixo.

Gráfico 12: Valores da dureza total após a adsorção.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

De acordo com o gráfico 12, percebe-se que o menor valor encontrado nas amostras de Baraúna-PB e que teve redução foi o ponto A adsorvida com a cortiça de 125µm, onde o valor obtido foi igual a 423,6 mg/L de CaCO₃. As outras amostras apresentaram o mesmo valor, 446,4 mg/L de CaCO₃, correspondendo há um aumento neste parâmetro. Apesar desse fato, os valores ainda continuam de acordo com o valor máximo permitido pelo MS de 500 mg/L de CaCO₃.

Em relação as amostras do ponto E e F provenientes das águas dos chafarizes de Coronel Ezequiel-RN, houve uma redução significativa na dureza total das amostras após o uso da cortiça, destacando-se os dados obtidos com a cortiça de 125µm. Os valores apresentaram uma variação entre 38,03 mg/L de CaCO₃ e 50,04 mg/L de CaCO₃ e atendem ao padrão estabelecido pelo MS.

De acordo com Medeiros Filho et al. (2019), a cortiça como adsorvente se mostrou eficiente na redução da dureza total de suas amostras, destacando-se a cortiça de grãos menores que apresentaram uma redução maior, os valores apresentados variam entre 7,33 mg/L de CaCO₃ e 90,0 mg/L de CaCO₃. Em conformidade, Souza et al. (2020) observou em seu estudo uma considerável redução da dureza de suas amostras após o tratamento com o adsorvente proveniente da farinha de banana verde onde os valores variaram de 100 mg/L de CaCO₃ a 125 mg/L de CaCO₃.

5.2.5 Alcalinidade

Tratando-se da alcalinidade das amostras após o tratamento com a cortiça, foi possível observar que após a adsorção houve reduções significativas na alcalinidade das amostras quando comparadas com os resultados obtidos antes deste processo.

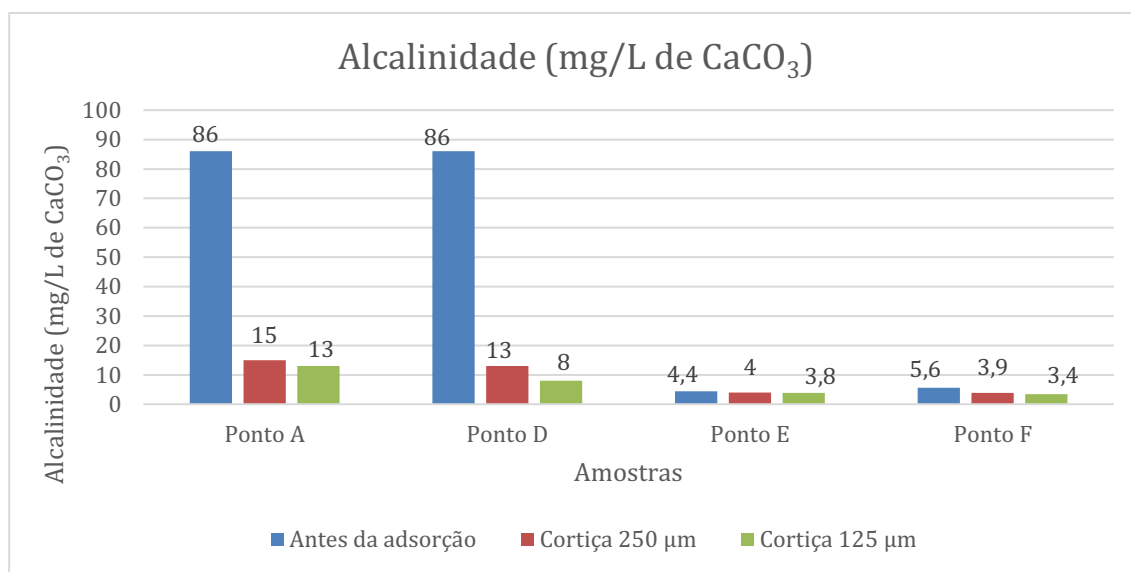
Tabela 14: Valores médios da alcalinidade das amostras após a adsorção por filtração.

Amostras	Valores médios da alcalinidade (mg/L de CaCO₃) (cortiça 250 µm)	Valores médios da alcalinidade (mg/L de CaCO₃) (cortiça 125 µm)
Ponto A	15,0 ± 0,05	13,0 ± 0,05
Ponto D	13,0 ± 0,05	8,0 ± 0,02
Ponto E	4,00 ± 0,03	3,80 ± 0,07
Ponto F	3,90 ± 0,07	3,40 ± 0,05
VMP*	Não especificado	

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Observando os dados expressos na tabela 14 nota-se uma variação de 3,4 mg/L de CaCO₃ a 15,0 mg/L de CaCO₃ nas alcalinidades das amostras após a adsorção com a cortiça, encontrando-se os melhores resultados com a cortiça de 125µm. Assim como a condutividade elétrica, a alcalinidade não se constitui em padrão de potabilidade, logo não há um valor máximo estabelecido pela Portaria nº5/2017 do Ministério da Saúde que indique uma alcalinidade ideal.

Gráfico 13: Valores das análises de alcalinidade após a adsorção.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A partir do gráfico 13 é observado que houve reduções bastante significativas nas amostras dos poços subterrâneos de Baraúna-PB, onde os valores das alcalinidades das amostras do ponto A e D eram 86 mg/L de CaCO₃ e após o tratamento os valores obtidos variam entre 8 mg/L de CaCO₃ e 15 mg/L de CaCO₃. Além disso, verifica-se que a cortiça de 125µm mostrou-se ser mais eficiente do que a cortiça de 250µm no que diz respeito a redução da alcalinidade, pois os valores obtidos com a cortiça nesta granulometria foram menores, comprovando sua eficiência.

Nas amostras do ponto E e F provenientes dos chafarizes de Coronel Ezequiel-RN, também se constatou reduções nos valores das alcalinidades das amostras após o tratamento com a cortiça, onde os valores obtidos variam entre 3,4 mg/L de CaCO₃ e 4,0 mg/L de CaCO₃. Sendo assim, pode-se concluir que para a redução da alcalinidade a cortiça apresentou ser um bom adsorvente pois os valores deste parâmetro foram reduzidos significativamente.

5.2.6 Cloretos

Na tabela 15 encontra-se os dados obtidos na análise do teor de cloretos das amostras após a adsorção. Antes da adsorção, os valores deste parâmetro eram baixos, após o tratamento os valores apresentaram pequenas variações

nos teores de cloretos, entretanto, nenhuma das amostras ultrapassaram o valor máximo estabelecido na Portaria nº5/2017 do Ministério da Saúde.

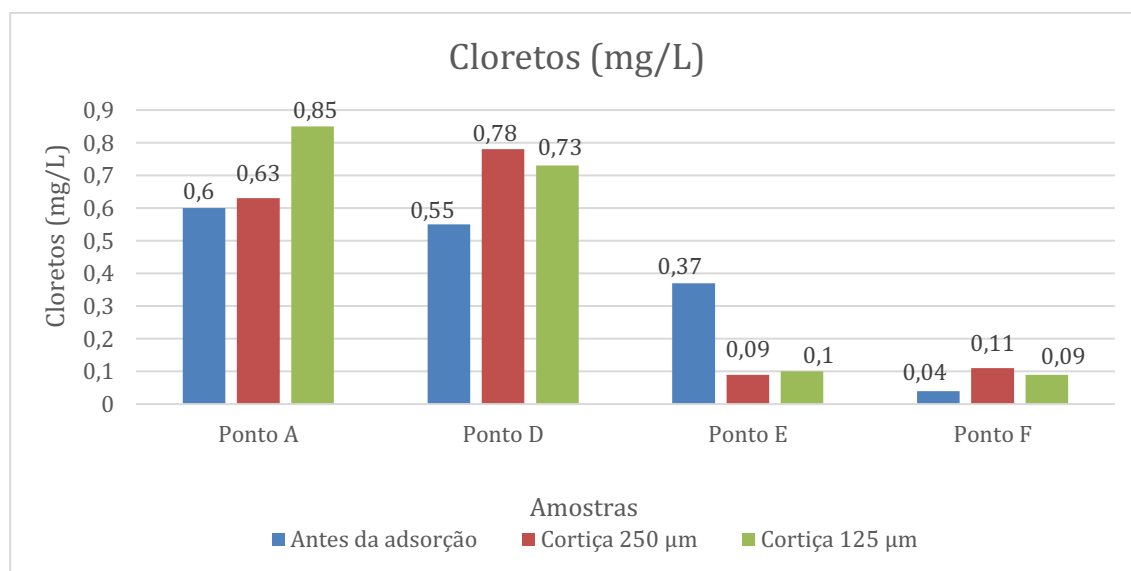
Tabela 15: Valores médios do teor de cloretos das amostras após a adsorção por filtração.

Amostras	Valores médios do teor de cloretos (mg/L) (cortiça 250 µm)	Valores médios do teor de cloretos (mg/L) (cortiça 125 µm)
Ponto A	0,63 ± 0,1	0,85 ± 0,1
Ponto D	0,78 ± 0,1	0,73 ± 0,1
Ponto E	0,09 ± 0,0	0,10 ± 0,0
Ponto F	0,11 ± 0,0	0,09 ± 0,0
VMP*	250 mg/L	

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Com os dados da tabela torna-se evidente que os valores das alcalinidades das amostras ainda continuam baixos, variando entre 0,09 mg/L e 0,85 mg/L, e se adequando ao valor máximo permitido pelo MS.

Gráfico 14: Valores dos teores de cloretos após a adsorção.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Analisando o gráfico 14, é possível considerar que o uso da cortiça como adsorvente para o parâmetro do teor de cloretos não apresentou muita eficiência pois provocou aumentos nos teores das amostras dos pontos A, D e F, e apenas no Ponto E obteve-se reduções. Podendo-se destacar que na maioria dos casos

os menores resultados foram obtidos com a cortiça de 125µm após a adsorção, com exceção apenas dos pontos A e E que apresentaram um valor ainda maior com o uso da cortiça nesta granulometria.

5.2.7 Identificação de Sódio no fotômetro de chama

A identificação de sódio no fotômetro de chama após a adsorção só foi realizada com as amostras dos poços subterrâneos de Baraúna-PB. Antes do tratamento os valores ultrapassavam o limite estabelecido pelo MS, onde os valores eram mais de 1000 ppm para cada amostra, caracterizando as amostras como impróprias para consumo.

A cortiça foi utilizada como adsorvente com o intuito de propor melhorias nas propriedades físico-químicas das amostras, em especial para reduzir a concentração de sódio dos poços subterrâneos. A partir dos dados obtidos, foi considerado que a cortiça demonstrou ser um bom adsorvente no que diz respeito a redução deste parâmetro, pois reduziu consideravelmente os valores. Na tabela 16 constam os valores médios do sódio das amostras após a cortiça ter sido utilizada.

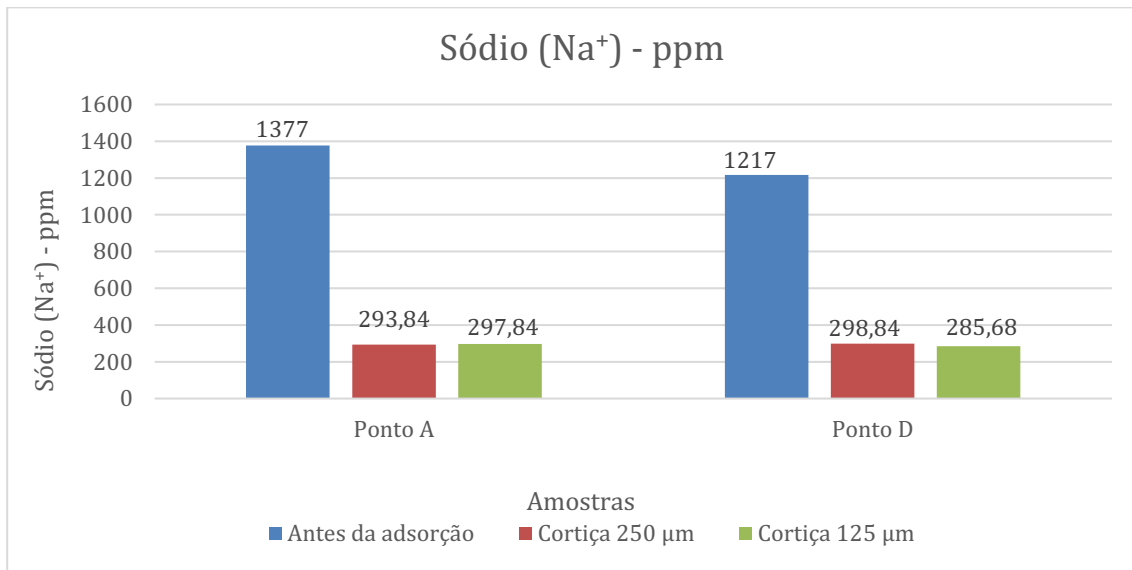
Tabela 16: Valores médios da identificação de sódio das amostras após a adsorção por filtração.

Amostras	Valores médios de Sódio (Na⁺) - ppm (cortiça 250 µm)	Valores médios de Sódio (Na⁺) - ppm (cortiça 125 µm)
Ponto A	293,84 ± 4,79	297,84 ± 2,40
Ponto D	298,84 ± 3,87	285,68 ± 1,92
VMP*	200 ppm	

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

De acordo com os dados da tabela 16 e considerando os valores antes do tratamento, pode-se considerar que os valores médios de sódio das amostras reduziram significativamente após a adsorção com a cortiça. Os valores obtidos variam entre 285,68 ppm e 298,84 ppm, mas, não se adequam ao valor máximo de 200 ppm estabelecido na Portaria nº 5/2017.

Gráfico 15: Valores das concentrações de sódio após a adsorção.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Com os dados do gráfico 15, é possível observar que antes da adsorção as amostras dos pontos A e D apresentavam concentrações de Sódio de 1377 ppm e 1217 ppm, tornando-se imprópria para o consumo. O uso da cortiça de 125µm e 250µm como adsorvente natural promoveu uma diminuição significativa nas concentrações de Sódio das amostras.

Para as amostras do ponto A, a cortiça que apresentou maior eficiência foi a cortiça de 250µm apresentando um valor igual a 293,84 ppm. Por outro lado, no ponto D a cortiça mais eficiente foi a de 125µm e o valor obtido foi igual a 285,68 ppm. Apesar desta redução, as amostras ainda continuam sem se adequar ao valor máximo permitido pelo Ministério da Saúde de 200 ppm.

5.2.8 Identificação de Potássio no fotômetro de chama

A identificação de potássio no fotômetro de chama após a adsorção também só foi realizada com as amostras dos poços subterrâneos de Baraúna-PB. A partir dos dados obtidos na tabela 17, pode-se considerar que o uso da cortiça como adsorvente proporcionou redução neste parâmetro, pois reduziu consideravelmente os valores.

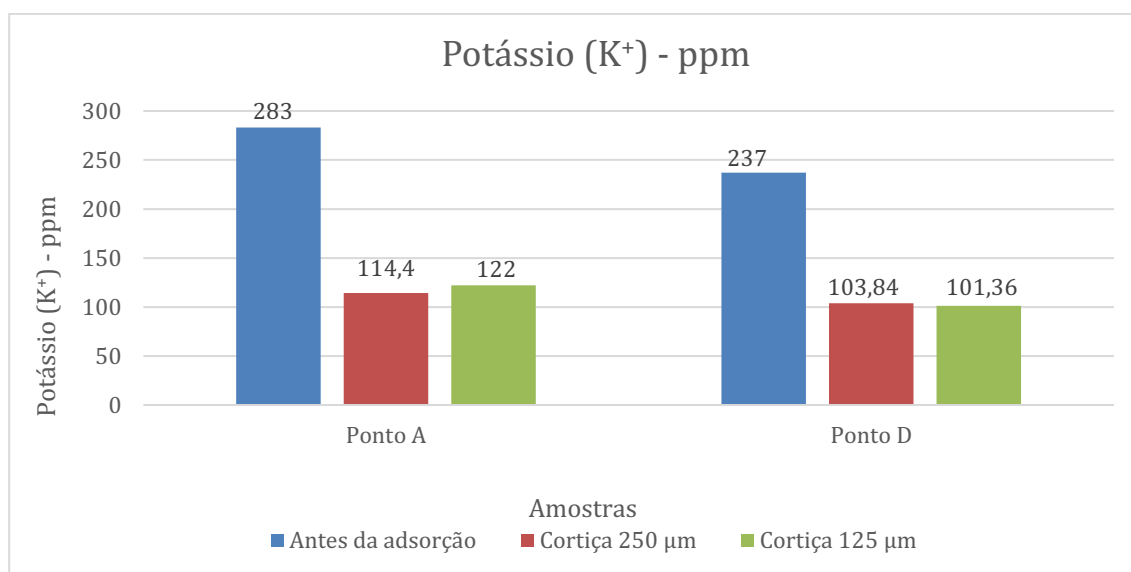
Tabela 17: Valores médios da identificação de potássio das amostras após a adsorção por filtração.

Amostras	Valores médios de Potássio (K ⁺) - ppm (cortiça 250 µm)	Valores médios de Potássio (K ⁺) - ppm (cortiça 125 µm)
Ponto A	114,40 ± 1,94	122,00 ± 0,62
Ponto D	103,84 ± 0,64	101,36 ± 1,72
VMP*	Não especificado	

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

De acordo com a tabela 17, os valores de potássio encontrados nas amostras dos pontos A e D após a adsorção com a cortiça variam entre 101,36 ppm e 122,0 ppm. A concentração de potássio não se constitui em padrão de potabilidade, sendo assim não há um valor máximo estabelecido pelo MS.

Gráfico 16: Valores das concentrações de potássio após a adsorção.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Tanto antes como após a adsorção, as concentrações de potássio nas amostras foram menores do que as concentrações de sódio. No ponto A, o menor valor obtido foi com a cortiça de 250µm, 114,4 ppm, a qual demonstrou ser mais eficiente para esta matriz aquosa. Em contradição, para o ponto D a

cortiça que foi mais eficiente foi a cortiça de 125 μ m, com a qual obteve-se o valor de 101,36 ppm.

6. Conclusão

Portanto, com a realização do estudo foi possível verificar a eficiência da cortiça como adsorvente natural, assim como da técnica de adsorção por filtração. Pode-se constatar reduções em alguns parâmetros determinados após o tratamento com o adsorvente utilizado, entretanto, a maioria das amostras analisadas ainda são consideradas impróprias após a adsorção.

A cortiça proporcionou reduções significativas nas concentrações de sódio das amostras dos poços subterrâneos, principalmente com a cortiça de 125 μ m, entretanto, os valores encontrados ainda ultrapassam o limite de 200ppm estabelecido pelo Ministério da Saúde e não podem ser utilizadas para consumo humano.

Além disso, observou-se que para o parâmetro de turbidez a cortiça não apresentou muita eficiência, pois após a adsorção a turbidez das amostras tiveram aumentos, fato que pode ter sido ocasionado pela coloração turva obtida após o contato com o adsorvente. Algumas das amostras adsorvidas ultrapassaram o valor máximo permitido pelo Ministério da Saúde para a turbidez e caracterizaram-se como impróprias.

Foi possível verificar também que a granulometria do adsorvente interfere diretamente nos resultados, uma vez que as partículas menores apresentam maior adsorção por fornecer uma maior superfície de contato. Entretanto, para o ponto A a cortiça que mostrou melhores resultados no que se diz respeito a redução dos parâmetros foi a cortiça de 250 μ m, enquanto que para o ponto D, E e F foi a cortiça de cortiça 125 μ m que apresentou melhores resultados.

Cabe destacar que a metodologia adotada no estudo, adsorção por filtração, é empregada comumente na área de tratamento de águas e apresenta a finalidade de reduzir à presença de metais tóxicos e outros poluentes, mas, os resultados obtidos com a utilização dessa técnica dependem do tipo de adsorvente utilizado e das propriedades das matrizes.

É importante salientar também que a população de Baraúna-PB que tinha acesso aos poços subterrâneos utilizava as águas provenientes destas fontes para o consumo humano e estas não apresentavam condições apropriadas devido as concentrações de sódio serem elevadas.

Contudo, a presente pesquisa torna-se relevante por fornecer dados tanto a população como para a comunidade acadêmica a respeito da qualidade das águas subterrâneas do município de Baraúna-PB e das águas distribuídas nos chafarizes do município de Coronel Ezequiel-RN que ainda não tinham sido analisadas. Além disso, o estudo ganha destaque por apresentar informações da composição química da cortiça *in natura* e da sua eficácia como adsorvente natural.

7. Referências bibliográficas

ALCOFORADO, F. A questão da água no mundo e seus imensos desafios. **Revista Direito UNIFACS–Debate Virtual**, n. 179, 2015.

ALFARO, J. D. B. Determinación de cationes en agua potable del cantón de Grecia, Costa Rica por absorción atómica. **Revista InterSedes**, v 15, n. 30, p. 95-106, 2014.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Ministério do Meio Ambiente. **Água subterrânea**. 2019. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-subterranea>. Acesso em: 28 jun. 2021.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Ministério do Meio Ambiente. **Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos**. 2.ed. Brasília: ANA, 2013.

ANDREOLI, C. V. et al. **A relação da qualidade e quantidade da água no ambiente urbano e rural**. São Paulo: Coleção Agrinho, 2013.

APHA - AWWA - WPCF. American Public Health Association; American Water Work Association; Water Environment Federation. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Rodger B. BAIRD, Andrew D. CLESCERI; American Public Health Association: Washington, 19th.edition, 2006.

ARAÚJO, G. F. R. et al. Qualidade físico-química e microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no estado de São Paulo. **O Mundo da Saúde**, v. 35, n. 1, p. 98-104, 2011.

AUGUSTO, L. G. S. et al. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Revista Ciência e saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1511-1522. 2012.

BANDEIRAS, C. Tratamento de água para consumo humano e uso industrial – elementos teórico-práticos. **Revista Online Público**. Disponível em: <http://p3.publico.pt/actualidade/ciencia/14222/da-versatilidadeda-nossa-cortica-por-um-melhor-tratamento-das-aguas>. Acesso em: 19 de jul. 2021.

BARBOSA, B. E. et al. A anomalia de chuvas no ano 2016 no semiárido paraibano. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 2., 2017, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Editora Realize Eventos, 2017. Disponível em: https://editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV074_MD1_SA4_ID62_02102017220743.pdf. Acesso em: 21 out. 2019.

BEZERRA, A. D. A. et al. Análise da potabilidade de água de chafarizes de dois bairros do município de Fortaleza, Ceará. **Acta Biomédica Brasiliensia**, v. 8, n. 1, p. 24-34, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5/2017**. Dispõe sobre a “Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde”. Anexo XX – Do controle e da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade (origem. PRTMS/GM 2914/2011). Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 2914 de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para o consumo**. Brasília, 2006. 212 p

BRITO, A. G.; OLIVEIRA, J. M.; PEIXOTO, J.M. **Tratamento de água para consumo humano e uso industrial – elementos teórico-práticos**. 2. ed. Porto: Publindústria, 2010.

CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A Cultura da Acerola**. 3.ed. Brasília: EMBRAPA, 2012. 144 p. (Coleção Plantar, 69). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128278/1/PLANTAR.Acerolaed03-2012.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2021.

CARDOSO, F. B. F. et al. Poços tubulares construídos no Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2008.

CARDOSO, R. A. S. **Análise físico química de águas do município de Frei Martinho/ PB**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Licenciatura em Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2017.

CARVALHO, F. A.; FIGUEIREDO, A. C.; OLIVEIRA, C. A. Qualidade da água mineral comercializadas em vários municípios brasileiros. **Revista Semiárido De Visu**, v. 4, n. 1, p.32-40, 2016.

CARVALHO, J. C.; GITIRANA JUNIOR, G. F. N.; CARVALHO, E. T. L. **Tópicos sobre infiltração**: teoria e prática aplicadas a solos tropicais. Brasília: Faculdade de Tecnologia, 2012.

CASALI, A. C. **Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul**. 2008. Dissertação (Mestre em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS, 2008.

CAVALCANTI, P. S. D. **Qualidade físico-química da água da bacia no alto do Rio Paraná Costa/GO**. 2010. 80 f. Dissertação (Mestrado- Curso de Ecologia e Produção Sustentável) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2010.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**. 2015. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-ari%C3%A1veisde-%20Qualidadedas-%C3%81guas#condutividade>. Acesso em: 28 out. 2021.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/aguas-interiores/files/2013/11/variaveis.pdf>. Acesso em: 24 de maio 2021.

COSTA, C. L. et al. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 171-180, jul./dez. 2012.

COUTO, J. L. V. **Limnologia: Parâmetros físicos** – UFRJ, 2004. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/limno.htm>. Acesso em: 29 jul. 2021.

FERNANDES, F. M. A. **Diagnóstico da qualidade da água subterrânea em propriedade rural no município de Planalto, RS**.2011. 65 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Geografia) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Unijui, Ijuí-RS, 2011.

FUNASA, Fundação Nacional da Saúde. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: FUNASA, 2014, 112p.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2013.

GASPAROTTO, F. A. **Avaliação ecotoxicológica e microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP**. 2011. Dissertação (Mestrado em Biologia na Agricultura e no Ambiente) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

GODINHO, A. L. P. **Aproveitamento de rejeito agroindustrial como adsorventes de compostos orgânicos**. 2011. 72f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2011.

GOMES, M. A. F. **Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã**. Local:São Paulo, Embrapa Meio Ambiente, 2011.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2010. Acesso em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/barauna/panorama>. Acesso em: 30 jun. 2021.

LEITE, F. Prevenção de contaminação de vinhos e bebidas pelo uso de rolha de cortiça e madeira de barril. Centro T e E Analítica. Artigo 3. **Revista Analytica** – Edição 84 – Ago/Set de 2016

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

LIMA, L. S. et al. Qualidade das águas de poços públicos da zona urbana do município de Triunfo-PB. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, 2017, Belém. **Anais** [...]. Belém, 2017.

LORDELO, L. M. K. et al. Qualidade físico-química da água para abastecimento humano em municípios do sertão da Bahia: um estudo considerando diversas fontes de suprimento. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 97-105, 2018.

LUCAS, A. A. T. et al. Qualidade da água no riacho Jacaré, Sergipe e Brasil usada para irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 2, p. 98-105, 2014.

LUNA, C. F. **Avaliação do impacto do Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) na Saúde: ocorrência de diarreia no Agreste Central de Pernambuco**. 2011. Tese (Saúde pública) - Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Recife, 2011.

MACÊDO, J. A. B. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. Juiz de Fora: Águas e águas, 2001.

MACHADO, T. B. C. M. et al. Caracterização físico-química das águas subterrâneas de Paraíso do Tocantins. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 7., 2017, Campo Grande/MS. **Anais** [...]. Campo Grande/MS: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2017.

MARCELINO, N, V. **Reaproveitamento de sabugo de milho para potencial remoção de formulação comercial de glifosato em fase aquosa pela técnica de adsorção**. 2020. Dissertação (Mestrado Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO, 2020.

MARQUES, M. N. et al. Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental pertencentes a bacia hidrográfica do rio ribeira de Iguape, São Paulo. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1171-1178, 2007.

MEDEIROS FILHO, F. C. et al. **Análise físico-química de amostras de águas em diferentes cidades da Paraíba**. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 2., 2017, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Editora Realize Eventos, 2017.

MEDEIROS FILHO, F. C. et al. Aplicação da cortiça (*Quercus Suber L.*) como adsorvente natural para o tratamento de amostras aquosas. **Educação, Ciência e Saúde**, v. 6, n. 2, p. 15-36, jul./dez., 2019.

MEDEIROS FILHO, F. C. **Utilização de adsorvente natural proveniente da cortiça para tratamento de água**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Licenciatura em Química) – Universidade Federal de Campina Grande, Cuité-PB, 2018.

MEDEIROS, R.S. **Impactos de medidas de conservação de água na área rural: uma avaliação do Programa Produtor de Águas na recepção do produtor**. 2016. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Gestão Ambiental) - Universidade de Brasília, Planaltina-DF, 2016.

MENEZES, J. C.; MACHADO, C. A.; NASCIMENTO, R. O. Uma análise científica da água. **V Colóquio Internacional “Educação e contemporaneidade”**, São Cristóvão, 2015.

MONTEIRO, G. F. et al. Avaliação físico-química da água subterrânea de um poço do Município de Remígio-PB. In: Congresso Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 3., 2018, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Editora Realize. 2018. <http://dx.doi.org/10.7127/RBAI.V8N200228>

MONTEIRO, R. J. R. **Aplicação de cortiça em dois tipos de reatores para tratamento de água**. Universidade do Aveiro. Departamento de Química. 2013. p.51.

MOREIRA, D. R. **Desenvolvimento de adsorventes naturais para tratamento de efluentes de galvanoplastia**. 2010. 79 f. Dissertação. (Mestre em Engenharia e Tecnologia de Materiais) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS, 2010.

NUNES, N. F. A. Entre fontes, chafarizes e o dique: a introdução do sistema de abastecimento de água em Salvador. **Revista FSA**, Teresina, v. 11, n. 4, p.134-157, 2014.

NUNES, T. C. G. et al. Avaliação dos parâmetros físico-químicos da água subterrânea utilizada nos distritos de campos dos Goytacazes, RJ. **Águas Subterrâneas**, 2010.

OLIVEIRA, A, B, F. **Potencial de Reutilização de lamas de ETA para remoção de sulfatos Caso de estudo: ETA de Santa Águeda**. 126 f. Dissertação (Mestrado Licenciatura em Ciências de Engenharia do Ambiente) – Universidade Nova de Lisboa, 2020.

OLIVEIRA, J. M.B. et al. Qualidade da água subterrânea em comunidades rurais de São Luís – MA. **Revista Espacios**, vol. 37, n.31, 2016.

OLIVER, S. F.; RIBEIRO, H. Variabilidade climática e qualidade da água do Reservatório Guarapiranga. **Estudos Avançados**, v. 28, n. 82, p. 95-128, São Paulo, 2014.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. 1.ed. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2011, 69 p.

PENA, R. F. A. "**Distribuição da água no mundo**". Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-mundo.htm>. Acesso em: 15 maio 2021.

PORTO, M. A. L. et al. Coliformes em água de abastecimento de lojas fast-food da Região Metropolitana de Recife (PE, Brasil). **Ciências e Saúde Coletiva**, v.16, n. 5, p.2653-2658, 2011.

QUIMIS. Aparelhos científico LDTA. **Manual de Instruções do fotômetro de chama Q498M**. Diadema/SP. 2011.

ROCHA, A. P. T. et al. **Manejo ecológico integrado de bacias hidrográficas no semiárido brasileiro**. Campina Grande, PB: EPGRAF, 2011.

RODRIGUES, A. B. **Avaliação de risco da qualidade da água de abastecimento de um hospital público regional de urgência e emergência**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2014.

ROSA, G. et al. **Química Analítica: práticas de laboratório**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

SANTOS, M. C. et al. Determinação de propriedades físico-químicas de águas do chafariz do município de Cuité-PB. **Educação, Ciência e Saúde**, v. 6, n. 1, p.17-35, 2019.

SANTOS, S. R; MOHR, T. Saúde e qualidade da água: Análises microbiológicas e físico-químicas em águas subterrâneas. **Revista Contexto e Saúde**, v. 13, n. 24/25, p. 46-53, out, 2013.

SILVA, A. B. et al. Parâmetros físico-químicos da água utilizada para consumo em poços artesianos na cidade de Remígio-PB. **Águas Subterrâneas**, [s. /], v. 31, n. 2, p. 109-118, 2017.

SILVA, A. R. et al. Caracterização físico-química das águas dos poços tubulares localizados nas cidades de Cuité e Areial no semiárido paraibano. **5º Simpósio de Segurança Alimentar: Alimentação e Saúde**, Bento Gonçalves-RS, 2015.

SILVA, F. S. M. **Avaliação da qualidade da água de abastecimento do município de Jaçanã/RN**. 2019. 85 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Licenciatura em Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Cuité-PB, 2019.

SILVA, J. M. D. **Avaliação de propriedades físico-químicas de águas de cisternas e poços subterrâneos da zona rural do município de Cuité-PB**. 2014. 64 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Licenciatura em Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Cuité-PB, 2014.

SILVA, V. A. et al. Aspectos físico-químicos da água subterrânea consumida no município de Taperoá – PB. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 2., 2017, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Editora Realize Eventos, 2017.

SOARES, A. O. **Dureza das águas subterrâneas na zona rural do município de Santa Cruz- RN**. 2018. 38 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2018.

SOARES, J. A. S. **Gestão de recursos hídricos: conflito pelo uso da água no açude Epitácio Pessoa - PB**. 2014. 123 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2014.

SOUZA, A. P. et al. Estudo analítico de águas de abastecimento utilizando tratamento com adsorvente farinha de banana verde. **Educação, Ciência e Saúde**, v. 7, n. 2, p. 31-44, 2020.

SPERLING, M.V. **Introdução à Qualidade das Águas e Tratamento de Esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

VILAR, P. C. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. **Ambiente Sociedade**, v. 29, n. 41, p.83-102, 2016.

WOLKMER, M. F. S.; PIMMEL, N. F. Política nacional de recursos hídricos: governança água e cidadania ambiental. **Revista Sequência**, Florianópolis, v. 34, n. 67, Dez, 2013. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S21770552013000200007&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 22 jun. 2021.

ZUIN, V. G.; IORIATTI, M. C. S.; MATHEUS, C. E. O emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: uma proposta para a educação química e ambiental na perspectiva CTSA. **Química Nova na Escola**, v. 31. 2009.