



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

FRANCISCO CARLOS DE MEDEIROS FILHO

**UTILIZAÇÃO DE ADSORVENTE NATURAL PROVENIENTE DA CORTIÇA PARA  
TRATAMENTO DE ÁGUAS**

CUITÉ - PB

2018

FRANCISCO CARLOS DE MEDEIROS FILHO

**UTILIZAÇÃO DE ADSORVENTE NATURAL PROVENIENTE DA CORTIÇA PARA  
TRATAMENTO DE ÁGUAS**

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de  
Licenciatura em Química da Universidade Federal  
de Campina Grande para obtenção do grau de  
Licenciado em Química.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Denise Domingos da Silva

Co-Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Vilma Araújo da Costa

CUITÉ – PB

2018

FRANCISCO CARLOS DE MEDEIROS FILHO

UTILIZAÇÃO DE ADSORVENTE NATURAL PROVENIENTE DA CORTIÇA  
PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química da  
Universidade Federal de Campina Grande para obtenção do grau de Licenciado em

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA NA FONTE  
Responsabilidade Rosana Amâncio Pereira – CRB 15 – 791

M488u Medeiros Filho, Francisco Carlos de.

Utilização de adsorvente natural proveniente da cortiça  
para tratamento de águas. / Francisco Carlos de Medeiros  
Filho. – Cuité: CES, 2018.

75 fl.

Monografia (Curso de Licenciatura em Química) – Centro  
de Educação e Saúde / UFCG, 2018.

Orientadora: Denise Domingos da Silva.

Coorientadora: Vilma Araújo da Costa.

1. Análise de águas. 2. Cortiça. 3. Adsorvente natural.  
Título.

Biblioteca do CES - UFCG

CDU 54

FRANCISCO CARLOS DE MEDEIROS FILHO

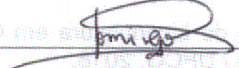
**UTILIZAÇÃO DE ADSORVENTE NATURAL PROVENIENTE DA CORTIÇA  
PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS**

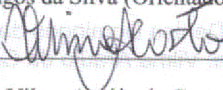
Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química da  
Universidade Federal de Campina Grande para obtenção do grau de Licenciado em

Química.


Aprovado no dia 01 de Agosto de 2018

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Denise Domingos da Silva (Orientadora) UFCG/CES/UABQ

  
Co-Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Vilma Araújo da Costa (Co-Orientadora) UFRN

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marta Maria da Conceição (Avaliadora) UFPB

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

Aos meus pais, Ione e Francisco por ser fonte de inspiração e persistência, a minha irmã Samantha pelo companheirismo e cuidado e a minha noiva Jária pela paciência e amor.

## AGRADECIMENTOS

Á Deus por ter provado o seu amor para comigo nas pequenas e grandes coisas, me fortalecendo durante toda caminhada e por não me deixar desistir.

Aos meus pais, Ione e Francisco por cada gota de suor para prover os meus estudos e por ser fonte de inspiração e persistência.

A minha irmã Samantha pela companhia, cuidado, tornando os meus fardos mais leves durante esses quatro anos de curso.

A minha noiva Jária, meu porto seguro, amor, uma verdadeira mulher que quero viver para sempre. Seus esforços e sua luta me deixaram mais forte na caminhada.

A minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Denise Domingos da Silva, por ter me orientado, me incentivado a continuar na pesquisa, pelo exemplo de responsabilidade e comprometimento a profissão. Obrigado pela receptividade no laboratório. Se fosse para escolher novamente, escolheria a senhora. És um exemplo de docente para mim!

Ao Prof.<sup>o</sup> Dr. Gustavo Velardez por todo apoio e contribuição nas pesquisas da universidade. Por seus ensinamentos, humildade e incentivo na produção científica.

A Co-Orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Vilma Araújo da Costa pela contribuição nas discussões e pela ideia do trabalho de pesquisa.

As amigas de curso, Jaqueline, Taperoá, Priscila, Micaiane, por compartilharem momentos de alegrias e tristezas e permanecerem até o fim. Apesar de muitas desistências, somos os que restaram e acreditaram que é possível vencer os obstáculos.

Aos amigos e parceiros do laboratório que incansavelmente me ajudaram nessa batalha, Andreia, Wedja, Priscila, Jéssica, Joklevison, Lorena e Anderson.

Ao Laboratório de Biocombustíveis e Química Ambiental (BIOAMBI) da UFCG/CES pela realização da pesquisa.

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

Ao Laboratório de Eletroquímica e Corrosão (LEC) da UFCG/CES pelas análises da composição química no Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva-EDX.

Ao Laboratório de Meio Fauna (LABMEIO) da UFCG/CES pelas análises da granulometria e diâmetro no equipamento Rot-up.

Ao Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (LABMEV) da UFRN pelas análises da Morfologia.

A todos que me incentivaram a continuar, muito obrigado!

“Nunca me deixes esquecer, que tudo que tenho, tudo o que sou e o  
que vier a ser, vem de Ti Senhor.”

**Ana Paula Valadão**



## RESUMO

A problemática da água é um fator que atinge a maioria da sociedade brasileira, principalmente na região nordeste, quando os períodos de estiagem se intensificam fazendo com que a água se torne de difícil acesso à população. Nesse contexto, a utilização de águas subterrâneas e de abastecimento constitui-se a forma mais acessível que a população dispõe para suprir as necessidades básicas de consumo. Entretanto, o uso indiscriminado ignora a possibilidade da contaminação química da água e essa, por conseguinte, poderá provocar danos à saúde humana, por isso, a utilização de adsorventes naturais é um recurso viável e de baixo custo para o tratamento de amostras de água. Nessa perspectiva, os estudos recentes apontam que a utilização de cortiça e seus derivados apresentam propriedades que atuam como adsorvente natural para tratamento de águas. Este trabalho teve como objetivo demonstrar a eficiência do adsorvente natural proveniente da Cortiça como meio viável e de baixo custo para tratamento da remoção de dureza total de águas. Para isso, foi necessário realizar determinações de pH, turbidez e condutividade elétrica. Como também, determinar o teor de cloretos, alcalinidade, dureza total, acidez e as concentrações de Sódio e Potássio no fotômetro de chama. Em seguida foi analisado no Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva-EDX a composição química da cortiça *in natura* e após o tratamento com diferentes granulometrias. Foi também analisado a morfologia da cortiça pela Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV-FEG). Após a realização do estudo foi possível verificar a eficiência da cortiça como adsorvente natural para tratamento de amostras de águas. Com este adsorvente foi possível constatar a redução da dureza total e pequenas variações nas medidas de pH das amostras, atendendo a portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Houve diminuição na alcalinidade e condutividade elétrica. O adsorvente natural (cortiça) apresenta-se como promissor por ser um material viável economicamente e não polui o meio ambiente após sua utilização.

**Palavras-chave:** análise de águas; cortiça; adsorvente natural;

## ABSTRACT

The problem of water is a factor that affects the majority of Brazilian society, especially in the northeast region, when periods of drought intensify causing water to become difficult to reach the population. In this context, the use of groundwater and water supply is the most accessible way for the population to meet basic consumption needs. However, indiscriminate use ignores the possibility of chemical contamination of water and can therefore cause harm to human health, so the use of natural adsorbents is a viable and inexpensive resource for the treatment of water samples. In this perspective, recent studies indicate that the use of cork and its derivatives have properties that act as natural adsorbent for water treatment. This work aimed to demonstrate the efficiency of the natural adsorbent coming from Cork as a viable and low cost for the treatment of total water hardness removal. For this, it was necessary to perform determinations of pH, turbidity and electrical conductivity. As well, determine the content of chlorides, alkalinity, total hardness, acidity and the concentrations of Sodium and Potassium in the flame photometer. Next, the chemical composition of the cork in natura and after the treatment with different particle sizes were analyzed in the X-ray Fluorescence Spectrometer by Dispersive Energy-EDX. The cork morphology was also analyzed by Scanning Electron Microscopy (SEM-FEG). After the study, it was possible to verify the cork efficiency as a natural adsorbent for the treatment of water samples. With this adsorbent it was possible to verify the reduction of total hardness and small variations in pH measurements of the samples, in compliance with ordinance No. 2,914 / 2011 of the Ministry of Health. There was a decrease in alkalinity and electrical conductivity. The natural adsorbent (cork) is promising because it is an economically viable material and does not pollute the environment after its use.

**Keywords:** water analysis; cork; natural adsorbent;

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução .....</b>	<b>15</b>
<b>2. Objetivo geral.....</b>	<b>17</b>
2.1 Objetivos específicos .....	17
<b>3. Fundamentação teórica .....</b>	<b>18</b>
3.1 Água.....	18
3.2 Abastecimento de água .....	19
3.3 Águas superficiais.....	20
3.4 Águas subterrâneas .....	20
3.5 Aspectos Físicos e Químicos da água.....	20
3.5.1 Turbidez.....	21
3.5.2. Condutividade elétrica.....	21
3.5.3 Sólidos totais dissolvidos e sólidos totais.....	21
3.5.4. pH.....	22
3.5.5 Alcalinidade.....	22
3.5.6 Cloretos.....	22
3.5.7. Dureza total.....	23
3.6 Contaminação química da água .....	23
3.7 Adsorção .....	23
3.8 Adsorventes naturais.....	24
3.8.1 Cortiça .....	25
3.8.2 Características físico-químicas da cortiça .....	26
3.9 Cromatografia em coluna .....	27
3.10 Fotômetro de chama .....	28
3.11 Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por energia dispersiva - EDX.....	28
<b>4. Metodologia.....</b>	<b>29</b>
4.1. Área de Estudo .....	29
4.2. Coleta das amostras .....	29
4.3 Caracterização dos parâmetros físico-químicos .....	31
4.3.1 pH .....	32
4.3.2 Condutividade elétrica.....	32
4.3.3. Turbidez.....	33
4.3.4. Dureza total.....	33

4.3.5 Cloretos.....	33
4.3.6 Alcalinidade.....	33
4.3.7 Sólidos dissolvidos e sólidos totais .....	34
4.3.8 Determinação da acidez.....	34
4.3.9 Fotômetro de Chama .....	34
4.4 Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva-EDX .....	35
4.5 Microscopia Eletrônica de varredura (MEV-FEG) .....	35
4.6 Preparação do adsorvente .....	36
<b>4.7 Sedimentos (análise granulométrica).....</b>	<b>37</b>
4.8. Tratamento com adsorventes .....	38
4.9 Adsorvente natural por filtração .....	39
<b>5. Resultados e discussões .....</b>	<b>40</b>
5.1. Parâmetros físico-químicos das amostras de águas .....	40
5.1.1 Parâmetros físico-químicos das amostras de águas de Taperoá - PB.....	40
5.1.2 Parâmetros físico-químicos das amostras de águas de Damião – PB.....	43
5.2 Dureza total.....	45
5.3 pH .....	47
5.4 Condutividade elétrica.....	48
5.5 Alcalinidade.....	49
5.6 Cloretos.....	51
5.7 Turbidez.....	52
5.8 Estimativa de sólidos totais dissolvidos .....	54
5.9 Acidez.....	55
5.10 Fotômetro de chama .....	57
5.11 Caracterização das amostras de águas após o tratamento com o adsorvente .....	59
5.11.1 Adsorvente natural.....	59
5.12 Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva- EDX da cortiça... .....	65
5.13 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV-FEG) da cortiça.....	67
<b>6. Conclusão .....</b>	<b>68</b>
<b>7. Referências .....</b>	<b>69</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b> Localização dos municípios de Taperoá – PB e Damião – PB.....	30
<b>Figura 2.</b> Localização das amostras de águas dos municípios de Taperoá – PB.....	31
<b>Figura 3.</b> Localização das amostras de águas dos municípios de Damião – PB .....	31
<b>Figura 4.</b> Potenciômetro utilizado nas análises de pH.....	32
<b>Figura 5.</b> Condutivímetro mCA-150/Mca-150P.....	32
<b>Figura 6.</b> Turbidímetro modelo TB1000 .....	33
<b>Figura 7.</b> Fotômetro de chama.....	34
<b>Figura 8.</b> Equipamento da Composição Química modelo EDX-7000. ....	35
<b>Figura 9.</b> (A) Cortiças coletados. (B) Cortiças cortadas. (C) grãos processados. (D) trituradas. ....	37
<b>Figura 11.</b> Coluna cromatográfica com granulometria de cortiça média com diâmetro de 250µm. ....	39
<b>Figura 12.</b> (A) Pesagem do material (B) Tratamento realizado por agitação magnética (C) Filtração. ....	40
<b>Figura 13.</b> Chama específica no fotômetro de chama. (A) Branco com água destilada. (B) Chama laranja Sódio. (C) Chama violeta Potássio.....	58
<b>Figura 14.</b> Morfologia com diferentes magnitudes: (A) 500X, (B) 1.00KX, (C) 4.00KX (D) 15.00KX. ....	67

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Composição química da cortiça.....	27
<b>Tabela 2.</b> Localização das coletas do município de Taperoá-PB e Damião-PB.....	29
<b>Tabela 3.</b> Análise físico-químicas de águas do município de Taperoá-PB. ....	41
<b>Tabela 4.</b> Análise da alcalinidade, cloretos, turbidez e sólidos totais de águas de Taperoá-PB.....	42
<b>Tabela 5.</b> Valores médios e o desvio padrão das amostras de abastecimento de Damião – PB.....	44
<b>Tabela 6.</b> Valores médios de Alcalinidade, cloretos, turbidez, e estimativa dos Sólidos totais Dissolvidos de Damião – PB. ....	45
<b>Tabela 7.</b> Determinação das concentrações de Sódio e Potássio em amostras de águas do município de Taperoá – PB. ....	57
<b>Tabela 8.</b> Valores de Dureza total e pH antes e após adsorção da cortiça (filtração). Granulometria de cortiça média e diâmetro 250 $\mu\text{m}$ .....	59
<b>Tabela 9.</b> Valores de Dureza total e pH antes e após adsorção da cortiça (filtração) com Granulometria de cortiça muito grossa e diâmetro de 1mm.....	60
<b>Tabela 10.</b> Valores de dureza total e pH antes e após adsorção da cortiça (cromatografia em coluna) com granulometria de cortiça média e diâmetro de 250 $\mu\text{m}$ . ....	61
<b>Tabela 11.</b> Valores de condutividade elétrica e alcalinidade pós-cortiça com granulometria de cortiça média com diâmetro de 250 $\mu\text{m}$ .....	62
<b>Tabela 12.</b> Valores de condutividade elétrica e alcalinidade pós-cortiça com granulometria cortiça muito grossa e diâmetro de 1mm.....	63
<b>Tabela 13.</b> Valores de condutividade elétrica e alcalinidade pós-cortiça de Damião/PB com granulometria de cortiça média e diâmetro de 250 $\mu\text{m}$ .....	64
<b>Tabela 14.</b> Valores de fotômetro de chama antes e pós cortiça de amostras de águas subterrâneas de Taperoá – PB. ....	65
<b>Tabela 15.</b> Composição química antes e após adsorção da cortiça utilizando o Espectrômetro de fluorescência de raios X por energia dispersiva- EDX.....	66

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Valores médios da dureza total de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB e de abastecimento de Damião – PB.....	46
<b>Gráfico 2.</b> Valores médios de pH de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB e de abastecimento de Damião – PB.....	47
<b>Gráfico 3.</b> Valores médios de condutividade elétrica de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB e de abastecimento de Damião – PB. ....	49
<b>Gráfico 4.</b> Valores médios de alcalinidade de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB e de abastecimento de Damião – PB.....	50
<b>Gráfico 5.</b> Valores médios de cloretos de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB e de abastecimento de Damião – PB. ....	52
<b>Gráfico 6.</b> Valores médios de turbidez de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB e de abastecimento de Damião – PB. ....	53
<b>Gráfico 7.</b> Valores médios da estimativa de sólidos totais dissolvidos de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB e de abastecimento de Damião – PB. ....	55
<b>Gráfico 8.</b> Valores médios de Acidez de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB e de abastecimento de Damião – PB. ....	56

## 1. Introdução

A água é um recurso essencial para manutenção e sobrevivência dos seres vivos, como também para a indústria. No entanto, a sua disponibilidade, tem se tornado cada vez mais limitada com o passar do tempo. “O planeta terra possui em sua constituição 70% de água distribuída ao longo dele, sendo desse percentual apenas 3% de água doce, que seria a água própria para consumo humano, porém esse percentual não está totalmente disponível para uso”. (GOMES, 2011)

Nessa perspectiva, estudos mostram a necessidade de sanar a problemática da água utilizando-se de águas subterrâneas. De acordo com Costa et al. (2012) destaca-se que águas subterrâneas são de extrema importância, principalmente como reservatório de água doce que se encontra disponível para os seres vivos. Considerando que mais de 60% da população mundial tem como principal fonte de águas de lençóis freáticos e subterrâneos.

No Brasil, a crise hídrica atinge a maioria da população, principalmente, daqueles que não dispõe de fonte de água natural na região. Isso vem dando destaque aos meios de comunicação, evidenciando a necessidade da população para o consumo. “Essa realidade, impulsionou as autoridades a se posicionarem no que diz respeito à situação da escassez”. (SILVA; RAMALHO, 2015) As primeiras práticas políticas criadas para diminuição da problemática foi à criação de açudes para a população da zona urbana seguido de escavações de poços e cisternas para a população rural. (CAMPOS; MAGALHÃES, 2012)

Segundo Alcoforado (2015), a população mundial já consome 50% de água doce disponível no mundo e que em 40 anos o percentual de consumo aumentará até 80% de utilização de água doce da terra. Esse dado é preocupante, tendo em vista, uma grande má distribuição desse recurso para a população e, conseqüentemente, a utilização de águas impróprias para o consumo humano resultando mais de 60% das pessoas que acabam doentes pelo uso inapropriado de águas não tratadas. Em conformidade com Oliveira et al., (2016), diante da problemática acerca do controle da qualidade de águas consumidas e o tipo de abastecimento seja por domicílios e/ou por águas subterrâneas pode-se está sendo preenchida sem devida análise, entretanto, este uso indiscriminado ignora a possibilidade da contaminação química da água e esta, por conseguinte poderá provocar danos à saúde humana, ao meio ambiente e a indústria.

Na região semiárida, devido principalmente à escassez, à população vem sofrendo pela falta de abastecimento de água e sua distribuição acaba ocorrendo de forma desigual, já



que esses recursos são ofertados por intermédio de carros pipas e captação residencial da água de chuva. Essa crise progride de forma drástica a população nordestina. No semiárido paraibano a crise pela falta de água é um fator natural da própria região.

Diante disso, alguns combustíveis vêm poluindo o meio ambiente causando um aumento desenfreado de poluentes no solo, ar e atmosfera. “Esses combustíveis são importantes fontes de contaminação do solo e do lençol freático”. (FREIRE; TRANNIN; SIMÕES, 2014) Nesse sentido, a indústria tem procurado recursos que minimizem os contaminantes presentes em águas para que as mesmas possam ser úteis e renováveis a fim de melhorar a qualidade de vida das pessoas e que o meio ambiente seja menos poluído.

Adsorção é um dos processos mais eficientes de tratamento de águas, sendo empregadas nas indústrias a fim de reduzir dos seus efluentes os níveis de compostos tóxicos ao meio ambiente. A adsorção é um fenômeno físico-químico de grande importância, devido as suas múltiplas aplicações e decorre quando um componente que seja em fase líquida ou gasosa (adsorvato) é transferido para a superfície de uma fase sólida (adsorvente). Essa técnica permite o tratamento específico do adsorvato, ou seja, a matriz conhecida a partir de adsorventes, que podem ser sintéticos ou naturais. (MOREIRA, 2008)

Dessa forma, a utilização de adsorventes naturais tem sido utilizada nos dias atuais para remoção de alguns contaminantes que as águas apresentam em certa região. A importância do adsorvente é garantir a capacidade de remoção de contaminantes, reuso da água, utilidade do subproduto, onde os mesmos são geralmente descartados pela falta de utilidade aparente.

Nessa perspectiva, as pesquisas recentes apontam que a utilização de cortiça e seus derivados apresentam propriedades que atuam como adsorvente natural para tratamento de águas. Diante disso, o trabalho teve como objetivo caracterizar as propriedades físico-químicas de águas das cidades de Taperoá e Damião – PB além de utilizar adsorvente natural proveniente da cortiça para tratamento das amostras de águas. A relevância dessa pesquisa trará contribuições significativas às populações de Damião e Taperoá - PB, destacando, o conhecimento a respeito da qualidade da água nas regiões do Cariri e Curimataú paraibano, como também a utilização da adsorção no tratamento para diminuição da dureza total de águas.

## **2. Objetivo geral**

Demonstrar a eficiência do adsorvente natural proveniente da Cortiça como meio viável e de baixo custo para tratamento da remoção de dureza total das águas dos municípios de Taperoá e Damião – PB.

### **2.1 Objetivos específicos**

- Recolher amostras de águas dos municípios de Taperoá e Damião – PB.
- Caracterizar as propriedades físico-químicas das amostras de águas dos referidos municípios.
- Analisar as concentrações de Sódio (Na) e Potássio (K) no Fotômetro de Chama.
- Determinar a composição Química da Cortiça no Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva- EDX.
- Verificar a Morfologia da cortiça pela Microscopia Eletrônica de varredura (MEV-FEG).
- Caracterizar a granulometria e diâmetro da cortiça por sedimentos (Rot-up).
- Avaliar a eficácia do adsorvente natural na remoção da dureza, total das amostras de águas analisadas em diferentes granulometrias.
- Verificar composição química da cortiça no Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por energia dispersiva- EDX em diferentes granulometrias após o tratamento.

### 3. Fundamentação teórica

#### 3.1 Água

A água é um recurso que se distribui por toda terra como fonte essencial para sobrevivência dos seres vivos. De acordo com Gomes (2011), 70% do planeta terra são formados por água doce e salgado, desse volume 97,22% é de água salgada (água do mar), 2,15% estão em geleiras e apenas 0,63% é de água doce (rios, lagos e aquíferos), o que remete uma observação à má distribuição, pois o último percentual é considerado para abastecimento público.

Segundo Barbosa et al. (2017), a água é um recurso natural e essencial para o desenvolvimento social e econômico de uma região, que ao ser compartilhado para diferentes finalidades, cria-se a necessidade de um controle e gestão de sua disponibilidade a fim de maximizar os retornos à sociedade.

Na visão de Silveira et al. (2006), a estiagem é um fenômeno natural, caracterizado pela escassez de água associada a períodos extremos de déficit de precipitação mais ou menos longos, que repercutem negativamente sobre as atividades socioeconômicas e ecossistemas naturais. Segundo o PAN-BRASIL (2005), os períodos de estiagens prolongadas estão entre os mais danosos fenômenos ao meio ambiente e a socioeconomia para a região semiárida do Nordeste do Brasil, prejudicando principalmente o setor mais fraco das economias onde ocorre a agricultura de sequeiro.

No que se refere aos dados disponibilizados pela Agência Nacional de águas, apesar de o Brasil possuir um baixo percentual de água doce disponível no planeta, a sua distribuição é desproporcional, uma vez que mais de 80% estão concentrados na Região Hidrográfica Amazônica, onde está o menor agrupamento populacional, em torno de 5% da população. Nas regiões hidrográficas banhadas pelo Oceano Atlântico, que concentram 45,5% da população do País, encontra-se disponíveis somente 2,7% dos recursos hídricos do Brasil (ANA, 2015).

Além disso, apesar do Brasil possuir um baixo percentual de água doce, o desperdício de água chega a 50%, considerando um índice bastante alto, além disto, alguns dos rios e mananciais se encontrar contaminados e impróprios para uso. Segundo Andreoli et al. (2014) em território com alta população, uma parte dessa água já perdeu a propriedades de recurso natural renovável em virtude de processos de urbanização, industrialização e produção agrícola, fazendo com que o grande volume de água que o país possui esteja reduzindo de forma acelerada.

As águas subterrâneas contribuem para manutenção da vida e de grande importância para consumo humano ou/e industrial. Algumas mudanças no que se refere às propriedades físico-químicas interferem durante os períodos de estiagem, fazendo com que a água apresente transformações que interferem na saúde humana. A água dura, por exemplo, contém uma grande quantidade de íons cálcio e magnésio que são provenientes de depósitos subterrâneos. Em conformidade com Júnior (2012) a principal fonte de dureza nas águas é quando ocorre a passagem pelo solo e ocorre à dissolução da rocha calcária pelo gás carbônico da água, nesse sentido, as águas subterrâneas apresentam maior dureza do que as águas superficiais.

De acordo com Meneze e Oliveira 2017, a escassez de água e a falta de gestão dos recursos hídricos existentes denunciam uma necessidade emergente de revisão das políticas públicas implementadas, ademais da necessidade de articulação dos diversos setores da sociedade para que se possam superar os diversos paradigmas que solidificam e se constroem ao longo das décadas, talvez séculos, se levarmos em consideração as ações de cunho emergencial e governamental em relação às secas no Nordeste desde o período imperial.

### **3.2 Abastecimento de água**

Os termos Controle e Vigilância relacionada à qualidade da água para consumo humano, adotados pela Organização Mundial de Saúde, estão bem definidos na legislação brasileira. (BRASIL, 2011) A água como fonte de sobrevivência das espécies requer um controle de qualidade, potabilidade para consumo humano e/ou industrial, isso tem sido exigido pelos sistemas de operação dos abastecimentos de águas que são encaminhadas para a população. Ao se tratar de água destinada ao consumo humano, insere-se o conceito de saneamento, que é definido como o conjunto de ações socioeconômicas que objetiva alcançar níveis de salubridade ambiental, por meio de abastecimento de água potável. (FUNASA, 2013) A realização da vigilância cabe ao Ministério da Saúde, por intermédio das secretarias estaduais, no sentido de verificar se a água distribuída atende às premissas estabelecidas pelo padrão de potabilidade, além de avaliar os riscos à saúde da população abastecida, e a monitoração deve ser realizada ao mesmo tempo em que a água é captada, distribuída e consumida.

### **3.3 Águas superficiais**

As águas superficiais, subterrâneas e potáveis no Brasil, são estudadas a partir de legislações. O Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA – dispõe de resoluções que estabelecem o enquadramento das águas brutas, tanto para as águas superficiais, quanto para as águas subterrâneas. A Resolução CONAMA N°357/05 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. (LORDELO et al., 2016)

### **3.4 Águas subterrâneas**

Carvalho; Carvalho e Leuzinger (2012), afirma 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, visto que a gestão de recursos hídricos é uma questão de caráter essencial a todos os setores da sociedade, portanto, deve estar articulada com as políticas para os setores da educação, do meio ambiente, da indústria e do setor agrícola, dentre outros. Os fundamentos da gestão de recursos hídricos que estabelecem a água como bem público, de valor econômico e de uso múltiplo, tendem a acentuar conflitos entre usuários. (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2012)

Sendo que a exploração das águas subterrâneas tem-se tornado muito atraente, pois em determinados lugares, as superficiais encontram-se poluídas ou contaminadas, são mais abundantes do que as superficiais, é de boa qualidade (em geral) para o consumo humano e possibilidade de localização de obras de captação nas proximidades das áreas de consumo. (WENDLANDER, 2003)

### **3.5 Aspectos Físicos e Químicos da água**

As características físicas da água estão associadas à ordem estética e subjetiva da água, com parâmetros estabelecidos como: cor, sabor, odor. No entanto, a preferência pela água de melhor aparência não garante qualidade adequada ao consumo. As características

químicas da água estão relacionadas às substâncias dissolvidas que alteram valores em parâmetros como: acidez, alcalinidade, pH, além disso, são importantes para detectar se há metais pesados na água. A fim de estabelecer um padrão de potabilidade das águas, criaram-se legislações de qualidade e potabilidade da água. Elas são responsáveis por apresentar parâmetros e seus valores de referências, no que diz respeito às características físicas, químicas e biológicas da água. (SPERLING, 2005)

### **3.5.1 Turbidez**

A turbidez é um processo comum de análise de águas, pois é possível encontrar materiais sólidos presentes, diminuindo a transparência, como também algum material orgânico ou metal que modifique a coloração embaciada. No que diz respeito à efetividade da análise, podendo apresentar uma turbidez elevada, garante a presença de substâncias que estão presentes por naturalidade ou efeito erosivo. Apresenta desvantagens como no caso da desinfecção que pode ser dificultada pela proteção que pode dar aos microrganismos no contato direto com os desinfetantes e, além disso, turbidez é um indicador sanitário e padrão organoléptico da água de consumo humano. (FUNASA, 2013)

### **3.5.2. Condutividade elétrica**

A condutividade elétrica apresenta propriedades específicas, quando as amostras de águas podem conduzir eletricidade, isto se justifica pelo fato da água apresentar substâncias dissolvidas como  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e entre outros metais. Isto se deve a concentração iônica presente na amostra analisada. A condutividade elétrica da água relaciona a resistência elétrica ao comprimento e é expressa usualmente em  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (microSiemens por centímetro). (LIBÂNIO, 2010) A condutividade elétrica da água indica a sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions. Quanto maior a concentração iônica da solução, maior e a oportunidade para ação eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica. (APHA, 2006)

### **3.5.3 Sólidos totais dissolvidos**

Os sólidos totais dissolvidos nas águas representam toda a matéria que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-

estabelecida e durante um tempo fixado. As operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos 35 presentes na água (sólidos totais, em suspensão, fixos e voláteis) (PIVELI, 1996).

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, 2014).

#### **3.5.4. pH**

Esta análise é importante no estudo de águas, pois identifica os níveis que indicam ou não a qualidade da amostra, neste caso, das águas. Estes ajustes são realizados nas estações de tratamento nos processos de controle para consumo humano. De acordo com a portaria 2.914/2011 o valor permitido pelo ministério da saúde está entre  $6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$  para consumo humano. (FUNASA, 2013)

#### **3.5.5 Alcalinidade**

A alcalinidade é representada pela presença de íons hidróxido, carbonato e bicarbonato. A importância do conhecimento das concentrações destes íons permite obter informações sobre as características corrosivas ou incrustantes da água. (MACÊDO, 2001) As águas naturais de superfície em nosso país apresentam alcalinidade inferior a 100 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , sendo que valores superiores estão associados a processo de decomposição da matéria orgânica, à atividade respiratória de microrganismos com liberação de gás carbônico na água e lançamento de efluentes industriais. (LIBÂNIO, 2010)

#### **3.5.6 Cloretos**

Os cloretos podem apresentar-se em águas naturais, são advindos da dissolução de sais como, por exemplo, o cloreto de sódio; assim o teor de cloretos das águas tem por finalidade obter informações sobre o seu grau de mineralização ou indícios de poluição. (MACÊDO, 2001; ALVES, 2001) A presença desse elemento acelera os processos de corrosão em tubulações de aço e alumínio, além de alterar o sabor da água. (ALVES, 2001)

Concentrações elevadas de cloretos em águas doces são indicadores de poluição por esgoto doméstico. (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009)

### **3.5.7. Dureza total**

A dureza da água é a característica dada à água por apresentar sais de metais alcalinos terrosos como o cálcio e magnésio, indicando a concentração de cátions multivalentes na água. (LIBÂNIO, 2010) A dureza é caracterizada pela extinção da espuma formada pelo sabão, índice de uma reação mais complexa que dificulta o banho e a lavagem de utensílios domésticos e roupas, criando problemas higiênicos. (BRAGA; HESPANHOL; CONEJO, 2003)

Além disso, o teor de dureza tem relação com a natureza geológica dos terrenos que a água atravessa e com os quais tem contato. Uma água dura está associada às zonas onde os solos são de natureza calcária ou dolomítica, e uma água macia, às zonas onde os solos são de natureza granítica ou basáltica. (APDA, 2012)

## **3.6 Contaminação química da água**

A contaminação química da água a partir de uma ampla gama de poluentes orgânicos e inorgânicos, tais como metais tóxicos, BTEX, HPA's, ânions, entre outros, desencadeou a necessidade de desenvolver tecnologias no intuito de remover esses poluentes encontrados em resíduos líquidos e gasosos. Essas substâncias, encontradas em quantidades traço, geralmente oferecem resistência a métodos de degradação biológica ou não são removidos efetivamente por métodos de tratamento físico-químicos. (NASCIMENTO, et al. 2014) A contaminação química da água pode provocar danos à saúde humana. A presença de metais pesados, agente patogênicos como bactérias e protozoários podem demonstrar risco à população que a consome. Provocando doenças como diarreia, problemas dos rins, fígado, dentre outros sintomas que geram danos à saúde. Outro fator importante a se destacar é que em ambientes como rios e canais, onde existe um fluxo constante de material em suspensão, é possível observar flutuações na quantidade de contaminantes. (TERRA et al., 2010)

## **3.7 Adsorção**

Adsorção é um fenômeno de superfície pelo qual uma substância é extraída de uma fase e concentrada na superfície de outra fase. (BRITO; OLIVEIRA; PEIXOTO, 2010) A



concentração ou acumulação de substâncias ocorre na interface sólido-líquido. O material que é adsorvido é designado de adsorvato, e a fase cuja superfície adsorve é designada de adsorvente. O objetivo da adsorção, num sistema de tratamento de água para consumo humano ou uso industrial, é a remoção de poluentes, transferindo-os para um adsorvente sólido, ao qual ficam ligados por forças químicas ou físicas. (BRITO; OLIVEIRA; PEIXOTO, 2010)

Dependendo da natureza das forças envolvidas, a adsorção pode ser classificada quanto a sua intensidade em dois tipos: adsorção física e adsorção química. No caso de adsorção física, a ligação do adsorvato à superfície do adsorvente envolve uma interação relativamente fraca que pode ser atribuída às forças de Van der Waalls, que são similares às forças de coesão molecular. Diferentemente, a quimissorção, a qual envolve a troca ou partilha de elétrons entre as moléculas do adsorvato e a superfície do adsorvente, resultando em uma reação química. Isso resulta essencialmente numa nova ligação química e, portanto, bem mais forte que no caso da fisissorção. (NASCIMENTO et al., 2014)

As velocidades de adsorção não são bons critérios para distinguirem os tipos de adsorção (químicas e físicas):

A adsorção química pode ser rápida se a energia de ativação for nula ou pequena, e pode ser lenta se a energia de ativação for elevada. A adsorção física é, em geral, rápida, mas pode ser lenta se estiver envolvida com a ocupação de um meio poroso. (NASCIMENTO et al., 2014)

Nesse sentido, há vários fatores que influenciam o processo de adsorção, como por exemplo a área superficial, as propriedades do adsorvente, a temperatura do sistema, o pH do meio, as condições operacionais, tamanho do poro, densidade, grupos funcionais presentes no material e entre outros que facilitam o processo de adsorção. A natureza físico-química do adsorvente é fator determinante, pois a capacidade e a taxa de adsorção dependem da área superficial específica, porosidade, volume específico de poros, distribuição do tamanho de poros, dos grupos funcionais presentes na superfície do adsorvente e da natureza do material precursor. (DOMINGUES, 2005)

### **3.8 Adsorventes naturais**

A adsorção vem sendo considerada uma das técnicas mais eficazes devido a sua alta seletividade, além de ser economicamente viável, principalmente devido à utilização de

subprodutos industriais e agrícolas como adsorventes naturais e pelo seu baixo consumo energético. (CURBELO, 2002) A importância do adsorvente é garantir a capacidade de remoção de contaminantes, reuso da água, utilidade do subproduto, onde os mesmos são geralmente descartados pela falta de utilidade vista pela sociedade. A escolha do adsorvente é primordial no processo de construção de técnicas para seu uso com finalidade de remoção de contaminantes que tratem a água.

Atualmente, existe uma grande variedade de adsorventes no comércio, as mais tradicionais são o carvão ativado, a sílica-gel e a alumina ativada. Como nem sempre os métodos convencionais utilizados no processo de descontaminação de águas subterrâneas são eficazes, seja pelo elevado custo, inacessibilidade de tecnologia das indústrias ou até mesmo por causarem ainda mais impactos ambientais devido às grandes quantidades de resíduos gerados, tem-se buscado, através de pesquisas, por adsorventes que sejam eficientes no processo de remediação de contaminantes de água, mas que sejam de baixo custo e que possuam alta disponibilidade no mercado. (RAMOS; MEDEIROS FILHO; SILVA, 2017)

### 3.8.1 Cortiça

A cortiça é proveniente da casca de uma espécie chamada Sobreiro (*Quercus Suber*) que produz uns tecidos vegetais constituídos em sua maioria em células suberizadas, as quais são impermeáveis e resistentes a vários agentes externos. (LEITE, 2016) Quimicamente, o tecido suberoso da cortiça é constituído por componentes estruturais (suberina, lignina e polissacarídeos), em média de 85% da sua massa seca e os 15% restantes são constituintes não-estruturais (extrativos) da parede celular. (GRAÇA 2000 p. 40) O Sobreiro é uma árvore da família do *Carvalho*, natural da Península Ibérica (Portugal e Espanha) cultivada no Sul da Europa e a partir da qual se extrai a cortiça. Diante disso, o *Carvalho* tem sido utilizado pela indústria na produção de barris de vinho, por apresentar algumas propriedades como: resistência química e física, impermeabilidade e maleabilidade.

A *Q. Suber* é uma árvore de crescimento lento e longevidade de 250 a 350 anos, embora a idade limite para produção da cortiça seja de 150 a 200 anos. A extração ocorre ao final de 9 anos e seu rendimento é de 30 a 200 kg por árvore, dependendo, principalmente, da superfície, que é descortiçada sendo sua produtividade em média de 8 a 11 kg/m<sup>2</sup> de área descortiçada por ciclo de produção, de 9 em 9 anos. No Brasil, atualmente, grande parte

utilizada da cortiça é originada da *Q. Suber*, sendo importadas por países como Portugal e Espanha. (FORTES; ROSA; PEREIRA, 2004)

A cortiça é extraída em pranchas de tronco das árvores, sem ferir o floema que produzirá novas células e reconstituir, assim, outra camada. O primeiro descortiçamento de árvores jovens produz cortiça denominada virgem, com superfície superior muito irregular; os descortiçamentos sucessivos dão origem a cascas com uma superfície exterior mais uniforme, chamada de cortiça de reprodução. (PEREIRA, 1988)

A principal planta produzida pela cortiça é o sobreiro (*Q. Suber*), geralmente cultivada em Portugal, Espanha, França, Tunísia, Marrocos, e alguns países asiáticos. Portugal participa com 55% da produção mundial, sendo distribuída em ótima qualidade para outros países. (BAPTISTA; ANJOS; RAMALHO, 2002) Dentro das espécies de plantas que a cortiça se constitui, existem diversos tipos, no Brasil, a espécie conhecida como produção é a *Kielmeyera coriacea* Martius, que é conhecida como Pau-santo. Sua distribuição geográfica abrange o planalto central Brasileiro, representando quase todo o a vegetação do tipo Cerrado, com área de 204,7 milhões de hectares (IBGE, 2004) nos estados da Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo e Tocantins.

### 3.8.2 Características físico-químicas da cortiça

A cortiça como adsorvente pode apresentar propriedades específicas como: boa resistência ao desgaste, boa elasticidade a líquidos e a gases que estão relacionados a própria estrutura das células fechadas. Também, baixa densidade, baixa permeabilidade aos líquidos, boas capacidades isolantes, compressibilidade, resiliência, estabilidade química e resistência ao crescimento microbiano, têm promovido o seu uso em diversos setores, contudo, o mais visível e lucrativo dos produtos, continua a ser as rolhas de cortiça para o engarrafamento de vinho. Apresenta resistência química e física a fatores externos, maleabilidade, impermeabilidade. (PEREIRA, 1988)

A constituição química da cortiça engloba vários tipos de compostos, que tradicionalmente são divididos em seis grupos (Gil, 1998): a) suberina (45% - responsável pela sua compressibilidade e elasticidade); b) lenhina (27% - estrutura das paredes celulares); c) polissacáridos (12% - também ligados à estrutura da cortiça); d) ceróides (6% - repelem a água e contribuem para a impermeabilidade); e) taninos (6% - cor e proteção/conservação do material) e f) cinzas (4%). Assim, a cortiça é constituída por componentes estruturais de

forma polimérica complexa e extensa e componentes não estruturais. Estes últimos dividem-se em extractivos e não extractivos. Os extractivos dividem-se nos ceróides, que influem nas características de impermeabilização da cortiça, e nos compostos fenólicos, que parecem desempenhar funções protectoras contra os ataques de organismos biológicos (Gil, 1998).

Na tabela 1 observa-se a composição química da árvore de espécie Sobreiro *Quercus Suber* no que se refere à diferença percentual da casca externa denominada *Virgem* onde é retirada para distribuição, comercialização e outras produções e a parte interna chamada *Anadia* onde, geralmente, é preservada.

**Tabela 1.** Composição química da cortiça.

<b>Composição</b>	<b>Virgem %</b>	<b>Anadia %</b>
<b>Cinzas</b>	0,7	1,2
<b>Extractos totais</b>	15,3	14,2
<b>Diclorometano</b>	7,3	5,4
<b>Etanol</b>	5,2	4,8
<b>Água</b>	2,8	4,0
<b>Suberina</b>	38,6	39,4
<b>Lenhina</b>	21,7	21,8
<b>Polissacarídeos</b>	18,2	19,9

**Fonte:** PEREIRA, 1988.

A composição química da cortiça difere da composição da madeira devido, principalmente, a presença de suberina e de extrativos em grande quantidade (MIRANDA, et al., 1998). Ela é constituída por vários grupos de substâncias, tais como, ceras, polifenóis, suberina, polissacarídeos e lignina (PEREIRA, 1988).

### **3.9 Cromatografia em coluna**

Collins (2006) define a cromatografia a partir de um método físico-químico que faz uma separação dos constituintes de uma mistura concluída por meio de duas fases, que se apresentam a partir do contato. A fase permanente é estacionária à medida que a outra é movida através dela. Na continuidade da passagem da fase móvel sobre a fase estacionária os constituintes da mistura são separados pelas duas fases de maneira que cada um deles é

seletivamente retido pela fase estacionária o que provoca migrações diferenciais desses componentes. De modo geral, a coluna cromatográfica da cromatografia preparativa é composta por um tubo de vidro em posição vertical contendo a extremidade superior aberta e a inferior é estreita terminando com uma torneira que permite o controle da vazão da fase móvel, (VICHENEWSKI, 2006).

### **3.10 Fotômetro de chama**

O fotômetro de chama é um aparelho analítico usado para o estudo do espectro de emissão de certas substâncias. Quando os átomos dessas substâncias são excitados pela chama, eles emitem linhas espectrais com específicos comprimentos de onda do elemento sob teste. O fotômetro de chama é usado para medir a intensidade dessa luz que, posteriormente, é usada para determinar a concentração do elemento sob medição de acordo com a intensidade dessa linha espectral, a qual é diretamente proporcional à concentração do elemento testado. A fotometria de chama tem a vantagem de ser simples, rápida, de alta sensibilidade e de baixo consumo de amostra. (QUIMIS, 2011)

### **3.11 Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por energia dispersiva - EDX**

O Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por energia dispersiva - EDX é uma técnica analítica muito utilizada para determinar a composição química de um material. Essa técnica permite uma análise qualitativa (determina o que se tem na amostra, ou seja, a identificação dos constituintes) e quantitativa (o percentual de cada constituinte atômico presente na amostra). “A fluorescência de raios X é a radiação eletromagnética originada por transições eletrônicas que têm lugar em camadas profundas da estrutura atômica dos átomos”. (GARCIA, 2008)

## 4. Metodologia

### 4.1. Área de Estudo

A área de estudo localiza-se no município de Damião-PB segundo os dados do (IBGE, 2017) a cidade está inserida na região do Curimataú Paraibano no Agreste Ocidental, a 200 km da Capital do Estado da Paraíba, com aproximadamente 5.343 habitantes, onde dispõe de uma área de 185,685 km<sup>2</sup>, apresentando um clima tropical semiárido com seca prolongada e abastecimento a partir de carros-pipa. Foram coletadas quatro amostras em diferentes localidades da cidade. Essas coletas foram realizadas no período de seca e/ou escassez.

A área de estudo foi no município de Taperoá, no estado da Paraíba (Brasil), localizado na microrregião do Cariri Ocidental, latitude 07° 12' 27'' S e longitude 36° 49' 36'' W, com uma área territorial de 644.156 km<sup>2</sup> e uma população estimada de 15.276 habitantes (IBGE, 2017), sendo assim, castigado por secas e dispõe do abastecimento do açude Manoel Marcionilo e de águas subterrâneas que abastecem a população para consumo e utilidades domésticas. Onde foram coletadas oito amostras em diferentes localidades da cidade. Essas coletas foram realizadas no período de seca e/ou escassez.

### 4.2. Coleta das amostras

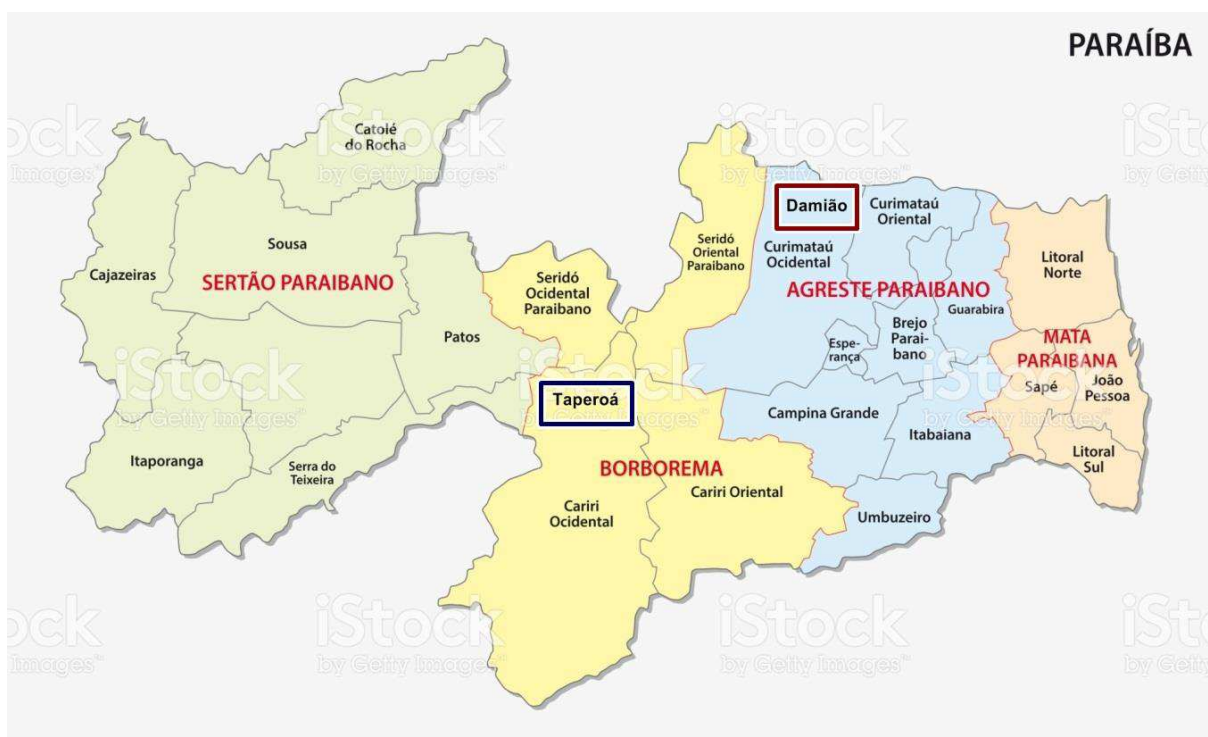
**Tabela 2.** Localização das coletas do município de Taperoá-PB e Damião-PB.

PONTOS DE COLETA DE TAPEROÁ		PONTOS DE COLETA DO DAMIÃO	
<b>A</b>	Açude Manoel Marcionilo	<b>I</b>	Abastecimento municipal
<b>B</b>	Rua 15 de Novembro (Igreja)		
<b>C</b>	Rua Assis Vicente (Posto)	<b>J</b>	Tanque de arroz (cata-vento)
<b>D</b>	Reservatório Marcos Vicente		
<b>E</b>	Rua São José	<b>K</b>	Cata-vento Artesanal
<b>F</b>	Rua Antônio Noel de Farias		
<b>G</b>	Sítio Parelhas (zona sul)	<b>L</b>	Cisterna domiciliar
<b>H</b>	Sítio Quixaba (zona sul)		

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

As coletas das amostras de águas de abastecimento e de poços subterrâneos são de localidades diferentes. Cada coleta foi realizada em triplicata e as amostras de cada ponto identificadas e armazenadas em garrafas de politereftalato de etileno (PET) com capacidade de 2,0 L previamente higienizadas, preenchidas por completo e mantidas em refrigeração durante todo período das análises.

**Figura 1.** Localização dos municípios de Taperoá – PB e Damião – PB.



**Fonte:** istockphoto.com/br/ mapa, 2018. (adaptado)

As amostras de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB foram coletadas em diferentes lugares, desde localizações urbanas e rurais, no total de oito amostras distintas. Com relação às amostras de águas de abastecimento do município de Damião – PB em diferentes lugares, que servem para consumo humano ou/e domésticos, no total foram analisadas quatro amostras. Nas figuras 2 e 3 seguem algumas imagens dos diferentes reservatórios de águas que foram retirados para análise físico-química.



**Figura 2.** Localização das amostras de águas dos municípios de Taperoá – PB.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

**Figura 3.** Localização das amostras de águas dos municípios de Damião – PB



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

### 4.3 Caracterização dos parâmetros físico-químicos

As análises foram realizadas no laboratório de Biocombustíveis e Química Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande/Cuité-PB. As metodologias seguiram recomendações pelo o livro *Standard methods for the examination of water and water*



(APHA, 2006). Pelo manual prático de análise de água da Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2013), e o livro Águas e Águas métodos laboratoriais de análises físico-químicas (MACÊDO, 2001).

#### 4.3.1 pH

A determinação de pH das amostras foram realizadas em um peagâmetro pH 21 – Hanna, sendo o mesmo previamente calibrado com soluções tampão ácido de  $4,00 \pm 0,01$ , neutro de  $7,00 \pm 0,01$ .

**Figura 4.** Potenciômetro utilizado nas análises de pH.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

#### 4.3.2 Condutividade elétrica

A condutividade foi determinada utilizando um condutímetro mCA-150/Mca-150P sendo 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  $25^\circ\text{C}$ .

**Figura 5.** Condutímetro mCA-150/Mca-150P



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

### 4.3.3. Turbidez

A turbidez foi determinada por um turbidímetro modelo TB1000, previamente calibrado com soluções padrões de 0,1 NTU, 0,8 NTU, 8 NTU, 80 NTU e 1000 NTU. Em seguida, o recipiente foi lavado três vezes com água destilada e posteriormente com a água da amostra. A leitura das amostras foi realizada em triplicata, acompanhadas com desvio padrão.

**Figura 6.** Turbidímetro modelo TB1000



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

### 4.3.4. Dureza total

Para determinação da dureza foi utilizado o método Clássico de Volumetria de Complexação utilizando o agente titulante EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) com a concentração de  $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$  e utilizando como indicador Negro de Eriocromo – T com pH 9,4. (APHA, 2006).

### 4.3.5 Cloretos

Na determinação de cloretos foi utilizado a Volumetria de Precipitação com Nitrato de Prata ( $\text{AgNO}_3$ )  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  pelo método de Mohr. E como indicador o Cromato de Potássio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ )  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ . (APHA, 2006).

### 4.3.6 Alcalinidade

As medidas de alcalinidade foram realizadas pelo método de volumetria de neutralização com ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )  $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$  como agente titulante e solução indicadora alaranjado de metila  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ . (APHA, 2006).

#### 4.3.7 Sólidos dissolvidos totais

Os valores de sólidos dissolvidos totais (SDT) foram estimados a partir dos valores de condutividade elétrica (CE) indicados pela equação de Holanda e Amorim (apud Casali 2008).

#### 4.3.8 Determinação da acidez

Para determinação da acidez foi utilizado o método de volumetria ácido-base considerando o agente titulante hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ )  $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$  e a fenolftaleína ( $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$ )  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  como indicador. Sendo caracterizado por carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). (APHA, 2006)

#### 4.3.9 Fotômetro de Chama

Para a determinação de outros cátions metálicos, como  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  foi utilizado um fotômetro de chama *QUIMIS Q498M*, que usa filtros para a determinação desses cátions. O aparelho foi calibrado com soluções padrão de  $10 \text{ ppm}$  de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  com dimensões de  $30 \times 37 \times 52 \text{ cm}$ . Logo, as amostras de águas foram sendo analisadas com as respectivas concentrações e determinando a coloração da chama específica de cada substância. (QUIMIS, 2011)

Figura 7. Fotômetro de chama



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

#### 4.4. Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva-EDX

A determinação da composição química da cortiça foi feita pela técnica de Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por energia dispersiva - EDX, utilizando um espectrômetro digital da SHIMADZU, modelo EDX-7000. Foi utilizado como padrão, um metal esférico com dimensões de comp.: 15 cm – Lar.:13 cm e alt.:14 cm que avalia o percentual de alguns elementos que o constitui. O tempo foi de vinte minutos. Em seguida, foi introduzida a amostra de micro tubos com dimensões de comp.: 15 cm – Lar.:13 cm e alt.:14cm. Para que a amostra seja introduzida no tubo sem contaminação e interferências, utilizou um filme fino de *polypropylene 3520* transparente que reveste a parte inferior e superior do tubo. E em seguida a amostra foi introduzida por oito minutos de leitura.

**Figura 8.** Equipamento da Composição Química modelo EDX-7000.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

#### 4.4 Microscopia Eletrônica de varredura (MEV-FEG)

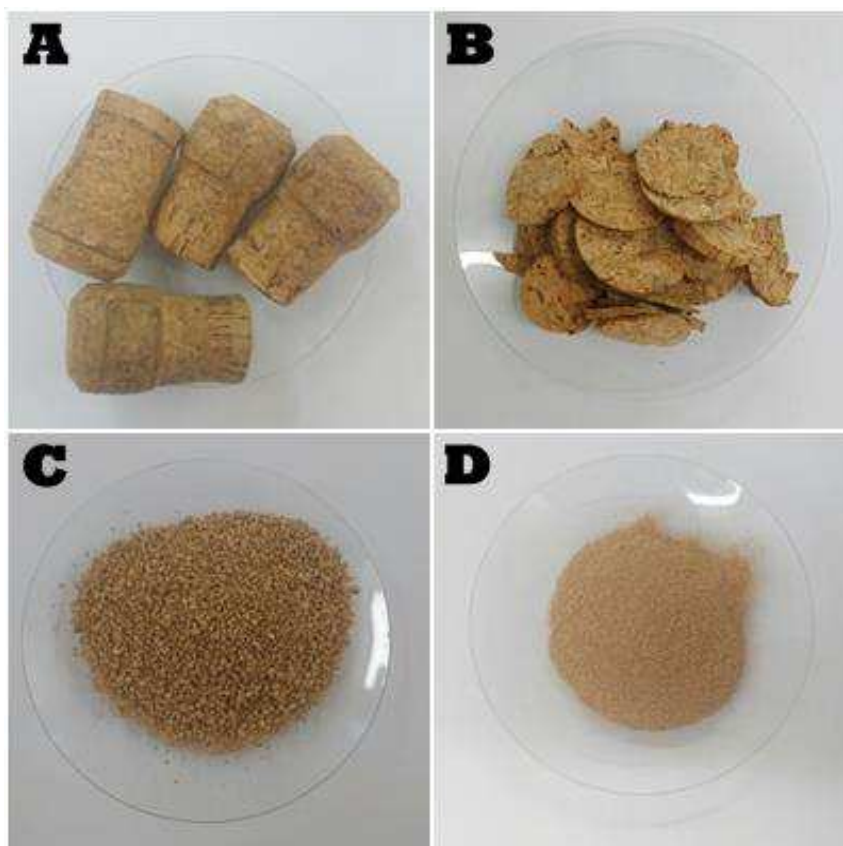
As análises foram realizadas em um MEV-FEV (“Field Emission Gun”), um microscópio eletrônico de varredura do tipo Crossbeam. Ou seja, há duas colunas no mesmo equipamento: uma coluna de elétrons do tipo *Field Emission Gun* (FEG); e outra coluna de íons focalizados (FIB). A fonte de elétrons do tipo FEG proporciona uma melhor qualidade de imagem comparada às fontes de filamento convencionais.

Inicialmente, as amostras foram cortadas transversalmente, lavadas em água destilada, secas e armazenadas em dessecador antes da análise. Em seguida, as imagens foram obtidas no MEV-FEG, modelo Zeiss Auriga 40, no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura – LABMEV, do Departamento de Engenharia de Materiais – DEMat da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, operando em tensões de 4.00 kV e magnitudes 500X, 1.00KX, 4.00KX e 15.00KX.

#### **4.5. Preparação do adsorvente**

A matéria prima da cortiça foi coletada a partir da rolha de cortiça, onde geralmente é descartada sem nenhuma utilidade. Onde foram às rolhas derivados da árvore da espécie *Sobreiro* considerando a parte externa *virgem*. Para obtenção do adsorvente, o material foi cortado em pedaços menores e triturado no liquidificador doméstico marca *MUNDIAL* em forma de farelo. Em seguida, a cortiça foi pesada em uma balança analítica marca *BEL ENGINEERING* com  $24V \pm 550mA$  modelo *M214Ai*. Depois, o adsorvente passou por duas triturações a cada dez minutos. O material depois de triturado, foi secado em estufa de secagem modelo: *Q31711-23* com 110/220V – 1000W a 60°C por duas horas. Posteriormente, foi peneirado com uma Peneira de plástico do tipo *mesh 1* com granulometria de cortiça média.

**Figura 9.** (A) Cortiças coletados. (B) Cortiças cortadas. (C) grãos processados. (D) trituradas.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

#### 4.6 Sedimentos (análise granulométrica)

A análise granulométrica seguiu o método de Suguio (1973), em que o material foi secado em temperatura ambiente e posteriormente levado à estufa com a temperatura em torno de 60°C, para evitar alteração no peso da amostra devido à umidade do ambiente e aglutinação dos grãos. Esse método foi utilizado com intuito de classificar e caracterizar os sedimentos (granulometria).

Depois de seco foram utilizados 3,0 gramas do material proveniente da cortiça para análise granulométrica, em que foi utilizado o processo de peneiramento com agitação através de um conjunto de seis peneiras com diferentes tipos de malhas numa máquina de Rot-up, sendo estas com intervalos de: 2mm; 1mm; 500 µm; 250 µm; 125 µm; 53 µm; caracterizado como: Cascalho; Areia muito grossa; Areia grossa; Areia média; Areia fina; Silte e/ou argila respectivamente.

No que se refere à cortiça foram trabalhadas dois tipos de granulometrias e diâmetro do poro. Nesse caso, foram: granulometria de cortiça média com diâmetro de 250  $\mu\text{m}$  e para granulometria de cortiça muito grossa com diâmetro de 1 mm.

**Figura 10.** Equipamento de sedimentação (granulometria e diâmetro) Rot-up.



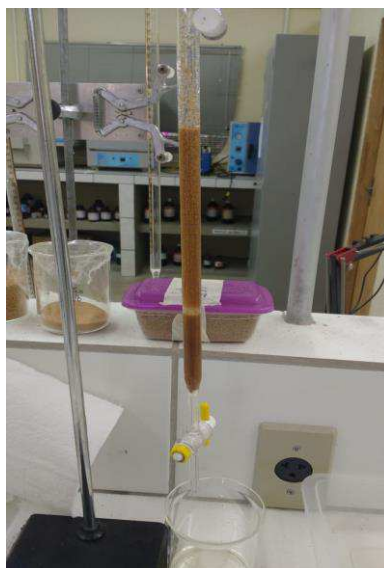
**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

#### **4.7. Tratamento com adsorventes**

Após a determinação dos parâmetros físico-químicos foram realizados testes de adsorção onde as amostras foram tratadas por meio de cromatografia em coluna. Os parâmetros analisados de dureza total e pH antes do tratamento foram repetidos após o tratamento com o adsorvente proveniente da cortiça para comparação dos resultados.



**Figura 11.** Coluna cromatográfica com granulometria de cortiça média com diâmetro de 250  $\mu\text{m}$ .



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

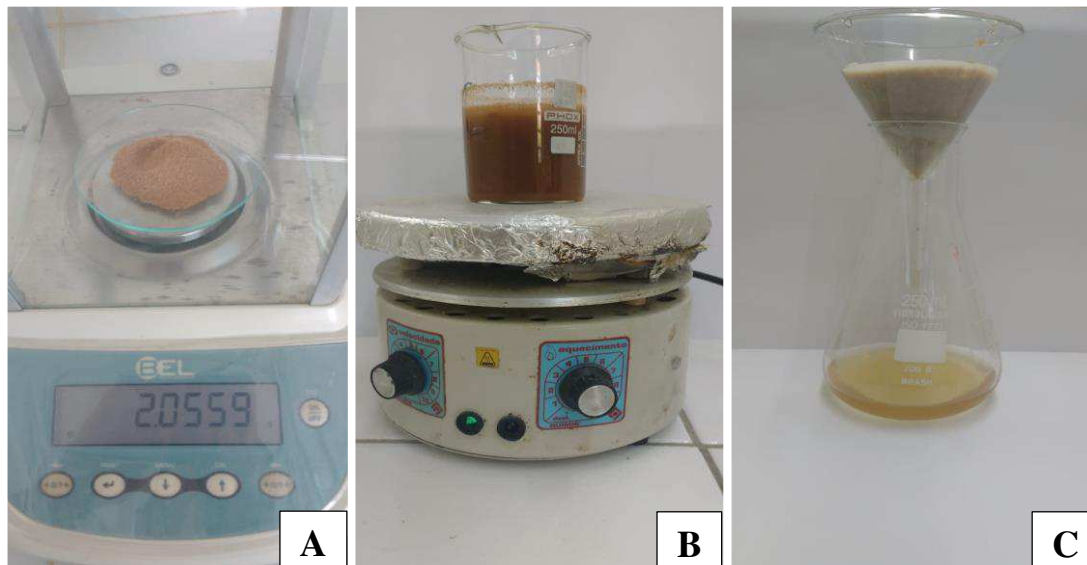
Para o tratamento das amostras foi utilizado o adsorvente natural (cortiça) com granulometria cortiça média com diâmetro de 250  $\mu\text{m}$  e a técnica foi à cromatografia em coluna com a bureta de 25 mL. Em seguida a coluna foi preenchida com 6,0 gramas do adsorvente natural (fase estacionária), que foi previamente lavado com água destilada até adquirir aparência natural. Por onde foram percolados 40 mL das amostras de águas de abastecimento com vazão de 2 mL/min do município de Damião – PB por adsorção química.

#### **4.8 Adsorvente natural por filtração**

Para o tratamento das amostras foi utilizado o adsorvente natural (cortiça) com diferentes granulometrias. Nas amostras A, B, C e D a granulometria de cortiça média com diâmetro de 250  $\mu\text{m}$  e nas amostras E, F, G, e H fora utilizada granulometria de cortiça muito grossa com diâmetro de 1 mm. A cortiça foi pesada em uma balança analítica com aproximadamente 3,0 gramas. Em seguida foi posta em contato com a água da amostra no agitador magnético modelo: *M6261-22* com 220V  $\pm$  600W fabricado em São Paulo, Brasil pela *QUIMIS*. Com vazão de 3,8 mL/min, as amostras de águas subterrâneas (100 mL) foram colocadas em contato com o adsorvente e filtradas novamente e em seguida analisadas por adsorção química.



**Figura 12.** (A) Pesagem do material (B) Tratamento realizado por agitação magnética (C) Filtração.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

## 5. Resultados e discussões

### 5.1. Parâmetros físico-químicos das amostras de águas

De acordo com as tabelas 3, 4, 5 e 6 foram apresentados valores dos parâmetros físico-químicos como: dureza total, pH, condutividade elétrica, acidez, alcalinidade, cloretos, turbidez e estimativa de sólidos totais dissolvidos dos municípios de Taperoá-PB e Damião-PB respectivamente como também o desvio padrão.

#### 5.1.1 Parâmetros físico-químicos das amostras de águas de Taperoá - PB

Com relação aos dados da Tabela 3, a maioria das amostras apresentaram elevada dureza total, no entanto, as únicas amostras que estão abaixo do valor permitido pelo Ministério da Saúde são A ( $200 \pm 0,10$ ) e D ( $183 \pm 0,23$ ). As amostras E, F, G e H apresentaram uma dureza total alta de acordo com o Ministério da Saúde, que considera em conformidade com a Portaria N° 2.914/2011 o valor máximo permitido para água é de  $500 \text{ mg.L}^{-1}$ . Ou seja, a água apresenta grande quantidade de Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) tendo em vista que “a característica dada à água por apresentar sais de metais alcalinos terrosos

como o cálcio e magnésio, indicando a concentração de cátions multivalentes na água.”(LIBÂNIO, 2010).

Já o pH de todas as amostras analisadas estão de acordo com o Ministério da Saúde. Todas as amostras estão com o pH entre 7 a 8,5 o que considera todas as amostras básicas e em conformidade com o MS entre  $6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$  para consumo humano.

No que diz respeito análise de condutividade as amostras que apresentaram maior condutividade foram A ( $221,57 \pm 0,02$ ) e D ( $241 \pm 1,0$ ) o que demonstra uma grande variação entre as outras amostras que apresentaram uma condutividade relativamente baixa. Para todos os parâmetros, foram empregados os valores máximos permissíveis segundo a Portaria MS Nº 2.914/2011. (BRASIL, 2011)

**Tabela 3.** Análise físico-químicas de águas do município de Taperoá-PB.

Amostras	Dureza / $\text{mg.L}^{-1}$ $\text{CaCO}_3$	pH	Condutividade / $\mu\text{S.cm}^{-1}$	Acidez / $\text{mg.L}^{-1}$ $\text{CaCO}_3$
<b>Máximo permitido pelo MS</b>	<b>500</b>	<b><math>6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5</math></b>	<b>Não especificado</b>	<b>Não especificado</b>
<b>A</b>	$200 \pm 0,10$	$8,59 \pm 0,002$	$221,57 \pm 0,02$	-
<b>B</b>	$700 \pm 0,22$	$8,22 \pm 0,017$	$3,80 \pm 0,01$	-
<b>C</b>	$813 \pm 0,10$	$8,0 \pm 0,03$	$3,94 \pm 0,12$	-
<b>D</b>	$183 \pm 0,23$	$7,97 \pm 0,04$	$241 \pm 1,0$	-
<b>E</b>	$1330 \pm 0,29$	$7,73 \pm 0,08$	$4,70 \pm 0,01$	$10,50 \pm 0,25$
<b>F</b>	$2263 \pm 0,10$	$7,56 \pm 0,01$	$5,39 \pm 0,01$	$4,10 \pm 0,27$
<b>G</b>	$1750 \pm 0,20$	$7,89 \pm 0,005$	$9,33 \pm 0,01$	$3,60 \pm 0,32$
<b>H</b>	$1247 \pm 0,11$	$8,11 \pm 0,01$	$4,75 \pm 0,01$	-

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

No que se refere à acidez as três amostras de águas, apresentaram uma baixa concentração de carbonato de cálcio. Sendo que apenas a amostra E ( $10,50 \pm 0,25$ ) apresentou valor maior em relação às outras amostras.

Com relação à tabela 4 foram desenvolvidas análises de alcalinidade, cloretos, Turbidez e sólidos totais dissolvidos. No parâmetro da alcalinidade as amostras de água apresentam altas concentrações. A alcalinidade das águas não representa risco potencial à

saúde pública. Provoca alteração no paladar e a rejeição da água em concentrações inferiores às que eventualmente pudessem trazer prejuízos mais sérios.

A alcalinidade não se constitui em padrão de potabilidade, ficando este efeito limitado pelo valor do pH. A alcalinidade pode provocar uma dissolução de compostos provenientes do cimento por águas de chuvas. De acordo com Sperling (2005) o parâmetro correspondente à alcalinidade os altos valores atribuídos podem causar gosto amargo na água. Nesse sentido, mesmo que a alcalinidade não seja um parâmetro tão relevante assim como os outros, precisa de tratamento específico, tendo em vista, os fatores de coagulação e redução da dureza para melhoria da qualidade de águas para consumo humano e/ou uso industrial.

No que se refere à análise de cloretos presente nas amostras de águas apresentaram uma baixa concentração, variando de 0,48 a 3,92 mg/L de cloretos.

**Tabela 4.** Análise da alcalinidade, cloretos, turbidez e sólidos totais de águas de Taperoá-PB.

Amostras	Alcalinidade / mg/L	Cloretos/ mg.L <sup>-1</sup>	Turbidez/(NTU)	STD(μS.cm <sup>-1</sup> )
Máximo permitido pelo MS	Não Especificado	250	5,0	Não especificado
A	159,60 ± 0,11	3,19 ± 0,01	0,90 ± 0,05	141,8048 ± 0,02
B	199,60 ± 0,17	1,63 ± 0,05	1,47 ± 0,05	2,4320 ± 0,01
C	293,34 ± 0,12	1,61 ± 0,05	2,42 ± 0,03	2,5216 ± 0,12
D	171,60 ± 0,03	0,48 ± 0,02	1,96 ± 0,09	154,2400 ± 0,01
E	225,60 ± 0,12	2,07 ± 0,02	1,70 ± 0,03	3,0080 ± 0,01
F	253,60 ± 0,17	2,41 ± 0,01	4,0 ± 0,03	344,96 ± 0,01
G	326,67 ± 0,01	3,92 ± 0,01	1,62 ± 0,07	5,9712 ± 0,01
H	252,90 ± 0,20	2,1151 ± 0,01	2,80 ± 0,06	3,0400 ± 0,02

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

A turbidez das oito amostras de águas encontra-se de acordo com padrões estabelecidos pelo MS, que o máximo permitido é 5,0 NTU.

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, 2009).

A estimativa da concentração de sólidos totais encontrada na maioria das amostras de Taperoá – PB foram baixas, mas sua influência mesmo que mínima pode causar várias doenças a saúde humana e animal. Na amostra F ( $344,96 \pm 0,01$ ) houve uma maior concentração em relação às outras amostras. O excesso de sólidos totais podem causar vários problemas à saúde humana, como também para indústria, “ocasiona problemas de corrosão de tubulações e o seu consumo pode causar o acúmulo de sais na corrente sanguínea e possibilita a formação de cálculos renais” (CASALI, 2008).

A vigilância da qualidade de água é exigida ações que autorizam a saúde pública para avaliar os riscos que os sistemas de abastecimento apresentam para saúde humana estabelecendo uma linha de prevenção as necessidades de cada ambiente. Ao se tratar de água destinada ao consumo humano, insere-se o conceito de saneamento, que é definido como o conjunto de ações socioeconômicas que objetiva alcançar níveis de salubridade ambiental, por meio de abastecimento de água potável. (FUNASA, 2013).

### **5.1.2 Parâmetros físico-químicos das amostras de águas de Damião – PB.**

De acordo com a tabela 5 as amostras I ( $80 \pm 0,1$ ) e L ( $137 \pm 0,11$ ) apresentam dureza total moderada, e a amostra K ( $417 \pm 0,28$ ) apresenta uma proximidade de dureza maior, considerada muita dura. Segundo a Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, estabelece para o parâmetro de dureza total o teor máximo de até 500 mg/L em termos de  $\text{CaCO}_3$  para a água potável. Já de acordo com a (FUNASA, 2013) a dureza da água em mg/L de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) pode ser caracterizada como: mole ou branda: < 50 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ; dureza moderada: entre 50 mg/L e 150 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ; dura: entre 150 mg/L e 300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ; e muito dura: >300mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .

No que se refere ao pH, verificou uma alteração do pH das amostras J e L com 5,55 e 9,54 respectivamente. De acordo com Garcia e Barber (2008) o pH interfere no processo de coagulação-precipitação durante o processo de tratamento de águas, como por exemplo, na corrosão de tubulações e equipamento, nos constituintes de alcalinidade e acidez da água, na toxicidade de certos compostos e entre outros fatores que interferem na qualidade da água para consumo e/ou uso industrial.

**Tabela 5.** Valores médios e o desvio padrão das amostras de abastecimento de Damião – PB.

Amostras	Dureza / mg.L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>	pH	Condutividade / μS. cm <sup>-1</sup>	Acidez / mg/L CaCO <sub>3</sub>
<b>Valor máximo permitido pelo MS</b>	<b>500</b>	<b>6,5 ≤ pH ≤ 9,5</b>	<b>Não especificado</b>	<b>Não especificado</b>
<b>I</b>	80,00 ± 0,1	7,45 ± 0,01	401,2 ± 0,02	6,0 ± 0,01
<b>J</b>	14,70 ± 0,06	5,55 ± 0,01	42,57 ± 0,01	12,0 ± 0,01
<b>K</b>	417,00 ± 0,28	6,64 ± 0,01	3890 ± 0,12	5,0 ± 0,01
<b>L</b>	137,00 ± 0,11	9,54 ± 0,01	275,4 ± 0,01	-

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

A condutividade elétrica das amostras de Damião-PB apresentou alta concentração variando entre 42,57 a 3890 das amostras J e K respectivamente. Os valores de condutividade refletem a tendência observada com os valores das concentrações de cátions. A condutividade elétrica da água indica a sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions. Quanto maior a concentração iônica da solução, maior e a oportunidade para ação eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica (APHA, 2006).

Na determinação da acidez todas as três amostras apresentaram um teor baixo. Não há uma especificação de acordo com o Ministério da Saúde sobre o máximo permitido para consumo humano. Sendo que esses valores em baixa concentração, a amostra J (12,0 ± 0,01) apresentou maior acidez comparado às outras amostras em estudo.

De acordo com a tabela 6, foram realizados os parâmetros físico-químicos de amostras de água da cidade de Damião, destacando-se a baixa alcalinidade da amostra J (14,7 ± 0,10) comparada com as outras amostras.

**Tabela 6.** Valores médios de Alcalinidade, cloretos, turbidez, e estimativa dos Sólidos totais Dissolvidos de Damião – PB.

Amostras	Alcalinidade / mg.L <sup>1</sup>	Cloretos/mg.L <sup>1</sup>	Turbidez/(NTU)	STD( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )
Valor máximo permitido pelo MS	Não especificado	250	5,0	Não especificado
I	63,60 ± 0,10	0,15 ± 0,52	6,58 ± 0,1	256,768 ± 0,50
J	14,67 ± 0,06	0,14 ± 0,29	0,44 ± 0,1	27,2448 ± 0,30
K	78,94 ± 0,28	0,19 ± 0,1	4,29 ± 0,1	2489,9 ± 0,21
L	76,93 ± 0,11	0,07 ± 0,1	0,18 ± 0,1	176,256 ± 0,12

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

Na condutividade elétrica a Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde para águas de abastecimento não existe uma especificação do máximo permitido pela MS.

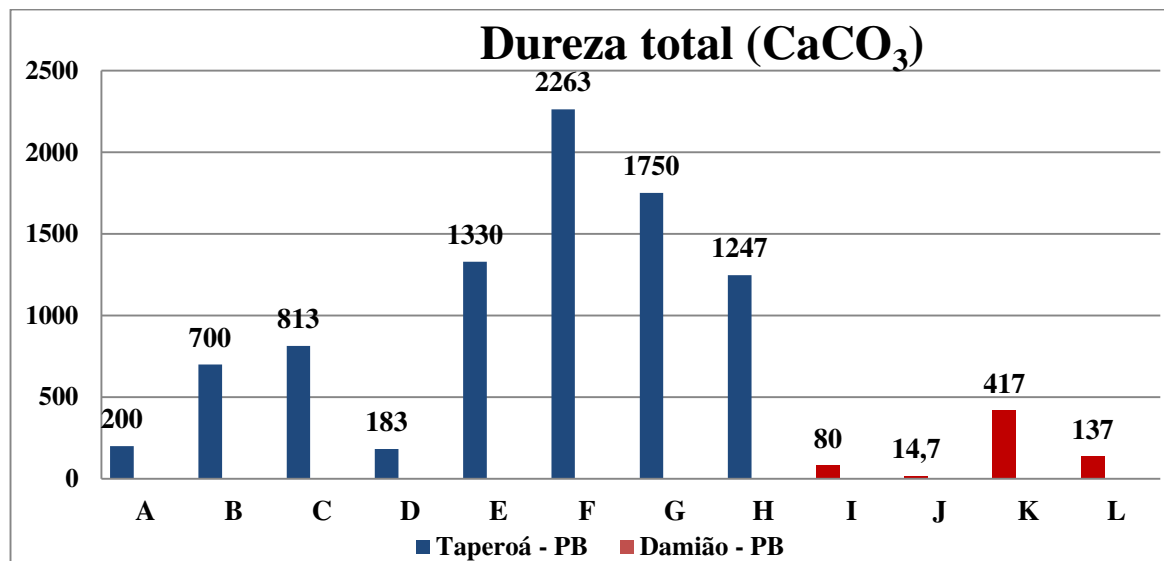
No que diz respeito ao parâmetro de Turbidez, houve aumento na amostra I com 6,58 NTU, onde de acordo com a MS o máximo permitido para consumo é 5,0 NTU. Nas águas de abastecimento a turbidez influencia na presença de partículas onde “a digestão anaeróbia leva a formação de gases metano e carbônico, principalmente, além de nitrogênio gasoso e do gás sulfídrico, que é malcheiroso” (MARQUES et al., 2007).

As amostras que apresentaram maior estimativa de STD foram amostras I, K e L, isso mostra que a maioria apresentou certa quantidade de sólidos totais sendo alto comparado com a estimativa feita a partir da condutividade elétrica.

## 5.2 Dureza total

De acordo com os dados do gráfico 1, a dureza total das cidades de Taperoá – PB e Damião – PB apresentam diferentes concentrações de Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) A dureza é um dos parâmetros essenciais para análise de amostras de água, uma vez que, demonstra as concentrações de Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ). “De acordo a legislação brasileira, há um limite máximo de dureza d’água de 500 mg/L para água potável, e só apenas poucas fontes de água são aptas para consumo humano”. (BRASIL, 2011)

**Gráfico 1.** Valores médios da dureza total de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB e de abastecimento de Damião – PB.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

Nesse estudo mostra-se que há uma grande variedade na dureza d'água em diferentes cidades na Paraíba. As amostras de águas que apresentaram maior concentração de CaCO<sub>3</sub> foram B, C, E, F, G, H. Entretanto, as outras amostras apresentaram valores abaixo do valor permitido pelo Ministério da Saúde.

As águas subterrâneas do município de Taperoá – PB demonstraram alta dureza, sendo que essa característica da água mostra a dificuldade em dissolver (fazer espuma) sabão pelo efeito do Cálcio, magnésio e outros elementos como Ferro, Manganês, Cobre, Bário, etc. Estudo feitos por Watanabe et al., (2000) acerca da qualidade de águas subterrâneas de Taperoá – PB comprovaram variações de dureza total entre 175 a 548 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Em conformidade com Silva et. al., (2018) o município de Nova Palmeira – PB apresenta dureza com variações de 418 a 984 mg/L de CaCO<sub>3</sub> de amostras de águas de subterrâneas. O que indica a necessidade específica em relação ao tratamento de amostras que apresentam alta concentração em relação a esse parâmetro. Segundo Bezerra et al., (2016) As águas de poços de Juazeirinho – PB geralmente apresentam alta dureza entre 550 a 600 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, apresentando-se com água bruta.

Com relação às amostras de água de abastecimento do município de Damião – PB apresentaram baixa dureza total. A amostra J apresentou menor dureza em relação aos outros pontos, no entanto, a amostra K apresentou um resultado aproximado do valor máximo permitido pelo Ministério da Saúde. A origem da dureza das águas pode ser natural (por

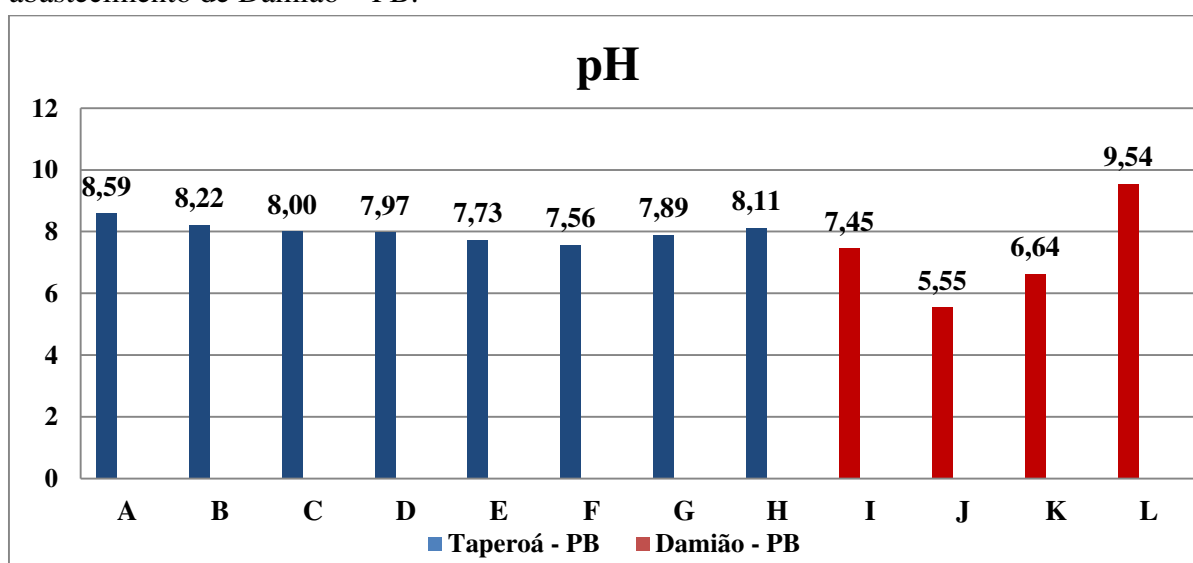
exemplo, dissolução de rochas calcárias, ricas em cálcio e magnésio) ou antropogênica (lançamento de efluentes industriais). (FUNASA, 2014) A dureza alta pode causar incrustações nas tubulações usadas tanto para abastecimento de água, quanto para irrigação (AGRAWAL e JAGETAI, 1997).

### 5.3 pH

O pH pode ser considerado a concentração do íon hidrogênio de uma solução. Esta análise é importante no estudo de águas, pois identifica os níveis que indicam ou não a qualidade da amostra, neste caso, das águas. (FUNASA, 2013) As variações de pH podem ter origem natural através da dissolução de rochas e fotossíntese ou antropogênica através dos despejos domésticos e industriais. Baixos valores de pH podem favorecer em águas de abastecimento a sua corrosividade e agressividade, ao passo que valores elevados favorecem a possibilidade de incrustações. (FUNASA, 2014) O problema em relação à variação de pH poderá causar problemas industriais como o rompimento de tubulações, conseqüentemente, poderá causar danos a saúde humana.

Segundo Galdino (2009) a determinação do pH é uma das mais comuns e importantes no contexto da química da água. No campo do abastecimento de água o pH intervém na coagulação química, no controle da corrosão, no abrandamento e na desinfecção.

**Gráfico 2.** Valores médios de pH de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB e de abastecimento de Damião – PB.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.



De acordo com gráfico 2 houve variações de pH nas diferentes cidades da Paraíba. No município de Taperoá – PB as amostras A, B, C, D, E, F, G e H estão entre os valores exigidos pelo ministério da saúde. Segundo a Portaria N° 2.914/2011 os valores estão entre os padrões, que são entre  $6,5 \leq \text{pH} \leq 9,5$ . (BRASIL, 2011) No que diz respeito ao município de Damião – PB houve valores abaixo do permitido, na amostra J e L o pH variou de 5,55 a 9,54 respectivamente. O que evidencia a necessidade de controle e qualidade da água que é consumida pela sociedade, pois, as alterações podem causar danos a sociedades. A acidificação das águas pode ser também um fenômeno derivado da poluição atmosférica, mediante complexação de gases poluentes com o vapor d'água, provocando o predomínio de precipitações. (FUNASA, 2014)

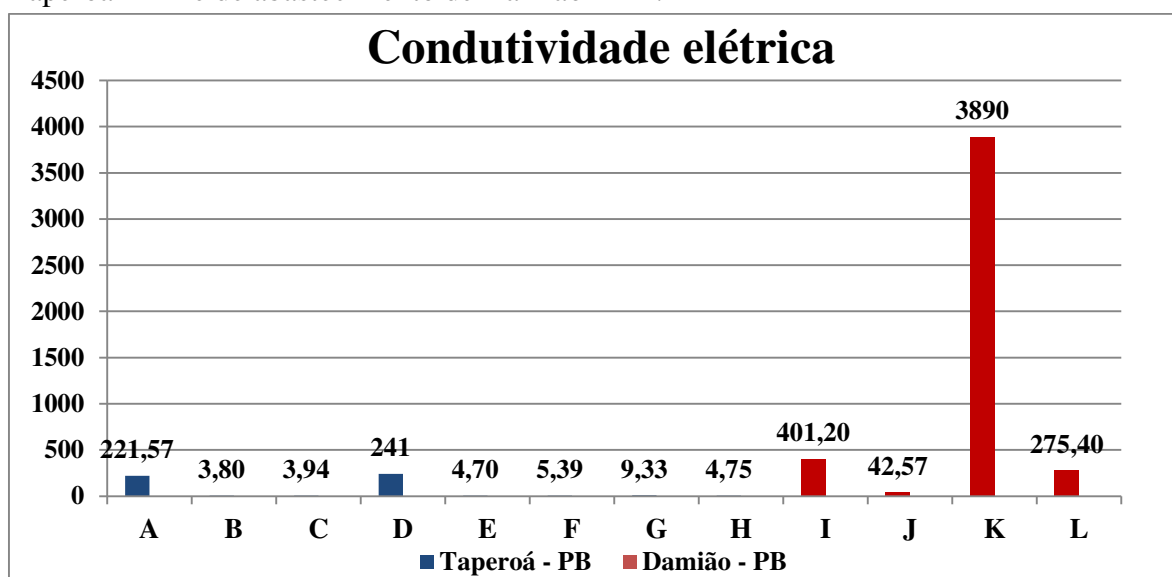
Estudos realizados por Silva; Medeiros; Medeiros; (2017), o pH variou entre 7,70 e 7,90 de amostras de águas de poços subterrâneos do município de Taperoá-PB. Segundo Silva et al., (2018) em Nova Palmeira – PB o pH de águas de abastecimento variou entre 7,84 a 8,52. Em conformidade com Castro et al. (2014) encontrou valores de 3,75 e 5,42 em poços na cidade de Barcarena – Pará, valores esses, bem abaixo do encontrado nesse estudo. De acordo com Bernardo; Larissa; Brasil; (2016) as águas de abastecimento de Parnamirin - RN obtiveram valor mínimo 4,89 e Máximo de 7,67, média de 5,60. Apenas 19% das amostras atenderam o recomendado pela legislação, porém os valores encontrados não apresentam risco potencial à saúde humana, mas condições muito acidas ou básicas de pH podem vir a danificar as tubulações da rede de abastecimento.

#### **5.4 Condutividade elétrica**

A condutividade elétrica da água indica a sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions. (FUNASA, 2014). A condutividade elétrica da água deve ser expressa em unidades de resistência (mS ou S) por unidade de comprimento (geralmente cm ou m) mas atualmente é recomendável a utilização da unidade  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

De acordo com o gráfico 3 foram apresentados valores médios de condutividade elétrica em relação aos municípios de Taperoá – PB e Damião – PB. As amostras apresentaram diferentes condutividades, como por exemplo, A, D, I, K e L apresentaram valores altos, 221, 57; 241; 401,20; 3890; e 275,40  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Os valores que ficaram baixos foram B, C, E, F, G, H e J com variações entre 3,80 - 42,57  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Nesse caso, as águas de abastecimento apresentaram uma alta condutividade elétrica em relação as águas subterrâneas.

**Gráfico 3.** Valores médios de condutividade elétrica de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB e de abastecimento de Damião – PB.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

Segundo Nóbrega et al. (2015) as águas de abastecimento do município de Domingos – PB apresentaram um valor alto de condutividade elétrica, de 249; 319; 363  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Em conformidade Medeiros Filho et al. (2017) os valores de condutividade elétrica de águas subterrâneas de Sossego – PB foram de 7,57 – 4,63  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  e em Cuité – PB 0,107 - 2,78  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ . No que diz respeito aos estudos feitos por Paula et al., (2017) as amostras de águas de irrigação localizado no município de Jundiá-RN variaram entre 141,1 a 360  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Enquanto que as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . (FUNASA, 2014).

Em conformidade com Silva; Medeiros; Medeiros; (2017), os valores de condutividade no município de Taperoá-PB revelam os sais totais presentes na água. Nas amostras de água de poço a condutividade elétrica variou entre 3,67 a 6,41  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , considerando-as como águas salobras.

## 5.5 Alcalinidade

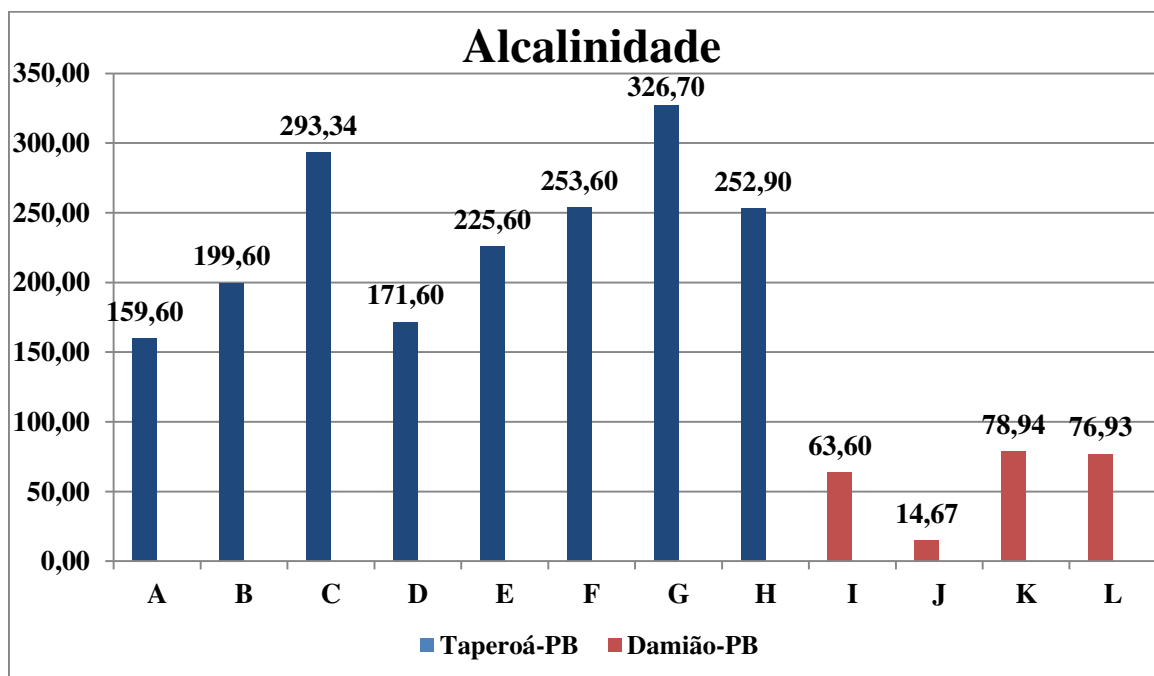
A alcalinidade é causada por sais alcalinos, principalmente de sódio e cálcio, e mede a capacidade da água em neutralizar os ácidos. Os diversos tipos de alcalinidade dependem do

valor do pH, composição mineral, temperatura e força iônica. (FUNASA, 2014). Diante da necessidade de analisar a alcalinidade presente em amostras de água, os valores podem variar e conseqüentemente gerar danos a indústria e ao ser humano em relação às características físicas presentes na água.

Baixos valores de alcalinidade podem dificultar a saturação da água pelo carbonato de cálcio –  $\text{CaCO}_3$ , o qual previne a corrosão nas partes metálicas do sistema de abastecimento. Numa água, a alcalinidade raramente excede a 400 ou 500 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ . Na água de consumo humano, a alcalinidade, em concentrações moderadas, não possui nenhum significado sanitário. Contudo, em níveis elevados, pode ocasionar sabor desagradável. (FUNASA, 2014)

Com relação ao gráfico 4 os valores médios de alcalinidade em diferentes cidades da Paraíba apresentaram diferentes concentrações. Entre 159,60 mg/L a 326,70 mg/L na cidade de Taperoá – PB. E no município de Damião – PB variaram entre 14,67 a 78,94 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  apresentando valores menores comparados a região do Cariri, especificamente, de Taperoá – PB.

**Gráfico 4.** Valores médios de alcalinidade de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB e de abastecimento de Damião – PB.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

A alcalinidade de uma amostra de água é a sua capacidade quantitativa de neutralizar um ácido forte até um determinado pH (REIS, 2011). Uma água que possui alta alcalinidade apresenta valores acima de  $2000\text{mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ . Uma água que possui baixa alcalinidade apresenta valores abaixo de  $20\text{mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$  (COLOMBO, 2013).

Não há especificações na legislação brasileira estabelecendo os limites de alcalinidade em água (BRASIL, 2013). A maioria das águas naturais apresenta valores de alcalinidade na faixa de 30 a  $500\text{mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ , sendo essa expressa em miligramas de  $\text{CaCO}_3$  por litro de água (REIS, 2011).

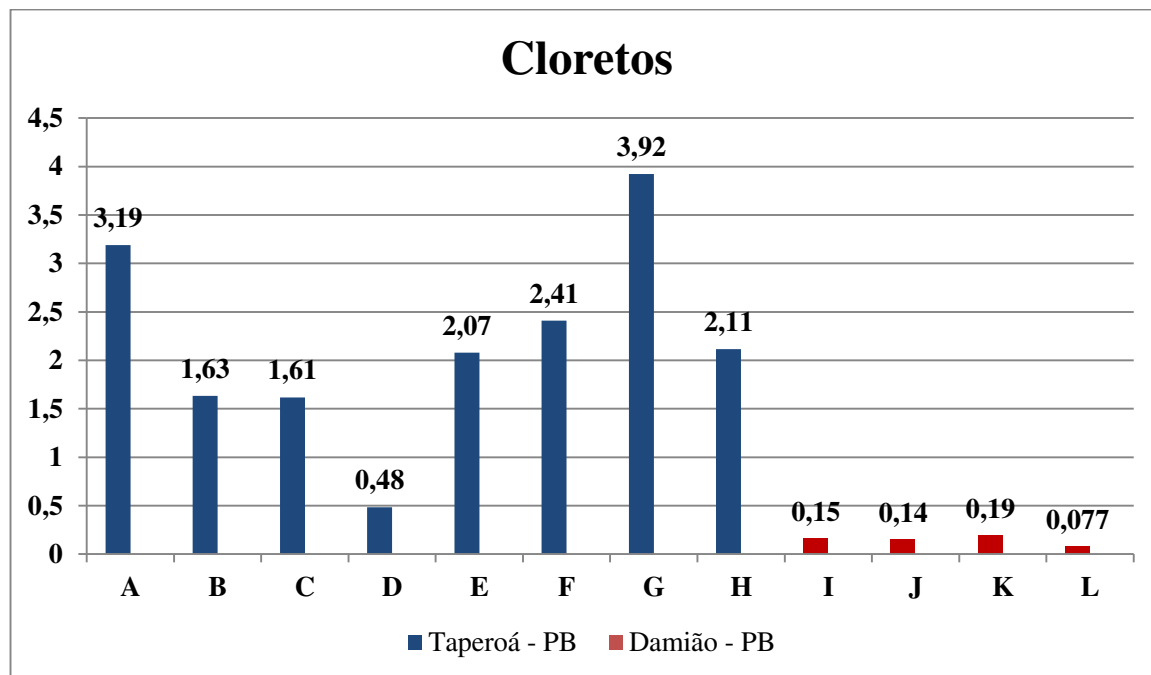
De acordo com Silva et al. (2014) no município de Camboriú – SC apresentou uma alcalinidade com 19 -  $28\text{mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ . Já os valores de alcalinidade segundo Melo et al. (2011) apresentou valores diferentes, no município de Cuité – PB as águas de abastecimento mostraram a concentração de  $\text{CaCO}_3$  entre 140-182,6 mg/L. Estudos feito por Piratoba et al. (2017) em amostras de águas de poços de Barcarena - PA a alcalinidade apresentou-se baixa com variações entre 16,36 e 18,51 mg/L.

## 5.6 Cloretos

Os cloretos estão distribuídos na natureza geralmente na forma de sais de sódio (NaCl), de potássio (KCl), e sais de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ). A maior quantidade desses sais está presente nos oceanos. (FUNASA, 2014). Altas concentrações do íon cloreto na água podem ocasionar restrições ao seu uso pelo sabor que confere à mesma e pelo efeito laxativo que causam naqueles indivíduos que estavam acostumados a baixas concentrações. FUNASA, 2014).

O estudo sobre a determinação de cloretos em diferentes cidades da Paraíba constatou baixa concentração de cloretos em diferentes amostras de águas. Nos pontos D, I, J, K e L obtiveram uma pequena variação com (0,4844 mg/L), (0,1595 mg/L), (0,1489 mg/L), (0,1914 mg/L) e (0,07799 mg/L) respectivamente. Os dados mostram que o valor permitido pelo Ministério da Saúde segundo a portaria 2.914/11 é 250 mg/L. Logo todas as amostras apresentaram valores abaixo do volume permitido.

**Gráfico 5.** Valores médios de cloretos de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB e de abastecimento de Damião – PB.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

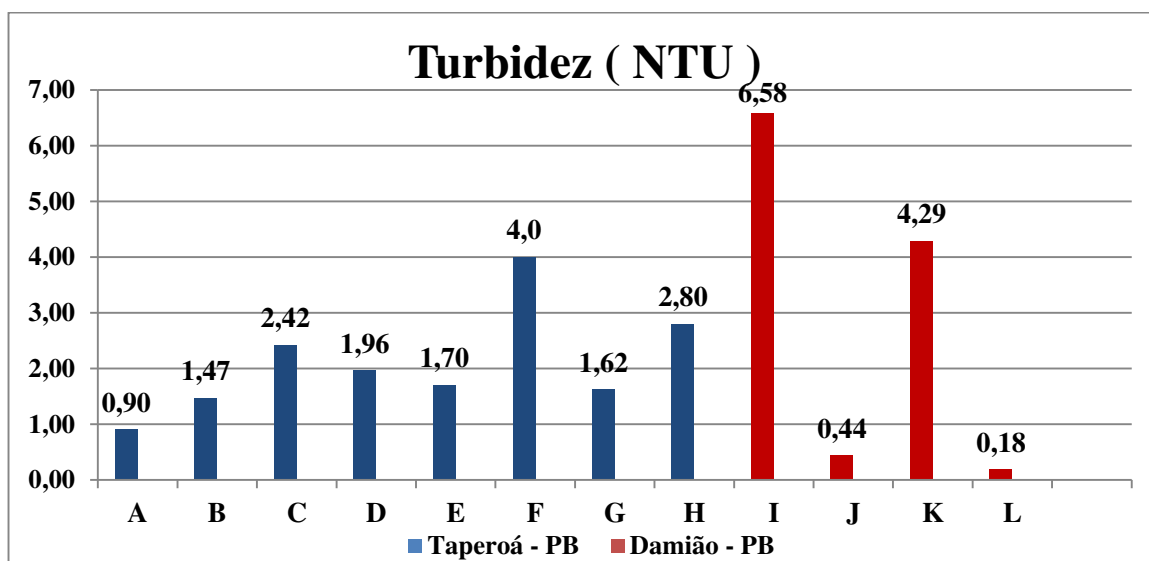
Em conformidade com Loiola et al. (2012) as águas subterrâneas de Cratêus – CE apresentaram valores abaixo do volume permitido pelo MS, tanto para zona urbana como rural, entre 53,44 mg/L a 160,18 mg/L. Em consonância com Silva (2003) as concentrações de cloretos em águas de poços obtiveram valores de 2,0 mg/L , 12mg/L e 15 mg/L de cloretos. Já os valores Souza et al. (2015) do Goytajazes – RJ em comunidades de águas de abastecimento apresentam valores bem abaixo do volume permitido pelo MS com valores de 8,06; 8,64; e 9,76 mg/L de cloretos. Segundo Fernandes et al. (2004) na Chapada do Apodi – CE as águas subterrâneas apresentaram valores acima do MS, consideradas inapropriadas para consumo humano. 219,4mg/L ; 403,7 mg/L; 457,3 mg/L; em área irrigada para agricultura.

## 5.7 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 da presença de material em suspensão, a unidade é expressa em NTU. De acordo com Galdino (2009) os valores elevados de turbidez podem prejudicar:

o processo de desinfecção no tratamento da água, em razão de se constituir em proteção aos microrganismos patogênicos, dificultando o seu contato com o desinfetante aplicado. Na água filtrada, a turbidez assume a função de indicador sanitário e não, meramente estético. A remoção da turbidez mediante filtração indica a remoção de partículas em suspensão, incluindo cistos e oocistos de protozoários.

**Gráfico 6.** Valores médios de turbidez de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB e de abastecimento de Damião – PB.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

De acordo com gráfico 6 a turbidez foi verificada e apenas a amostra I com (6,58 NTU) apresentou alteração em relação as outras amostras. Já as amostras F e K se aproximaram do valor máximo permitido pelo ministério da saúde, com (4,0 NTU) e (4,29 NTU) respectivamente. No entanto, as amostras A, B, C, D, E, G, H, J e L estão bem abaixo que de acordo com a portaria 2.914 do MS considera-se até 5,0 NTU o máximo para consumo humano. Considerando que apenas o município de Damião – PB apresentou valor alto de turbidez.

A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece que o Valor Máximo Permitido é de 1,0 NTU para água subterrânea desinfetada e água filtrada após tratamento completo ou filtração direta, e 5,0 NTU como padrão de aceitação para consumo humano. Para água resultante de filtração lenta o Valor Máximo Permitido é 2,0 NTU.

Segundo Bernardo; Larissa; Brasil, (2016) a turbidez apresentou variações de 0,39 a 0,82 NTU em Parnamirin – RN. Já em dados apresentados por Oliveira et al., (2016) os valores variaram entre 0,71 a 33,34 NTU em poços analisados em comunidades rurais de São Luís – MA. Em conformidade com Nunes; Simões; Oliveira, (2011) as amostras de águas de poços localizado no município de Goytacazes – RJ variam entre 0,25 a 20,0 NTU.

### **5.8 Estimativa de sólidos totais dissolvidos**

Os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-na num eletrólito capaz de conduzir corrente elétrica. Como há uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica, pode-se estimar o teor de sais pela medida de condutividade de uma água em uma dada temperatura (CPRM, 2011).

A Resolução CONAMA nº 396 de 2008 estabelece para este parâmetro limites máximos de concentração de 1.000 mg L<sup>-1</sup> em águas destinadas ao consumo humano.

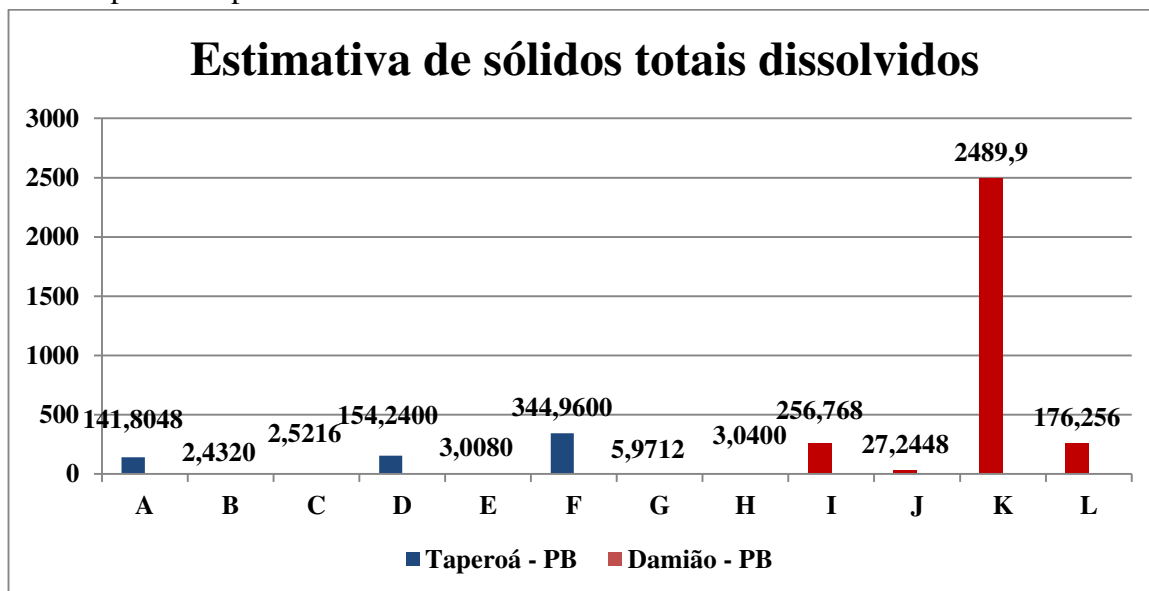
Na maioria das águas subterrâneas naturais, a Condutividade Elétrica (CE) da água multiplicada por um fator, que varia entre 0,55 e 0,75, gera um valor estimativo dos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) (CPRM, 2011). Para este trabalho adotou-se o valor de 0,68 pois é o fator médio para se obter o teor de STD a partir do valor da condutividade elétrica, além de ser o critério adotados em outros estudos similares.

De acordo com o gráfico 7 foram estimados os sólidos totais dissolvidos das diferentes cidades da Paraíba. As amostras de águas de abastecimento do município de Damião apresentaram diferentes concentrações nos pontos I, K e L 256,768; 2489,9 e 176,256 mg/L respectivamente. Considerando que o Ministério da Saúde estabelece o valor máximo de 1000 mg/L de SDT para água de consumo humano. (BRASIL, 2011) A amostra K ultrapassaria esse limite, tornando-se inviável para uso e consumo da sociedade. Com relação ao município de Taperoá – PB as amostras A, D e F com concentrações de 141,804; 154,20; e 344,90 mostrou-se alta em relação as águas subterrâneas.

A presença de sólidos na água é comentada neste tópico relativo aos parâmetros físicos, muito embora os sólidos possam, também, estar associados a características químicas ou biológicas. Os sólidos presentes na água podem estar distribuídos da seguinte forma: em suspensão (sedimentáveis e não sedimentáveis) e dissolvidos (voláteis e fixos). Sólidos em suspensão podem ser definidos como as partículas passíveis de retenção por processos de filtração. Sólidos dissolvidos são

constituídos por partículas de diâmetro inferior a  $10^{-3}$   $\mu\text{m}$  e que permanecem em solução mesmo após a filtração. (FUNASA, 2014)

**Gráfico 7.** Valores médios da estimativa de sólidos totais dissolvidos de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB e de abastecimento de Damião – PB.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

Em relação à literatura Campos (2015) em Medianeira – PR destaca os sólidos totais dissolvidos de 217,8 mg/L; 394,6 mg/L cuja concentrações foram consideradas as maiores de águas subterrâneas. Farias; Farias; Dantas Neto; (2016) analisaram em períodos distintos os teores de STD em poços de Boa Vista – PB que variam de 500 a 1500 mg/L. Aguiar e Gomes (2004), em Luís Correia – PI identificou-se que 45,3% de águas subterrâneas da região apresentam água doce ( $\text{STD} < 500\text{mg/L}$ ), enquanto que 36,3% e 18,4% apresentando águas salobras ( $500\text{mg/L} < \text{STD} < 1500 \text{mg/L}$ ) e salinas ( $\text{STD} > 1500\text{mg/L}$ ), respectivamente. Nobre et al. (2009) no município de Santa Rosa – PI identificaram que as águas subterrâneas do município apresentam teores de STD abaixo dos 460 mg/L.

## 5.9 Acidez

A acidez, em contraposição à alcalinidade, mede a capacidade da água em resistir às mudanças de pH causadas pelas bases. Ela decorre, fundamentalmente, da presença de gás carbônico livre na água. (FUNASA, 2014)

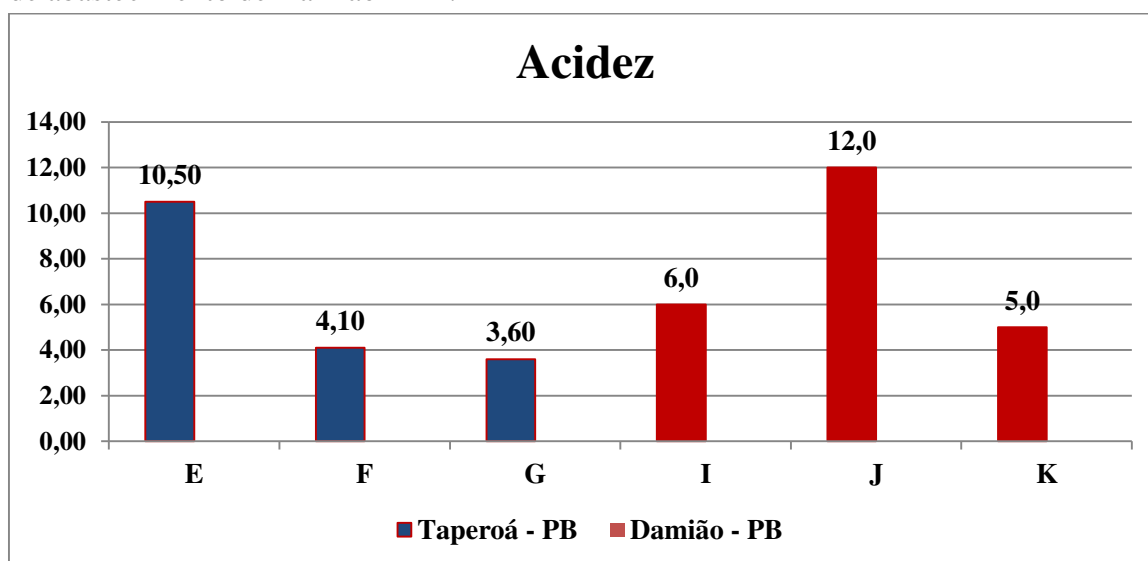


A importância da determinação de acidez em águas se prende ao fato de variação brusca podendo ser caracterizado por algum resíduo industrial. As águas com características ácidas apresentam paladar desagradável, sendo aconselhável a sua não utilização em águas de abastecimento doméstico.

De maneira semelhante à alcalinidade, a distribuição das formas de acidez também é função do pH da água: pH > 8,2 – CO<sub>2</sub> livre ausente; pH entre 4,5 e 8,2 – acidez carbônica; pH < 4,5 – acidez por ácidos minerais fortes, geralmente resultantes de despejos industriais. (FUNASA, 2014)

De acordo com o gráfico 8 a acidez foi determinada utilizando apenas três amostras de cada cidade da Paraíba que apresentaram valores abaixo de pH = 8 de acordo com a literatura. Durante as análises foram consideradas apenas três pontos das amostras entre os municípios distintos.

**Gráfico 8.** Valores médios de Acidez de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB e de abastecimento de Damião – PB.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

Com relação aos valores de acidez apresentados no gráfico 8, a concentração foi variadas em amostras de águas subterrâneas e de abastecimento dos municípios da Paraíba. As amostras de Damião – PB apresentaram valores maiores de acidez comparado com Taperoá – PB, considerando que a amostra J se caracterizou como a maior concentração em mg/L CaCO<sub>3</sub>. O dióxido de carbono em contato com os tubos de fibrocimento reagirá,

produzindo carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) o qual é insolúvel em água e contribui para a corrosão de estruturas metálicas e de materiais a base de cimento de sistemas de abastecimento de águas. Segundo NETO (2013) as águas de abastecimento do alto do sertão – PE apresentou acidez de 11, 12 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .

### 5.10 Fotômetro de chama

A espectroscopia atômica baseia-se em métodos de análise de elementos de uma amostra, geralmente líquida, que é introduzida em uma chama, na qual ocorrem fenômenos físicos e químicos, como evaporação, vaporização e atomização. O fotômetro de chama pode ser definido como um equipamento que mede a absorção/transmissão de radiação de soluções que contém as espécies absorventes.

De acordo com a tabela 7, foram analisadas as concentrações de Sódio e Potássio de amostras de águas subterrâneas do município de Taperoá - PB com intuito de verificar a concentração de outros cátions dissolvidos em águas.

**Tabela 7.** Determinação das concentrações de Sódio e Potássio em amostras de águas do município de Taperoá – PB.

Amostras	Na <sup>+</sup> (ppm)	K <sup>+</sup> (ppm)
A	32,10 ± 1,05	28,36 ± 0,38
B	804,2 ± 35,19	30,4 ± 0,11
C	905,0 ± 9,13	23,6 ± 0,25
D	33,16 ± 0,28	31,08 ± 4,43
E	778,6 ± 10,97	36,4 ± 0,35
F	690,8 ± 5,25	90,8 ± 0,13
G	1407,0 ± 7,96	39,2 ± 0,19
H	727,2 ± 5,21	13,34 ± 0,23

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

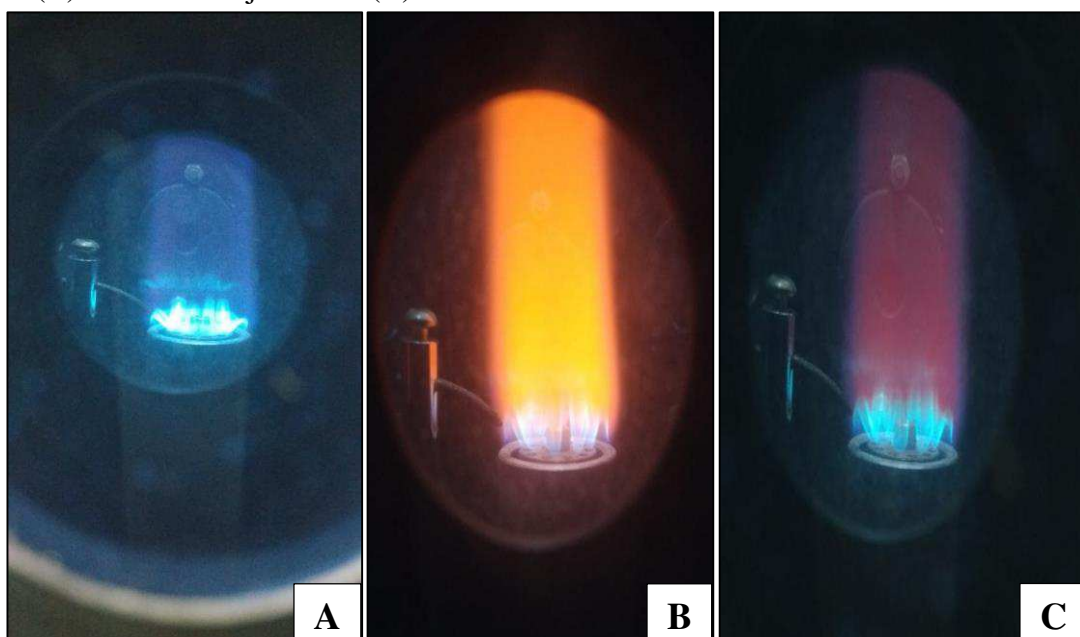
Com relação à tabela 7 as amostras apresentaram diferentes concentrações de Sódio e Potássio no fotômetro de chama. Todas as amostras apresentaram alto teor de Sódio e baixa concentração de Potássio.

Em conformidade com Medeiros Filho e Velardez, (2017) as determinações de Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> no fotômetro de chama de águas de poços em diferentes cidades do Curimataú

Paraibano, nas cidades de Cuité e Sossego variando  $|\text{Na}^+| = 2100 \pm 24$  ppm e  $|\text{K}^+| = 60 \pm 1$  ppm em águas de poços de Cuité no poço II, as concentrações de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  são  $47 \pm 1$  e  $14,7 \pm 0,3$  ppm respectivamente como também altas concentrações de  $\text{Na}^+$  ( $7478 \pm 67$  e  $2150 \pm 21$  ppm respectivamente). As concentrações de  $\text{K}^+$  dessas amostras são  $676 \pm 21$  e  $218 \pm 2$  ppm respectivamente. As amostras de Cuité-PB têm menores concentrações de cátions que as do Sossego - PB. As concentrações de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  seguem a mesma tendência. No poço I,  $|\text{Na}^+| = 2100 \pm 24$  ppm e  $|\text{K}^+| = 60 \pm 1$  ppm. Essas diferenças podem estar associadas aos tipos de minerais no solo das respectivas águas.

Estudos feitos no fotômetro de chama anteriormente por Silva; Medeiros; Medeiros; (2017) do município de Taperoá - PB em amostras de águas subterrâneas, destacam valores de sódio com concentrações altas, que variaram de 472 e  $1.145 \text{ mg/L}^{-1}$ , respectivamente, considerado fora do padrão do Ministério da Saúde (2011), onde o valor máximo permitido é de 200 mg/L. Já em relação as concentrações de Potássio os valores variaram entre 5,85 e  $14,04 \text{ mg/L}^{-1}$ . De acordo com o Manual de Procedimentos de Amostragem e Análise Físico-Química da Água de Parron e colaboradores. (EMBRAPA, p.13, 2011) altas concentrações do sódio podem causar distúrbios na saúde dos hipertensos, destacando ainda que provavelmente o sódio na água considerada potável não deve ultrapassar esses valores estabelecidos pelo MS.

**Figura 13.** Chama específica no fotômetro de chama. (A) Branco com água destilada. (B) Chama laranja Sódio. (C) Chama violeta Potássio.



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

## 5.11 Caracterização das amostras de águas após o tratamento com o adsorvente

### 5.11.1 Adsorvente natural

O adsorvente natural (cortiça) foi testado por meio de filtração para avaliar a eficiência da adsorção de amostras de águas subterrâneas do município de Taperoá – PB. A técnica se mostrou promissora na redução da dureza total e o pH foi mantido constante durante as análises.

Na determinação da dureza total a cortiça se mostrou promissora no que diz respeito a sua redução e tratamento de águas subterrâneas. Foi analisado as amostras A, B, C e D com grãos menores e E, F, G e H com grãos maiores. No que diz respeito a sua eficiência, os grãos menores apresentaram uma redução maior na dureza total.

**Tabela 8.** Valores de Dureza total e pH antes e após adsorção da cortiça (filtração). Granulometria de cortiça média e diâmetro 250  $\mu\text{m}$ .

Análises	Dureza total mg/L $\text{CaCO}_3$		pH	
	A	B	A	B
<b>Amostras</b>				
<b>Antes do tratamento</b>	200 $\pm$ 0,11	700 $\pm$ 0,22	8,59 $\pm$ 0,017	8,22 $\pm$ 0,002
<b>Após o tratamento</b>	90 $\pm$ 0,10	160 $\pm$ 0,20	8,16 $\pm$ 0,10	7,33 $\pm$ 0,20
	C	D	C	D
<b>Antes do tratamento</b>	813 $\pm$ 0,10	183 $\pm$ 0,22	8,0 $\pm$ 0,03	7,97 $\pm$ 0,04
<b>Após o tratamento</b>	60 $\pm$ 0,10	80 $\pm$ 0,20	8,03 $\pm$ 0,01	7,45 $\pm$ 0,01

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

De acordo com a tabela 8 as amostras apresentaram variações de pH após adsorção da cortiça. Isto implica, que houve variações de pH da amostra que não ultrapassaram os

valores permitidos pelo ministério da saúde, segundo a portaria Nº 2.914/11. Esses valores demonstraram que o pH foi mantido, no entanto, apenas as amostras E e J houveram aumento do pH tornando-as menos ácidas em amostras que apresentam pH ácido.

De acordo com os dados da tabela 6 a cortiça se mostrou promissora em relação à redução da dureza total nas amostras de águas subterrâneas no município de Taperoá – PB. As amostras B e C sofreram maior diminuição na concentração de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). A técnica utilizada foi uma filtração simples com o adsorvente natural (cortiça) com granulometria de cortiça média e diâmetro 250  $\mu\text{m}$ .

Segundo Monteiro (2013) como material de custo reduzido, a cortiça tem sido estudada como potencial biossorvente, existindo na literatura alguns estudos sobre a sua capacidade de remoção de diversos metais como Cádmio, Chumbo, Cobre, Crômio, Mercúrio, Níquel e Zinco de águas sintéticas. Em especial para o mercúrio, devido às crescentes limitações na sua emissão, existem alguns estudos sobre a capacidade da cortiça proveniente de rolhas usadas, para a remoção de metais de misturas e de águas reais fortificadas (Oliveira, 2011 e Nogueira, 2011), avaliando o potencial deste resíduo na área da remediação ambiental. Esses processos permitiram a redução dos metais que essas águas apresentavam em sua constituição, conseqüentemente, eram descartadas. Já com a utilização de adsorvente sejam eles, naturais ou sintéticos, há uma maior redução dos poluentes nas amostras de águas, para melhor reutilização e tratamento especificado no processo de adsorção.

**Tabela 9.** Valores de Dureza total e pH antes e após adsorção da cortiça (filtração) com Granulometria de cortiça muito grossa e diâmetro de 1mm.

Análises	Dureza total mg/L $\text{CaCO}_3$		pH	
	E	F	E	F
<b>Parâmetros analisados</b>				
<b>Antes do tratamento</b>	1330 $\pm$ 0,29	2263 $\pm$ 0,10	7,73 $\pm$ 0,08	7,56 $\pm$ 0,01
<b>Após o tratamento</b>	1050 $\pm$ 0,12	2000 $\pm$ 0,17	8,07 $\pm$ 0,01	7,45 $\pm$ 0,01
	G	H	G	H
<b>Antes do tratamento</b>	1750 $\pm$ 0,20	1247 $\pm$ 0,11	7,89 $\pm$ 0,005	8,11 $\pm$ 0,01
<b>Após o tratamento</b>	1450 $\pm$ 0,15	1040 $\pm$ 0,11	7,72 $\pm$ 0,01	7,55 $\pm$ 0,01

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

Com relação à tabela 9 a dureza total apresentou pouca redução a partir de grandes concentrações de Carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Isto se deu, pelo fato da granulometria da cortiça muito grossa. Os contatos durante a filtração e agitação magnética da cortiça com as amostras de águas subterrâneas foram às mesmas para todas as amostras de Taperoá – PB. O tamanho da granulometria influenciou durante adsorção, quanto menor o granulado melhor a interação do adsorvente com a referida matriz, contribuindo para uma redução significativa.

Esse estudo demonstrou-se que a área superficial da cortiça influencia o processo de adsorção, como também o diâmetro do grânulo, que em diferentes diâmetros apresentou-se uma redução diferenciada na dureza total. Quanto menor o diâmetro do grânulo da cortiça melhor adsorção das amostras de águas.

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

**Tabela 10.** Valores de dureza total e pH antes e após adsorção da cortiça (cromatografia em coluna) com granulometria de cortiça média e diâmetro de 250  $\mu\text{m}$ .

<b>Análises</b>	<b>Dureza total mg/L <math>\text{CaCO}_3</math></b>		<b>pH</b>	
<b>Parâmetros analisados</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>I</b>	<b>J</b>
<b>Antes do tratamento</b>	80 $\pm$ 0,10	14,17 $\pm$ 0,06	7,45 $\pm$ 0,01	5,55 $\pm$ 0,01
<b>Após o tratamento</b>	14,3 $\pm$ 0,12	14,15 $\pm$ 0,13	6,87 $\pm$ 0,01	5,51 $\pm$ 0,01
	<b>K</b>	<b>L</b>	<b>K</b>	<b>L</b>
<b>Antes do tratamento</b>	417 $\pm$ 0,28	137 $\pm$ 0,06	6,64 $\pm$ 0,01	9,54 $\pm$ 0,01
<b>Após o tratamento</b>	130 $\pm$ 0,85	76,66 $\pm$ 0,19	6,75 $\pm$ 0,01	7,21 $\pm$ 0,01

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

As análises por cromatografia em coluna mostraram pouquíssima redução da dureza total de amostras de águas de abastecimento do município de Damião – PB. As amostras K e L apresentaram uma menor diminuição após adsorção da cortiça comparado as outras amostras anteriormente destacadas.

Essa técnica mostrou-se não tão eficiente como a filtração, porque apesar de utilizar o mesmo adsorvente natural (cortiça), a cromatografia apresentou-se alguns obstáculos durante o processo de análise. O material apresentou-se baixa densidade, várias fases estacionárias.

De acordo com os dados da pesquisa, Domingues (2005) afirma que efetuou alguns parâmetros em granulados de cortiça, de forma a caracterizá-lo quanto a suas potencialidades como adsorvente e se houver uma etapa de tratamento biológico como acontece nas estações de tratamento de águas é possível dizer que o pH terá um valor próximo da neutralidade.

Em seguida, foi verificado o comportamento da cortiça após adsorção nos parâmetros de condutividade elétrica e alcalinidade. A tabela 11 destaca o antes e após o tratamento da referida matriz.

**Tabela 11.** Valores de condutividade elétrica e alcalinidade pós-cortiça com granulometria de cortiça média com diâmetro de 250 $\mu$ m.

Análises	Condutividade elétrica $\mu$ S/cm <sup>-1</sup>		Alcalinidade mg/L	
	A	B	C	D
<b>Parâmetros analisados</b>				
<b>Antes do tratamento</b>	221,57 $\pm$ 2,10	3,80 $\pm$ 0,01	159,60 $\pm$ 0,11	199,60 $\pm$ 0,17
<b>Após o tratamento</b>	216,6 $\pm$ 2,15	3,78 $\pm$ 0,25	99,60 $\pm$ 0,18	86,60 $\pm$ 0,20
	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Antes do tratamento</b>	3,94 $\pm$ 0,12	241,00 $\pm$ 1,0	293,34 $\pm$ 0,12	171,60 $\pm$ 0,04
<b>Após o tratamento</b>	3,93 $\pm$ 0,15	224,4 $\pm$ 0,37	166,20 $\pm$ 0,01	152,80 $\pm$ 0,01

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

Os valores de condutividade elétrica e alcalinidade antes e pós adsorção utilizando a cortiça mostraram que em altas concentrações ocorre uma pequena diminuição. Os valores

baixos de condutividade elétrica e alcalinidade pouco variaram em baixas concentrações comparados com o antes e após o tratamento.

Isso mostra que a cortiça se mostrou eficiente para diminuição de amostras de águas com altas concentrações, mesmo com pouca variação, houve redução de cátions e ânions nas águas subterrâneas do município de Taperoá - PB.

De acordo com a tabela 12 as amostras apresentaram uma baixa redução da condutividade elétrica. A amostra E apresentou uma melhor redução comparada à amostra F com pouca diminuição do referido parâmetro. Já a alcalinidade apresentou uma redução significativa nas duas amostras analisadas, constatando que a cortiça foi eficiente na redução da alcalinidade.

**Tabela 12.** Valores de condutividade elétrica e alcalinidade pós-cortiça com granulometria cortiça muito grossa e diâmetro de 1mm.

<b>Análises</b>	<b>Condutividade elétrica <math>\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}</math></b>		<b>Alcalinidade mg/L</b>	
	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
<b>Parâmetros analisados</b>				
<b>Antes do tratamento</b>	241,57 $\pm$ 2,10	4,70 $\pm$ 0,12	225,60 $\pm$ 0,18	253,60 $\pm$ 0,27
<b>Após o tratamento</b>	216,6 $\pm$ 2,15	3,78 $\pm$ 0,25	199,60 $\pm$ 0,28	153,00 $\pm$ 0,21
	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>G</b>	<b>H</b>
<b>Antes do tratamento</b>	9,33 $\pm$ 0,01	4,75 $\pm$ 1,2	326,67 $\pm$ 0,01	252,90 $\pm$ 0,05
<b>Após o tratamento</b>	9,86 $\pm$ 0,15	4,73 $\pm$ 0,37	226,30 $\pm$ 0,01	227,70 $\pm$ 0,01

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

A tabela 13 mostra os valores antes e pós o tratamento com a cortiça das águas subterrâneas de Taperoá-PB. Em relação às concentrações de Sódio e Potássio. Em concentrações baixas de  $\text{CaCO}_3$  de amostras de água ocorrem pouca variação de  $|\text{Na}^+|$  e em altas concentrações de  $\text{CaCO}_3$  ocorre um aumento da mesma na amostra após adsorção utilizando o adsorvente natural (cortiça).



A cortiça se mostrou eficaz na redução da condutividade elétrica nas amostras I e J, tendo em vista o antes e o pós-tratamento utilizando a cortiça. A alcalinidade também houve uma diminuição referente às amostras já citadas.

De acordo com Mestre e Carvalho (2011), derivados de cortiça estão atualmente em estudo para projetos piloto de tratamento de águas. Apesar de os aglomerados serem produzidos a partir de cortiça que não utilizável para a produção de rolhas, os grânulos podem vir a ser obtidos a partir de reciclagem em grande escala de rolhas após tratamento adequado.

**Tabela 13.** Valores de condutividade elétrica e alcalinidade pós-cortiça de Damião/PB com granulometria de cortiça média e diâmetro de 250  $\mu\text{m}$ .

Análises	Condutividade elétrica $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$		Alcalinidade $\text{mg}/\text{L}$	
	I	J	I	J
<b>Parâmetros analisados</b>				
<b>Antes do tratamento</b>	401,20 $\pm$ 0,02	42,57 $\pm$ 0,01	64,00 $\pm$ 0,10	14,66 $\pm$ 0,27
<b>Após o tratamento</b>	241,33 $\pm$ 2,15	37,58 $\pm$ 0,25	13,32 $\pm$ 0,28	9,32 $\pm$ 0,21
	<b>K</b>	<b>L</b>	<b>K</b>	<b>L</b>
<b>Antes do tratamento</b>	3890 $\pm$ 0,12	275,40 $\pm$ 0,01	79,34 $\pm$ 0,03	77,33 $\pm$ 0,04
<b>Após o tratamento</b>	3670 $\pm$ 0,15	242,20 $\pm$ 0,37	10,67 $\pm$ 0,01	6,01 $\pm$ 0,01

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

A tabela 14 mostra os valores antes e pós o tratamento com a cortiça das águas subterrâneas de Taperoá-PB. Em relação às concentrações de Sódio e Potássio. Em concentrações baixas de  $\text{CaCO}_3$  de amostras de água ocorrem pouca variação de  $[\text{Na}^+]$  e em altas concentrações de  $\text{CaCO}_3$  ocorre um aumento da mesma na amostra após adsorção utilizando o adsorvente natural (cortiça).

**Tabela 14.** Valores de fotômetro de chama antes e pós cortiça de amostras de águas subterrâneas de Taperoá – PB.

Análises Parâmetros analisados	Na <sup>+</sup>   Sódio (ppm)		K <sup>+</sup>   Potássio (ppm)	
	A	H	A	H
Antes do tratamento	32,10 ± 1,05	727, 2 ± 5,21	28, 36 ± 0,38	13.34 ± 0,23
Após o tratamento	31,0 ± 1,22	777,2 ± 2,02	82, 06 ± 3,18	23, 0 ± 0,07

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

Com relação à tabela 14 o pós-cortiça das amostras de águas subterrâneas do município de Taperoá-PB mostraram uma variação nas concentrações de Sódio e Potássio. Antes do tratamento, as amostras foram caracterizadas com o teor de Potássio maior em concentração comparado ao Sódio de menor concentração expresso em ppm. Após cortiça em contato com as amostras de águas houve um aumento considerável de Potássio nas amostras A e H com 28,36 para 82,06 e 13,34 para 23,0 respectivamente após o tratamento. E uma baixa redução de Sódio na amostra A, no entanto, a amostra H houve um aumento considerável na concentração referente o antes e após o tratamento variando de 727,2 para 777,2 ppm de sódio.

### 5.12 Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva- EDX da cortiça

O Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva- EDX é um equipamento utilizado para determinar a composição química de uma amostra. Apresentando as substâncias presentes contidas dentro da amostra. Nesse sentido, foi verificada a composição química da cortiça *in natura* e também em diferentes granulometrias após adsorção. Ou seja, foi verificado o antes e após o tratamento utilizando o adsorvente natural (cortiça).

As diferentes amostras mostraram que a cortiça apresenta vários constituintes, onde foi possível qualificar e quantificar o material ao mesmo tempo durante toda análise.

De acordo com a tabela 15 a composição química variou entre os diferentes constituintes presentes dentro do adsorvente natural. Na cortiça *in natura* a amostra apresentou um baixo percentual de cálcio (Ca) do material, no entanto, após o tratamento utilizando o adsorvente com granulometria de cortiça média e diâmetro de 250µm o cálcio (Ca) aumentou o seu percentual. Isto se dá devido o tamanho da granulometria e diâmetro do poro da cortiça. Quanto menor for o grânulo melhor será o processo de adsorção para o tratamento desejado da referida matriz. Já na granulometria de cortiça muito grossa e diâmetro de 1mm o cálcio (Ca) apresentou um menor percentual comparado a granulometria de cortiça média e diâmetro de 250 µm. Pois a área de contato foi menor, devido o aumento do granulado da cortiça.

Alguns metais não foram encontrados após adsorção, mas garante que o processo de adsorção foi demonstrado, principalmente, no tratamento da dureza total, devido o aumento considerável (quantificação) do cálcio em diferentes granulometrias após o tratamento das amostras de água.

**Tabela 15.** Composição química antes e após adsorção da cortiça utilizando o Espectrômetro de fluorescência de raios X por energia dispersiva- EDX

Elementos	Cortiça <i>In natura</i> %	Cortiça/ <b>Granulometria</b> <b>cortiça média %</b>	Cortiça/ <b>Granulometria</b> <b>cortiça muito grossa</b> %
<b>Cálcio (Ca)</b>	34,428	78,808	45,689
<b>Potássio (K)</b>	45,800	3,981	12,411
<b>Silício (Si)</b>	5,264	7,334	22,465
<b>Enxofre (S)</b>	3,910	3,487	6,824
<b>Manganês(Mn)</b>	1,999	1,602	2,121
<b>Ferro (Fe)</b>	1,942	1,848	3,171
<b>Fósforo (P)</b>	1,917	-	-
<b>Háfnio (Hf)</b>	1,705	-	-
<b>Cobre (Cu)</b>	0,858	0,742	1,035
<b>Ósmio (Os)</b>	0,806	-	1,182
<b>Cobalto (Co)</b>	0,525	-	-
<b>Zinco (Zn)</b>	0,510	0,451	0,802
<b>Bromo (Br)</b>	0,337	0,408	0,359

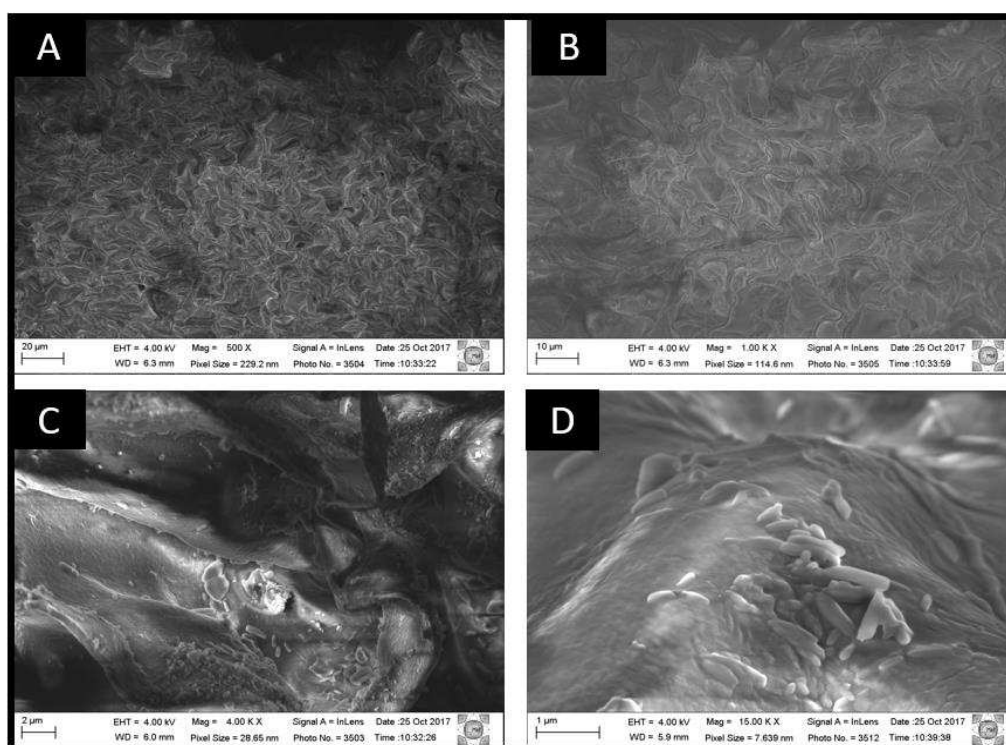
**Fonte:** Dados da pesquisa, 2018.

No que se refere aos outros elementos constituintes da cortiça, houve uma menor adsorção do Potássio (K) em diferentes granulometrias após o tratamento, ocorrendo a diminuição em diferentes amostras e maior distribuição no adsorvato. Já o Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Enxofre (S), houve uma melhor adsorção na granulometria de cortiça muito grossa e diâmetro 1mm. O percentual do Cobalto (Co), Fósforo (P) e Háfnio (Hf), foram identificados apenas na cortiça *in natura*.

### 5.13 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV-FEG) da cortiça

Microscopicamente, a amostra analisada foi de acordo com a Figura 9 (B) cortiça cortada. É constituída por camadas de células de aspecto alveolar, cujas membranas celulares possuem certo grau de impermeabilização e estão cheias de um gás semelhante ao ar, que ocupa cerca de 90% do volume (Gil, 1998), o que sugerem as Imagens A, B e C. Na Imagem D, com magnitude de 15.00KX percebe-se uma superfície rugosa com aspecto ondulatório que, possivelmente configure uma formação irregular, constituindo dessa forma uma superfície rica em cavidades, como relata Gil, (1998).

**Figura 14.** Morfologia com diferentes magnitudes: (A) 500X, (B) 1.00KX, (C) 4.00KX (D) 15.00KX.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018

## 6. Conclusão

Após a realização do estudo, foi possível verificar os parâmetros físico-químicos das águas dos municípios de Taperoá – PB e Damião – PB. As duas cidades apresentaram diferentes parâmetros que serviram para o tratamento do adsorvente natural (cortiça).

A granulometria de cortiça média e diâmetro de 250  $\mu\text{m}$  utilizando a filtração foi mais eficiente comparado a cromatografia em coluna. No entanto, as análises com granulometria de cortiça muito grossa e diâmetro de 1mm apresentaram menor redução da dureza total. Após adsorção houve a diminuição da alcalinidade e a condutividade elétrica das amostras que apresentavam concentrações altas, porém, as amostras com baixas concentrações a redução foi menor.

Foi possível constatar que na análise de composição química no Espectrômetro de Fluorescência de raios-X por Energia Dispersiva-EDX houve um aumento de percentual considerável do Cálcio na granulometria de cortiça média e diâmetro 250  $\mu\text{m}$ , o que comprova a diminuição da dureza total.

Esse trabalho teve como relevância a utilização de adsorvente natural proveniente da cortiça para o tratamento das amostras de águas subterrâneas e de abastecimento, como também o conhecimento a respeito da qualidade da água consumida no município de Taperoá e Damião da Paraíba.

## 7. Referências

- \_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União. 7 de abr. de 2008.
- AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Balço das águas**: Publicação anual da agencia nacional das águas. 2015.
- AGRAWAL, V, JAGETAI, M. Hydrochemical assessment of groundwater quality in Udaipur city, Rajasthan, India. In: Proc. Indian Conference on Dimensions of Environmental Stress in India. Department of Geology, MS University, Baroda, India. p. 151- 154, 1997.
- AGUIAR, R. B.; GOMES, J. R. C (Org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí: diagnóstico do município de Luís Correia**. Fortaleza: CPRM, 2004. 24 p.
- ALCOFORADO, F. **A questão da água no mundo e seus imensos desafios**. Direito UNIFACS–Debate Virtual, n. 179, 2015.
- ALVES, Célia. **Tratamento de águas de abastecimento**. 3. ed. Porto: Publindústria, 2010. análises físico-químicas e microbiológicas. Juiz de Fora: Jorge Macedo, 2001.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and water**. 20 th ed. Washington: APHA/AWWA. 1998.
- ANDREOLI, C. V. et al. **A relação da qualidade e quantidade da água no ambiente urbano e rural**. In: ANDREOLI, C. V.; LUPION, T.P. (Org.). Complexidade: redes e conexões do ser sustentável. Curitiba, PR: SENAR, 2014. p 488.
- APDA. **Comissão Especializada da Qualidade da Água**. 2012. Disponível em: < 115 <http://www.apda.pt/site/upload/FT-QI-10-%20Dureza%20total.pdf>>. Acesso em: novembro.2017.
- APHA – AWWA – WPCF. **Standart methods for the examination of water and wastewater**. 19th.edition.Washington D.C.American Public Health Association. 2006.
- BANDEIRAS, C. **Da Versatilidade da (nossa) cortiça: por um melhor tratamento de águas**. Revista online P3. Público. Acesso em: <http://p3.publico.pt/actualidade/ciencia/14222/da-versatilidade-da-nossa-cortica-por-um-melhor-tratamento-das-aguas>. Disponível em: 21 de Outubro de 2014.
- BARBOSA, B.E.; GOMES, B. A.; CARLOS, M. W. A. S.; NÓBREGA, F. A.; ARAÚJO, D. G.; **A anomalia de chuvas no ano 2016 no semiárido paraibano**. II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido. Acesso em:< [https://editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO\\_EV074\\_MD1\\_SA4\\_ID6\\_2\\_02102017220743.pdf](https://editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV074_MD1_SA4_ID6_2_02102017220743.pdf)> Disponível em: 14 de março de 2018. Anais II CONIDIS – Editora realize eventos – dezembro/2017.
- BAPTISTA, G.; ANJOS, O.; RAMALHO, M. J.; **Importância do setor corticeiro na economia portuguesa**. In: Congresso de estudos rurais: Território, agricultura e desenvolvimento. 1., 2002, Lisboa: IST, 2002. 1 CD-ROM.

BERNARDO, L.; LARISSA, V.; BRASIL, W. **Análise dos parâmetros sentinelas das águas para abastecimento da cidade de Parnamirim/RN**. 2016. Acesso em: <<http://congressos.ifal.edu.br/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/1196/711>> Disponível em: 27 de abril de 2018.

BEZERRA, E. B. N.; REGO, R.L.C.M.; SILVA, C. I. A.; MEREIRA, C.M.B.S.; OLIVEIRA, R. **Impactos da destinação do rejeito da dessalinização de água subterrânea em uma comunidade de Juazeirinho-PB**. I CONIDIS. Anais: Realize eventos. 2016. Acesso em: <[https://editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO\\_EV064\\_MD1\\_SA5\\_ID2314\\_19102016155217.pdf](https://editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV064_MD1_SA5_ID2314_19102016155217.pdf)> 2016.

BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo; CONEJO, João G. Lotufo. **Introdução a engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

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 (DF), 2011.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal**. Portaria no 357, 2005. Aprova o Regimento Interno do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

BRITO, A.G., OLIVEIRA, J.M., PEIXOTO, J.M. **Tratamento de água para consumo humano e uso industrial – elementos teórico-práticos**. Edições Publindústria, p. 93-109. 2010.

CAMPOS, J. N. MAGALHÃES, A.R. **A evolução das políticas públicas no Nordeste**. A questão da água no Nordeste. Brasília: CGEE, 261-87, 2012.

CAMPOS, R. F. **Análise da qualidade das águas subterrâneas e determinação do índice de vulnerabilidade do aquífero serra geral no município de Medianeira – PR**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dissertação de Mestrado. 2015.

CARVALHO, A. P; MESTRE.; A.S.D.; **Remoção de poluentes em solução aquosa por carvões ativados**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa – Faculdade de Ciências. Departamento de Química e Bioquímica. 2011.

CARVALHO, J. C.; CARVALHO, J. T. C.; LEUZINGER, M. D. **A infiltração no contexto da Educação Ambiental, da Engenharia e do Direito**. In: 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, (Série Geotecnia – UnB, v.4), 2012. p. 1.

CASALI, A.C. **Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul**. 172f. Dissertação (Mestre em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2008.

CASTRO, J. S. O. ; RESQUE JÚNIOR, B. T. B.; PONTES, A. N.; MORALES, G. P. **Potabilidade das Águas Subterrâneas para o Consumo Humano na área do Polo Industrial de Barcarena-Pará**. Enciclopédia Biosfera, v.10, n.19; p. 2931, 2014.

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 Agosto 2017.

- COLLINS, C.H. **Princípios básicos de Cromatografia**. In: COLLINS, C.H.; BRAGA, G. I.; BONATO, P. S. Fundamentos de Cromatografia. São Paulo: Unicamp, 2006.
- COLOMBO, P. **Determinação de alcalinidade em águas**. 2013. Disponível em: <<http://pessoal.utfpr.edu.br/marcusliz/arquivos/Alcalinidade.pdf>>. Acesso em: 02 mar 2018.
- COSTA, C. L., de LIMA, R. F., PAIXÃO, G. C., PANTOJA, L. D. M. **Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil**. Semana: Ciências Biológicas e da Saúde, v. 33, n. 2, 171-180, 2012.
- CPRM. **Serviço Geológico do Brasil. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Pindaré**. Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2011.
- CURBELO, F. D. S. **Estudo da remoção de óleo em águas produzidas na indústria de petróleo, por adsorção em coluna utilizando a vermiculita expandida e hidrofobizada**. Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de Pós-Graduação em Eng. Química, 2002.
- DOMINGUES, V.M. F. **Utilização de um produto natural (Cortiça) como adsorvente de pesticidas piretróides em águas**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia do Porto. 2005.
- FARIAS, D. S. C. R.; FARIAS, S. A. R.; DANTAS NETO, J. **Avaliação de água de poços tubulares para consumo humano no Município de Boa Vista, Paraíba**, Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.11, n. 5, p. 08-14, 2016.
- FERNANDES, M. A. B.; SANTIAGO, M. M. F.; GOMES, D. F.; FILHO, J. M.; FRISCHKORN, J.; LIMA, J. O. G.; **A origem dos cloretos nas águas subterrâneas na Chapada do Apodi – CE**. 2004 Disponível em: <<file:///C:/Users/Cliente%20Office/Downloads/1349-2960-1-PB.pdf>> Acesso em: 12 de abril de 2018.
- FORTES, M. A.; ROSA, A. E.; PEREIRA, H. **A cortiça**. Lisboa: IST, 2004. 259 p.
- FREIRE, P. A. C.; TRANNIN, I. C. B.; SIMÕES, S. J. C.; **Pump and treat free phase in Coastal Aquifer**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 19, n. 4, p. 461-470, 2014.
- FUNASA, **Fundação Nacional de. Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014. 112 p.
- FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. Brasília, 2013.
- GALDINO, F.A.; **Indicadores sentinelas para a formulação de um plano de amostragem de vigilância da qualidade da água de abastecimento de campina grande (PB)**. Tese (mestrado em engenharia ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, 2009.
- GARCIA, Clodoaldo Roldán; BARBER, David Juanes – **“Fluorescencia de rayos X mediante equipo portátil aplicada al estudio y conservación del Patrimonio Cultural”**. In La Ciencia y el Arte – Ciencias experimentales y conservación del Patrimonio Historico, IPHE – Ministerio da Cultura. Madrid: 2008. p. 140-150
- GIL L., 1998, **Cortiça – Produção, Tecnologia e Aplicação**, Ed INETI, Lisboa.



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

GRAÇA, J. A. R. A estrutura asuberina e as suas relações com as propriedades da cortiça. Lisboa: Instituto superior de Agronomia, 2000. P 40.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Mapa Bioma do Brasil. Rio de Janeiro, 2004. 1 Mapa. Escala 1:5.000.000. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>> Acesso em: 14 de Fevereiro de 2018.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** V4. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/taperoa/panorama>> Acesso em: 11 de abril de 2017 as 9h.

JÚNIOR, N. M. **Água dura e seus riscos.** Monitoramento ambiental. Agosto de 2012. Disponível em<<https://www.agsolve.com.br/noticias/6523/agua-dura-e-seus-riscos>> Acesso em: 11 de Novembro de 2017 as 15h.

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.

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; LUCHESE, E. B.. **Introdução à química da água: ciência, vida e sobrevivência.** Rio de Janeiro: LTC, 2009.

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

LOIOLA, H. G.; FRANÇA, A.M.M.; LOPES, F.C.C.; LIMA, J.R.; LIMA, J.O.G.; Influência dos íons cloreto na qualidade das águas subterrâneas de Crateús-CE. 2012. Acesso em: <<file:///C:/Users/Cliente%20Office/Downloads/272-13042-1-PB.pdf>> Disponível em: 11 de abril de 2018.

LORDELO, L. M. K.; BORJA, P. C.; PORSANI, M. J.; ANDRADE, J. DE; MORAES, L. R. S. **Qualidade das águas superficiais e subterrâneas do município de Santa Brígida – sertão da Bahia, para abastecimento humano.** IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Cruz das Almas, Bahia, p. 2, 2016

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

MARQUES, M. N.; COTRIM, M. B.; PIRES, M. A. F.; BELTRAME FILHO, O. **Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, São Paulo.** Química Nova, São Paulo, SP, v.30, n.5, sept./oct. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422007000500023](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000500023)>. Acesso em: 18 de março de 2018.

MEDEIROS FILHO, F.C.; RAMOS, J.F.; SILVA, A.P.S.; VELARDEZ, G.F.; **Análise físico-química de amostras de águas em diferentes cidades da Paraíba.** II CONIDIS. II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido. 2017.

MELO, M. J. M.; OLIVEIRA, T.P.; SILVA, D. D.; LIMA, M. P. **Avaliação da alcalinidade de águas de abastecimento do município de Cuité-PB.** 51º Congresso Brasileiro de

Química (CBQ). 2011. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2011/trabalhos/5/5-512-7647.htm>> Acesso em: 12 de Março de 2018.

MENEZE, A.J.S. de; OLIVEIRA, A.D. **A água e a indústria da seca: Análise político-social no nordeste**. II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido. Anais II CONIDIS – Editora realize eventos – dezembro/2017.

MIRANDA, A.M. et al. **Extrações de cortiça com 1,4-dioxano em alta pressão**. In PEREIRA, H. (Ed). Sobreiro e Cortiça. Lisboa. Centro de Estudos Florestais, 1998. p. 419-426.

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.

MONTENEGRO, A. A. A. & MONTENEGRO, S. M. G. L. **Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido**. In: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. Recursos hídricos em regiões semiáridas. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. p. 3.

MOREIRA, S. de A. **Adsorção de íons metálicos de efluente aquoso usando bagaço do pedúnculo de caju: estudo de batelada e coluna de leito fixo**. 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) - Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008. Disponível em: <[http://www.teses.ufc.br/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=1383](http://www.teses.ufc.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1383)>. Acesso em 14 de março de 2018.

NASCIMENTO R. F.; LIMA, A. C. A.; VIDAL, C. B.; MELO, D. Q.; RAULINO, G. S.C. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais** Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014.

NETO, J.L.S.; **Análise físico-química de parâmetros de qualidade da água de abastecimento de uma cidade localizada no alto sertão do estado de Pernambuco**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2013. Campina Grande – PB. Disponível em: <<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3974/1/PDF%20-%20Jo%C3%A3o%20Lopes%20da%20Silva%20Neto.pdf>> Acesso em: 02 de maio de 2018.

NOBRE, J. G. A. et al. **SIG como ferramenta de planejamento de uso de águas subterrâneas no município de Santa Rosa do Piauí-PI**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14., Natal, 2009. Anais... Natal: INPE, 2009. p. 25-30. Disponível em: . Acesso em: 26 out. 2015.

NÓBREGA, M. D. A. C.; SILVA, N. Q.; FELIX, T.D.; SILVA, G.A.; NÓBREGA, J.Y.L.; SOARES, C.M.; COELHO, D.C.; **Análise físico-química e bacteriológica da água de abastecimento da cidade de São Domingos-PB**. Revista Informativo Técnico do Semiárido. Capa > v. 9, n. 1 (2015).

NOGUEIRA, I. (2011). **Efeito da presença de outros metais na remoção de mercúrio com cortiça** (Tese de Mestrado). Acesso em: <<http://ria.ua.pt/handle/10773/9685>>. Disponível em: 15 março de 2018.

NUNES T.C.G.; SIMÕES T.S.G.; OLIVEIRA V.P.S. **Avaliação de parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas nos distritos de campos dos Goytacazes/RJ**. 2011. II Congresso Fluminense de Iniciação Científica. Disponível em:

<<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/confict/article/viewFile/2671/1519>> Acesso: 13 de maio de 2018.

OLIVEIRA, A. J., SANTOS, M. C. H., ITAYA, N. M., CALIL, R. M. **Coliformes Termotolerantes: bioindicadores da qualidade da água destinada ao consumo humano.** Atas de Saúde Ambiental-ASA, v. 3, n. 2, p. 24-29, 2016.

OLIVEIRA, J. M.B.; CASTRO, A. C. L.; PEREIRA, E. D.; AZEVEDO, J. W.J. Qualidade da água subterrânea em comunidades rurais de São Luís – MA, **Revista Espacios**, vol. 37, n.31, p 11. 2016.

OLIVEIRA, J. **Remoção de mercúrio (II) de soluções aquosas utilizando cortiça** (Tese de Mestrado). (2011). Acesso em <<http://ria.ua.pt/handle/10773/8312>> Disponível em: 10 março de 2018.

PAN BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca.** Ministério do Meio Ambiente. Brasília – DF. 2005.

PAULA, J.M.; SILVA, T.P.P.; NAVARRO, L. A. O. ; ANDRADE, R.A. N.; **Análise físico-química de águas com diferentes utilizações: irrigação da horta e abastecimento dos prédios da escola agrícola de Jundiá/RN.** 57º Congresso Brasileiro de Química (CBQ). Gramado, RS. 2017.

PEREIRA, H. **Chemical composition and variability of cork from *Quercus suber* L.** *Wood Science and Technology*, 22, 211 – 218. (1988)

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES G. P.; GONÇALVES W.G.; **Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil.** *Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*. 03 de março, 2018.

PIVELI, R.P. **Qualidade da Água.** Apostila do Curso de Especialização em Engenharia em Saúde Pública e Ambiental da Fac. Saúde Pública – USP, 1996.

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

RAMOS, J.F.; MEDEIROS FILHO, F. C.; SILVA, A. P. S.; **A utilização de argilas como adsorvente natural para remoção de contaminantes presentes em águas.** II CONIDIS. Disponível em: <[https://editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO\\_EV074\\_MD4\\_SA5\\_ID177\\_23102017143726.pdf](https://editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV074_MD4_SA5_ID177_23102017143726.pdf)> Acesso: 14 de abril de 2018.

REIS, D. **Relatório de alcalinidade e dureza.** 2011. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAff18AJ/relatorio-alacalinidad-dureza>>. Acesso em: 02 dez 2017.

SILVA, A. C.; FARIAS, V. S.; TEIXEIRA, A.C.F.; MARTENDAL, A.; **Análise da alcalinidade das águas subterrâneas utilizadas no IFC-campus CAMBORIÚ.** Disponível em: <<http://www.camboriu.ifc.edu.br/vfice2014/anais/uploads/trab11.pdf>> Acesso em: 09 de abril de 2018.

SILVA, A. V. B.; RAMALHO, Â. M. C. **Arenas, atores e ação coletiva em torno da crise hídrica: o caso da sub bacia hidrográfica do rio Taperoá no semiárido paraibano.** II Workshop internacional sobre a água no semiárido brasileiro- Editora Realize, 2015.

SILVA, Roberto Marinho Alves da. **ENTRE DOIS PARADIGMAS: combate à seca e convivência com o semiárido.** Sociedade e Estado, Brasília, v. 18, n. 1/2, p. 339-360, jan./dez. 2003

SILVA, V. A.; MEDEIROS, M. J. S.; MEDEIROS, R.S.; **Aspectos físico-químicos da água subterrânea consumida no município de Taperoá – PB.** II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido. II CONIDIS. Realize Eventos, 2017.

SILVA, W.M.; MEDEIROS FILHO, F.C.; DANTAS, L.V.M.; SILVA, D.D. **Estudos de águas subterrâneas do município de Nova Palmeira – PB.** III CONAPESC. Anais: Realize Eventos. 2018.

SILVEIRA, R. D.; SARTORI, M. G. B.; SILVA, R. R.; ROSA, J. L. **A estiagem do verão de 2005 no RS: causas e impactos socioeconômicos na microrregião geográfica de Santa Maria.** In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 7., 2006, Rondonópolis. Anais Rondonópolis: UFMT, 2006.

SOUZA, F.P.; PERTEL, M.; TEIXEIRA, T.; FERREIRA, A. V.; MENEZES, L.E.C.F.; PEREIRA, P.S.F.; **Qualidade da água de abastecimento da comunidade tamarindo em campos dos Goytacazes/RJ.** 2015 Acesso em: <file:///C:/Users/Cliente%20Office/Downloads/602-2147-1-PB.pdf>. Disponível em: 11 de abril de 2018.

SUGUIO, K. ; **Introdução a Sedimentologia.** Edgard Blucher/EDUSP, São Paulo, 317 p. 1973.

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.

TERRA, R. V.; PRATTE-SANTOS, R.; ALIPRANDI, R. B.; BARCELOS, F. F.; MARTINS, J. L. D.; AZEVEDO-JR, R. R. A.; et al. **Estudo limnológico visando avaliação da qualidade das águas do rio Jacu Braço Norte, ES.** Natureza online. 2010;8(13):8-13.

VICHENEWSKI, W. Cromatografia por Adsorção. In: COLLINS, C.H.; BRAGA, G. I.; BONATO, P. S. **Fundamentos de Cromatografia.** São Paulo: Unicamp, 2006.

WATANABE, T.; PAZ, R.J.; LEITE, R.L. & LACERDA, A.V. Uso de poços escavados no leito seco do Rio Taperoá como estratégia para a conservação da água na Região Semiárida da Paraíba. Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação, 1:175- 181, 2000.

WENDLAND, E. **Modelos Matemáticos e Métodos Numéricos em Águas Subterrâneas.** São Carlos, SP: SBMAC, 2003.