



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

JÉSSICA RENALLY MEDEIROS SANTOS

**APLICAÇÃO DA CROMATOGRAFIA EM COLUNA PARA ADEQUAÇÃO DE  
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS AQUOSAS**

CUITÉ-PB

2018

JÉSSICA RENALLY MEDEIROS SANTOS

**APLICAÇÃO DA CROMATOGRAFIA EM COLUNA PARA ADEQUAÇÃO DE  
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS AQUOSAS**

Monografia apresentada ao curso de  
Licenciatura em Química da  
Universidade Federal de Campina  
Grande para obtenção do grau de  
Licenciatura em Química.

Orientador (a): Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Denise Domingos da Silva

CUITÉ-PB

2018

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

S726a Santos, Jéssica Renally Medeiros.

Aplicação da cromatografia em coluna para adequação de propriedades físico-químicas de amostras aquosas. / Jéssica Renally Medeiros Santos. – Cuité: CES, 2018.

51 fl.

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

Orientadora: Dra. Denise Domingos da Silva.

1. Cromatografia. 2. Semente de maracujá. 3. Passiflora edulis. 4 Adsorção. 5. Análise de águas. Título.

Biblioteca do CES - UFCG

CDU 543.544

JÉSSICA RENALLY MEDEIROS SANTOS

**APLICAÇÃO DA CROMATOGRAFIA EM COLUNA PARA ADEQUAÇÃO DE  
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS AQUOSAS**

Monografia apresentada ao curso de  
Licenciatura em Química da Universidade  
Federal de Campina Grande para obtenção do  
grau de Licenciada em Química.

---

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

---

Prof. Dr.<sup>a</sup> Marta Maria da Conceição – UFPB/CTDR

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vilma Araújo da Costa – UFRN

Á Deus, que está sempre presente em todos os momentos de minha vida dando saúde, perseverança e força para alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, Nilson e Renata que são os meus pilares e sempre me apoiaram nos meus estudos.

## AGRADECIMENTOS

Á Deus por mais uma etapa vencida, pela força e coragem que nunca me permitiram desistir.

Aos meus pais, Nilson e Renata, que são os meus pilares e sempre me apoiaram nos meus estudos.

A minha irmã Laissa e seu namorado Helder, por todo o apoio e ajuda até hoje.

Aos meus avós maternos, Zé Gordo e Marilene, e avós paternos, Antônio e Leni, por todo o apoio.

As minhas tias, Emília, Érica, Rossana, Mariluce e Josélia por todo o incentivo.

Á minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Denise Domingos da Silva, pela orientação, pelo estímulo à pesquisa, pelo exemplo de dedicação e persistência por ter confiado no meu trabalho.

Ao Laboratório de Biocombustível e Química Ambiental pelo suporte das realizações das análises.

Ao meu amigo Me. Fabiano Rocha pela contribuição no início da minha pesquisa.

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

Aos meus amigos Carol, Wedja, Yago, Milena, Jéssica, Jackeline, Moisés, Aninha, Thaynara, Gaby, Laura, Ana Paula, Jussiara, Jaíne, Viviane, Junielly, Carlos e demais colegas por todos os momentos compartilhados.

Á Jussiê, meu namorado, pelo companheirismo e toda ajuda.

Á todos que, de certa forma contribuíram de alguma maneira para minha formação.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.

José de Alencar

## RESUMO

A água é de fundamental importância para a vida de todas as espécies e diante da problemática da falta de água no semiárido nordestino uma das alternativas é recorrer a outras fontes como poços subterrâneos e cisternas. Com a crescente contaminação da água por diversos poluentes, o que torna este recurso cada vez mais escasso e impróprio para o uso, surge a necessidade do desenvolvimento de novos métodos de tratamento que sejam acessíveis, eficientes, renováveis e que não produzam resíduos poluentes que degradem o meio ambiente. Devido a isto o uso de adsorventes naturais tem se tornado uma das alternativas mais investigadas para o tratamento de águas sejam para remoção de poluentes orgânicos ou inorgânicos. O presente estudo tem por objetivo desenvolver metodologias analíticas utilizando cromatografia em coluna, e como adsorvente a casca e a semente do maracujá (*Passiflora edulis*) e a realização de testes físico-químicos em amostras aquosas. Foram analisadas medidas de pH, turbidez, condutividade elétrica, dureza, sólidos dissolvidos totais e os níveis de cloreto. Após as análises das amostras foi observado que os valores obtidos estão de acordo com os padrões estabelecidos pela portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, com exceção do índice de pH, turbidez e sólidos dissolvidos totais, os quais em algumas amostras se apresentaram fora dos padrões indicados. Em relação à metodologia utilizada foi possível observar melhoria nas medidas de turbidez e condutividade elétrica das águas coletadas para valores dentro do previsto pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde para águas de consumo humano, sendo assim, esta metodologia pode ser utilizada para o reuso de efluentes industriais que precisam passar por um processo de abrandamento.

**Palavras chaves:** Cromatografia, semente de maracujá, *Passiflora edulis*, adsorção, análise de águas.

## ABSTRACT

Water is of fundamental importance for the life of all species and for the problem of the lack of water in the northeastern semi-arid region. With refracting the dust from the polluters, the scare and the use of the use of the environment, surging to the development of the new methods of the method, and are prepared to be used to the environment. This is the use of adsorption is dangerous to the removal of the alternatives of the biological species is removed for the organic or inorganic pollutants. The present study has as main ways to perform row chromatography, and as adsorbent the shell and the passion fruit seed (*Passiflora edulis*) and physical-chemical tests in aqueous samples. Measurements of pH, turbidity, electrical conductivity, hardness, total dissolved solids and chloride levels are analyzed. After the plant samples have been observed, the standards are in accordance with the standards established by ordinance 2914/11 of the Ministry of Health, except for the pH, turbidity and dissolved solids indicated patterns. In relation to the same average, the guarantees of turbulence and electrical conductivity of the collected water to the values within the one established by Portaria 2914/11 of the Ministry of Health for the waters of human consumption, being thus, this policy can be used for reuse of effluents that need to undergo a process of slowing down.

**Key words:** Chromatography, passion fruit seed, *Passiflora edulis*, adsorption, water analysis.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b> Localização dos pontos e dos municípios de Cuité-PB e Jardim de Piranhas-RN.....	25
<b>Figura 2.</b> Potenciômetro utilizado nas análises de pH.....	26
<b>Figura 3.</b> Turbidímetro.....	27
<b>Figura 4.</b> Imagem dos adsorventes utilizados: (A) Cascas depois de secas. (B) Sementes depois de secas. (C) Sementes e cascas trituradas.....	29
<b>Figura 5.</b> Colunas com semente e casca do maracujá.....	30
<b>Figura 6.</b> Imagem do espectrofotômetro (EDX).....	31

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Localização, profundidade, latitude e longitude dos poços da zona rural e urbana de Cuité-PB.....	25
<b>Tabela 2.</b> Localização, latitude e longitude dos pontos de águas de abastecimento de Cuité-PB e águas do Rio Piranhas localizado em Jardim de Piranhas-RN.....	25
<b>Tabela 3.</b> Relações para determinação dos SDT em função da condutividade.....	28
<b>Tabela 4.</b> Resultados das determinações físico-químicas dos pontos A, B, C e D.....	32
<b>Tabela 5.</b> Resultados das determinações físico-químicas dos pontos E, F e G.....	32
<b>Tabela 6.</b> Dados obtidos dos valores médios de Turbidez e condutividade elétrica antes e após o tratamento com adsorvente natural para três amostras.....	42
<b>Tabela 7.</b> Resultados dos Espectros de Raios-X, por Dispersão de Energia.....	44

## LISTA DE EQUAÇÕES

**Equação 1.** Cálculo para determinação da dureza total.....27

$$\text{Dureza total em mg/L CaCO}_3 = \frac{M_{\text{EDTA}} \cdot V_{\text{EDTA}} (\text{mL}) \cdot Fc \cdot 100 \cdot 1000}{V_{\text{mL da amostra}}}$$

**Equação 2.** Cálculo para determinação de Cloretos.....27

$$\text{Cloreto mg. L}^{-1} \text{ Cl} = \frac{V_{\text{mL de AgNO}_3} \cdot M_{\text{AgNO}_3} \cdot 35,45}{V_{\text{mL da amostra}}}$$

**Equação 3.** Cálculos para determinações de sólidos totais.....28

$$\text{SDT (mg/L)} = 0,68 \times \text{CE} (\mu\text{S cm}^{-1})$$

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>7</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1. Objetivo Geral .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2. Objetivos Específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Águas.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1. Abastecimento de água .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2. Águas superficiais .....</b>	<b>17</b>
<b>3.3. Águas subterrâneas.....</b>	<b>18</b>
<b>3.4. Aspectos químicos e físicos da água .....</b>	<b>18</b>
3.4.1. Turbidez.....	18
3.4.2. Condutividade elétrica.....	19
3.4.3. Sólidos totais dissolvidos .....	19
3.4.4. pH.....	19
3.4.5. Cloretos.....	20
3.4.6. Dureza total.....	20
<b>3.5. Contaminação química da água .....</b>	<b>20</b>
<b>3.6. Adsorção .....</b>	<b>21</b>
<b>3.7. Adsorventes naturais .....</b>	<b>22</b>
<b>3.7.1 Maracujá amarelo (Passiflora edulis).....</b>	<b>22</b>
<b>3.8. Cromatografia em coluna .....</b>	<b>23</b>
<b>3.9. Caracterização do material.....</b>	<b>23</b>
3.9.1. Espectroscopia Dispersiva de raios X por Energia de Dispersiva (EDX).....	23
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>24</b>
<b>4.1. Área de estudo .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2. Coleta das amostras .....</b>	<b>24</b>
<b>4.3. Caracterização dos parâmetros físico-químicos .....</b>	<b>26</b>
4.3.1. pH.....	26
4.3.2. Condutividade elétrica.....	26

4.3.3.	Turbidez.....	27
4.3.4.	Dureza total.....	27
4.3.5.	Cloretos.....	27
4.3.6.	Sólidos dissolvidos totais (SDT) .....	28
<b>4.4.</b>	<b>Preparação do adsorvente natural .....</b>	<b>28</b>
<b>4.5.</b>	<b>Tratamento com adsorventes.....</b>	<b>29</b>
4.5.1.	Adsorvente natural.....	29
<b>4.6.</b>	<b>Caracterização do material.....</b>	<b>30</b>
4.6.1.	Espectroscopia Dispersiva de raios X por Energia de Dispersiva (EDX) .....	30
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
<b>5.1.</b>	<b>Parâmetros físico- químicos .....</b>	<b>31</b>
5.1.1	pH. ....	33
5.1.3.	Turbidez.....	34
5.1.5.	Dureza Total .....	37
5.1.6.	Condutividade Elétrica .....	38
<b>5.2.</b>	<b>Caracterização das amostras de água após o tratamento com o adsorvente .....</b>	<b>41</b>
5.2.1.	Adsorvente Natural.....	41
<b>5.3.</b>	<b>Espectroscopia de Raios X, por Energia Dispersiva (EDX).....</b>	<b>43</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>45</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>46</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a existência de vida. Todos os seres vivos dependem dela para sobreviver, pois constitui cerca de 70 % do corpo humano, ajuda a manter a temperatura corporal, participa e permite a ocorrência de mais de 50 % das ações do organismo, equilíbrio eletrolítico (VAITSMAN, 2005), em decorrência destes e outros fatores, o seu fornecimento para o ser humano é de importância fundamental para manutenção da vida.

A carência hídrica é um dos principais problemas para a sobrevivência e melhoria da qualidade de vida das populações da região semiárida nordestina (AMORIM; PORTO, 2001). A problemática da escassez de água nessa região caracteriza-se principalmente pela irregularidade de chuvas que é concentrado em quatro meses (fevereiro a maio) com uma variabilidade interanual e pela má qualidade das águas disponíveis. Ao longo do ano verifica-se um longo período, geralmente chamado de estiagem, sem a ocorrência de eventos significativos de precipitação. A demanda de evaporação é elevada nessa região, segundo Gnadlinger (2001) a taxa pode chegar até 3.000 mm anuais. Por esse motivo, é uma região muito carente em relação à distribuição de água (SOUZA et al., 2011).

De acordo com Lima e Farias (2011), a qualidade da água está em contínua mudança com os impactos resultantes das ações humanas. O controle da qualidade da água de uma determinada região deve englobar uma verificação das principais práticas que venham a afetar na qualidade destas águas. Os principais causadores dos componentes que entram aos meios aquáticos e de alguma forma promovem a alteração de sua qualidade são as variações atmosféricas e a utilização do solo. Segundo König (2008), as principais fontes de poluição das águas são derivadas do alto grau de urbanização associado à falta de ações de saneamento básico, em especial, aquelas relativas com a coleta e tratamento de lixo e esgotos domésticos do desenvolvimento da indústria e seus despejos compostos com os mais variados poluentes como, por exemplo, os resíduos resultantes de indústrias químicas, têxtil, papel, curtumes, alimentícia, bebidas entre outras. Além do aumento da produção agrícola que demanda uma quantidade maior de fertilizantes inorgânicos e variados agrotóxicos que são transportados pelas águas por meio do escoamento superficial chegando aos corpos hídricos.

A busca por formas de redução de contaminantes da água tem fundamental importância para preservar este recurso cada vez mais escasso. Santos (2015) comenta que

existe a necessidade em buscar materiais alternativos, como os materiais que possuem capacidade de adsorção amplificando os estudos com foco principal no uso de biomassas, estas que fazem parte do resíduo da atividade agroindustrial do país. Conseqüentemente, seriam reparadas duas amplas questões, a disposição final inapropriada do resíduo, visto que este material retornaria para a indústria como matéria-prima para a fabricação de um produto de maior utilidade e a retirada eficaz de contaminantes da água. O que ressalta ainda mais a importância, desse presente estudo, que buscará investigar o potencial de adsorção de um material natural.

Em razão disso, o presente estudo visa desenvolver metodologias de purificação de águas de poços e de abastecimento do Município de Cuité-PB, e águas do rio piranhas do município de Jardim de Piranhas-RN, utilizando a cromatografia em coluna como método analítico por meio de um adsorvente natural obtido da semente e da casca do maracujá, visando adequar o teor de turbidez e condutividade elétrica, propondo adquirir uma água de maior qualidade.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Aplicar cromatografia em coluna para adequação das propriedades físico-químicas de amostras aquosas, além de utilizar adsorvente natural proveniente da semente e da casca do maracujá, para tratamento das amostras.

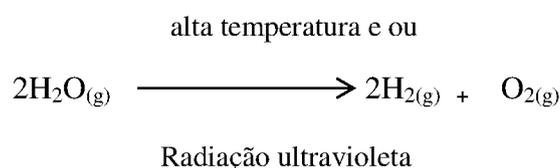
### **2.2. Objetivos Específicos**

- Realizar determinações de pH , turbidez , condutividade elétrica.
- Determinar o teor de cloretos, dureza total e sólidos totais.
- Avaliar a eficiência do adsorvente natural na remoção da turbidez total.
- Propor metodologia de tratamento para águas em estudo utilizando adsorvente natural.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 Águas

A água é encontrada em vários pontos do Universo, na terra, nos espaços interestelares, nos satélites, nos cometas, planetas e na atmosfera de algumas estrelas. Sabe-se também que ela é formada em diferentes partes do universo. Conforme literatura aproximadamente 70% da massa do universo é hidrogênio, mas o oxigênio chega a 1%(LENZI, 2012). Para a formação da água exigem-se condições apropriadas, como alta densidade e temperatura não muito alta, não passando de alguns milhares de grau Celsius (°C). Altas temperaturas, bem como, a radiação ultravioleta, provocam a dissociação da molécula de água (LENZI, 2012).



Embora a água esteja presente nos mais variados recantos, os belos cenários formados pelos oceanos e rios só se conhecem na Terra, pois apenas neste planeta foi, até o presente momento, comprovada a existência da água no estado líquido. No planeta Marte acredita-se que houve água há um milhão de anos atrás. Porém, esta foi evaporada e perdeu-se no espaço, ou foi dissociada. A pequena quantidade de água ainda existente neste planeta está congelada nos polos e, provavelmente, no subsolo, pois Marte tem uma temperatura média de – 53 °C.

Mesmo com todo este cenário existencial da substância água, observa-se que a humanidade tem, de certa forma tentado minimizar os possíveis problemas com a inserção de perfurações de poços artesianos, caixas de água, cisternas de águas de chuva/ ou de carros pipa, entre outros. Contudo, a obtenção dessas águas e o seu armazenamento requer cuidados visando principalmente o princípio de potabilidade indicado pelo Ministério da Saúde.

A necessidade de água potável tem implicações profundas na qualidade de vida de uma comunidade: interferência na saúde do consumidor, na saúde ambiental, em processos de higienização domiciliar de produtos alimentícios e no uso industrial, entre outras. Entretanto a disponibilidade de água tratada não é uniforme em nosso meio; e assim a população da periferia e da zona rural utiliza fontes alternativas, como poços cavados, e nascentes, como

suprimento de água, e nas zonas urbanas que carecem de água por problemas de secas na região recorrem a águas de poços e águas de armazenamento de cisternas, entre outros.

### **3.1. Abastecimento de água**

Os sistemas de abastecimento de água destinam-se a desenvolver a assistência às demandas de consumo, na qualidade e quantidade imprescindível a preservação da saúde e seus variados usos. O abastecimento de água pode ter cunho individual que se aplica á zona rural, porém são muito empregadas em cidades devido à ausência de sistema coletivos, o que resulta algumas vezes em problemas sanitários, uma vez que nem sempre a qualidade imprescindível ao consumo humano é garantida ou o caráter coletivo na forma de sistema de abastecimento público designado a satisfazer as demandas de áreas urbanizadas. O sistema de abastecimento é formado de diversas unidades a partir da captação da água no manancial que é a fonte na qual é feita a retirada da água podendo está ser superficial ou subterrâneo, até a sua distribuição. (DIAS, 2008). Libânio (2010) diz que os mananciais superficiais são provenientes dos cursos d'água, represas e lagos, enquanto as captações subterrâneas de aquíferos confinados e não confinados, designados respectivamente artesianos e freáticos.

### **3.2. Águas superficiais**

São as águas livres que se transportam na superfície terrestre ou se localizam contidas em depressões e grandes mananciais e são utilizadas em maior parte para o consumo e podendo ser especificadas como correntes, que são as águas, que por efeito da ação da gravidade, são encaminhadas aos talvegues os quais são mantidos por outros que apresentam menor capacidade de volume, formando fortes correntes de águas e correntes pouco consideráveis e rios que formam os mares. São considerados como veículos transportadores de organismos patogênicos especialmente de resíduos industriais e sanitários uma vez que em seu curso pela superfície conduzem sedimentos, dissolvem e arrastam impurezas orgânicas, microrganismos e seres de dimensões maiores. E as águas dormentes, que se movimentam em depressões naturais da superfície proporcionando a formação de lagos, lagoas ou reservatórios artificiais. Formam também grandes bacias de decantação, e apresenta um índice de pureza inferior comparado ao das águas correntes, dispendo de uma quantidade menor de materiais solúveis e microrganismos (LIMA e FARIAS 2011).

### **3.3. Águas subterrâneas**

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

Segundo Cardoso et al. (2008) no território nacional a capacidade de água subterrânea não é regular devido à ocorrência de regiões com baixa disponibilidade hídrica como aquelas de ocorrência das rochas cristalinas no semiárido brasileiro e outras com relativa abundância como aquelas alcançadas pelo Aquífero Guarani e outros aquíferos sedimentares. Ainda segundo o autor, as águas de poços subterrâneos e fontes estão sendo altamente empregadas para variadas finalidades, tais como abastecimento humano, irrigação e indústria.

### **3.4. Aspectos químicos e físicos da água**

As características físicas, químicas, biológicas e radiológicas das águas naturais descreve uma sequência de processos que decorre no corpo hídrico e na bacia hidrográfica, como resultado das mencionadas capacidades de dissolução de ampla série de substâncias e de transporte pelo escoamento superficial e subterrâneo (LIBÂNIO, 2010).

#### **3.4.1. Turbidez**

A turbidez da água é provocada pela presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência, podendo ser provocada também pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica além de várias outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia, decorrentes do processo natural de erosão ou de resíduos domésticos e industriais. No processo de tratamento de água a turbidez tem sua relevância, quando a água apresenta turbidez elevada, e dependendo de sua natureza, forma flocos pesados que decantam de forma mais rápida do que água com baixa turbidez. 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 (ALPHA 1998).

#### 3.4.2. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica ou condutância específica representa a capacidade da água natural de condução elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que dissociam em ânions e cátions frequentemente são íons de ferro e manganês, além de  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , desta forma, conseqüentemente, é diretamente proporcional à concentração iônica. A condutividade elétrica da água relaciona a resistência elétrica ao comprimento e é expressa usualmente em  $\mu S/cm$  (microSiemens) (LIBÂNIO, 2010).

#### 3.4.3. Sólidos totais dissolvidos

Sólidos totais dissolvidos (STD) são representados pela soma de todos os constituintes químicos dissolvidos na água e são expressos em  $mg L^{-1}$  mede a concentração de substâncias iônicas. A determinação dos STD indica a presença de produtos químicos contaminantes. As substâncias dissolvidas podem conter íons orgânicos e íons inorgânicos (como carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato, nitrato, cálcio, magnésio e sódio) e em concentrações elevadas podem ser prejudiciais (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011). De acordo com Macedo (2007) todas as impurezas da água, com restrição apenas dos gases dissolvidos, favorecem para a carga de sólidos existentes nos recursos hídricos.

#### 3.4.4. pH

Na água, esse fator é de extrema importância, sobretudo nos processos de tratamento. Na rotina dos laboratórios das estações de tratamento ele é medido e ajustado constantemente sempre que é necessário para favorecer o processo de coagulação e/ou floculação da água e também o controle da desinfecção. (ALPHA, 1998).

#### 3.4.5. Cloretos

Os cloretos estão presentes na água na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio e geralmente estão presentes em águas brutas e tratadas em concentrações que podem variar de pequenos traços até centenas de mg/L. A água do mar, por exemplo, possui concentração elevada de cloretos que está em torno de 26.000 mg/L. Elevadas concentrações de cloretos podem restringir o uso da água em virtude do sabor que eles proporcionam e pelo efeito laxativo que eles podem ocasionar (ALPHA, 1998). Segundo Macêdo (2001), o conhecimento do teor de cloretos das águas tem por objetivo obter o seu grau de mineralização ou traços de poluição, tais como, esgotos domésticos e resíduos industriais.

#### 3.4.6. Dureza total

A dureza da água é provocada pela presença de cátions multivalentes principalmente de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Pode ser classificada como temporária ou permanente. A dureza temporária, chamada também de dureza de carbonatos, é provocada pela influência de bicarbonatos de cálcio e magnésio esse tipo de dureza persiste à ação dos sabões e ocasiona incrustações. É assim classificada porque os bicarbonatos se decompõem em gás carbônico, água e carbonatos insolúveis que se precipitam através da ação do calor. A dureza permanente (dureza de não carbonatos) é correspondente à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio, que também resiste à ação dos sabões, porém não produz incrustações devido o seus sais serem muito solúveis na água e não se decompõe pela ação do calor, (ALPHA, 1998).

### 3.5. Contaminação química da água

A água contaminada propaga numerosos agentes infecciosos que originam doenças como enterites e diarreias infantis que são um dos principais fatores do alto índice de mortalidade infantil no país. O Brasil possui uma disponibilidade de recursos hídricos muito comprometidos do ponto de vista sanitário, em regiões em que o desenvolvimento se procedeu de maneira desenfreada, ocasionando assim a poluição das águas através do lançamento indiscriminado de vários poluentes que são provenientes de esgotos domésticos,

despejos industriais, agrotóxicos e entre outros. Consequentemente, os agentes propagados através da água e causadores de doenças podem ser de natureza biológica ou química. Desta forma, a qualidade da água para consumo humano deve ser considerada como fator imprescindível na elaboração das ações dos Serviços de Abastecimento de Água, sendo eles públicos ou privados, de modo que a água distribuída ao usuário apresente todas as características de qualidade estabelecidas pela legislação vigente (ALPHA, 1998).

Nascimento et al. (2014) discutem a contaminação química da água como uma forma provocada por grande variedade de poluentes orgânicos e inorgânicos, assim como metais tóxicos, BTEX, HPA's, ânions, entre outros, despontou a necessidade de criar novas tecnologias com o objetivo de remover esses poluentes encontrados tanto em resíduos líquidos como em gasosos. Geralmente essas substâncias são encontradas em quantidades traço e normalmente apresentam resistência a métodos de degradação biológica ou não são removidos de fato por métodos de tratamento físico-químicos.

Lima et al. (2008 apud Nunes 2014), argumenta que os tratamentos disponibilizados apresentam algumas desvantagens e inapropriações por este motivo têm-se buscado por tecnologias alternativas e mais eficientes. Como exemplos de alguns desses métodos que vêm sendo investigados temos a eletrodialise, osmose reversa, ultrafiltração e a adsorção. Dentre estes métodos a adsorção apresenta grande vantagem que é a baixa geração de resíduos, a fácil recuperação das espécies adsorvidas e a viabilidade da reutilização dos adsorventes sem provocar impactos.

### **3.6. Adsorção**

De acordo com Gomide (1988), trata-se de uma operação de transferência de massa do tipo sólido-fluido em que se explora a capacidade de alguns sólidos em concentrar na sua superfície certas substâncias que estejam presentes tanto em soluções líquidas como gasosas, o que possibilita separá-las dos demais componentes dessas soluções. O autor comenta que a quantidade total adsorvida geralmente varia entre 5 e 30 % do peso do sólido adsorvente, podendo chegar á 50% . Visto que os componentes adsorvidos se concentram acima da superfície externa do sólido, quanto maior for à superfície externa por unidade de peso de sólido, mais propícia será a adsorção. Em consequência disto, os adsorventes são normalmente sólidos com partículas porosas.

### 3.7. Adsorventes naturais

A utilização de materiais naturais torna-se ainda mais significativa desde que os mesmos sejam provenientes de resíduos agroindustriais que em grande parte consistem em um problema ambiental conforme o volume produzido (MOREIRA, 2010). Godinho (2011) afirma que os resíduos agrícolas de materiais lignocelulósicos produzidos por variados processos são as matérias-primas, que estão sendo mais empregadas para processos adsorptivos, devido a grande disponibilidade e serem renováveis. Ainda de acordo com o autor, o Brasil dispõe de um grande potencial agrícola o que provoca a geração de uma grande quantidade de resíduos agroindustriais que na maioria das vezes são descartados. A atividade frutícola no Brasil, ocupa uma posição de relevância em 14 polos de irrigação do Nordeste que estão em alto desenvolvimento, em razão das condições locais que possibilita a produção de frutas ao longo de quase todo o ano.

#### 3.7.1 Maracujá amarelo (*Passiflora edulis*)

O maracujá amarelo (*Passiflora edulis*) é palavra de origem indígena cujo significado é “comida preparada em cuia”. Mundialmente conhecido como fruta da paixão (passion fruit, fruit de la passion), derivado de “Flos Passionis”, por uma relação mística com a paixão de Cristo, o maracujazeiro é uma planta trepadeira vigorosa da família das passifloráceas, que pode atingir de cinco a dez metros de comprimento. No Brasil, existem mais de 200 espécies conhecidas. No entanto, três apenas são cultivadas: o maracujá amarelo (*Passiflora edulis* flavicarpa), o doce (*Passiflora alata*) e o roxo (*Passiflora edulis*). Somente o maracujá amarelo tem expressão comercial. (KLIEMANN, 2006). Estudo recente tem utilizado o maracujá como coagulante no tratamento de águas provenientes de esgotos. (ALVES, et.al, 2014)

Trata-se de uma das poucas frutas nacionais que apresentou aumento no consumo domiciliar. Segundo o IBGE (1999), o consumo per capita de maracujá passou de 0,284 kg em 1987 para 0,96 kg em 1996, representando aumento de 238% em nove anos. A produção brasileira de maracujá alcançou 298.255 toneladas em 1998 (CHABARIBERY e ALVES, 2001). O maracujá amarelo apresenta resistência às moléstias e grande produtividade em vários países de clima tropical. Adapta-se facilmente ao meio ambiente, produzindo fruta

com maior tamanho e, conseqüentemente, maior rendimento de polpa para fabricação de sucos, além de elevada acidez que permite flexibilidade na adição de açúcar (ITAL, 1980).

### **3.8. Cromatografia em coluna**

A cromatografia é um método físico-químico de separação. Ela está fundamentada na migração diferencial dos componentes de uma mistura, que ocorre devido a diferentes interações, entre duas fases miscíveis, a fase móvel e a fase estacionária. A grande variedade de combinações entre fases móveis e fases estacionária a torna uma técnica extremamente versátil e de grande aplicação. O termo cromatografia foi primeiramente empregado em 1906 e sua utilização é atribuída a um botânico russo ao descrever suas experiências na separação dos componentes de extratos de folhas. A coluna pode ser um tubo simples, aberto em ambas as extremidades, ou semelhante a uma bureta, com uma torneira na parte inferior. O adsorvente pode ser colocado na coluna diretamente (seco) ou suspenso em um solvente adequado (geralmente o próprio eluente a ser usado no processo de separação). (DEGANE 1998).

### **3.9. Caracterização do material**

#### **3.9.1. Espectroscopia Dispersiva de raios X por Energia Dispersiva (EDX)**

As amostras do adsorvente (antes e após o tratamento) foram caracterizadas através do EDX: Espectroscopia Dispersiva de Raios X, por Energia Dispersiva, que trata-se de uma técnica analítica nuclear, instrumental, multielementar e simultânea baseada na medição das intensidades de raios-X característicos emitidos pelos elementos que constituem a amostra a partir de excitação por meio de um feixe de raios-X. O termo “energia dispersiva” refere-se à técnica de detecção dos raios-X emitidos, que é efetuada por um detector de Si que gera um espectro de intensidade em função da energia. A intensidade da energia característica emitida pelos componentes da amostra está relacionada com a concentração de cada elemento presente na amostra (ALEXANDRE & BUENO, 2006).

Para que ocorram as transições eletrônicas, que originarão os raios-X característicos nos átomos, é necessário retirar os elétrons das camadas mais internas dos átomos, camadas

K, L, M, através do efeito fotoelétrico, e isto é conseguido fazendo-se incidir sobre a amostra a ser analisada um feixe de radiação. (ASTM, 2013).

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1. Área de estudo**

Foram analisadas amostras de águas da zona urbana e zona rural do município de Cuité, situado na região centro-norte do Estado da Paraíba, Meso-Região Agreste Paraibano e Micro-Região Curimataú Ocidental possuindo uma área territorial de 741,84 km<sup>2</sup> e altitude de cerca de 650 metros em sua sede. Segundo o IBGE, o município apresenta uma população de 19.978 habitantes. O município está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema e a área da unidade é recortada por rios perenes, porém de pequena vazão e o potencial de água subterrânea é considerado baixo. A outra área localiza-se no município de Jardim de Piranhas é um município brasileiro, situado no estado do Rio Grande do Norte, localizado na região do Seridó, na microrregião do Seridó Ocidental, mesorregião Central Potiguar, localizada a aproximadamente 31 km da cidade de Caicó, fazendo fronteira com a Paraíba, é abastecido pelo Rio Piranhas, onde as amostras foram coletadas. Foram realizadas apenas 1 coleta, no período de janeiro a fevereiro de 2018 (período não chuvoso).

### **4.2. Coleta das amostras**

As amostras das águas em estudo foram coletadas em dois municípios. Foram realizadas coletas de amostras de águas de poços e águas de abastecimento, na zona urbana e rural do município de Cuité-PB (Tabelas 1 e 2) e amostras de águas do Rio Piranhas localizado no município de Jardim de Piranhas-RN. 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 1,5 mL previamente higienizadas, preenchidas e mantidas em refrigeração durante todo período das análises.

**Tabela 1.** Localização, profundidade, latitude e longitude dos poços da zona rural e urbana de Cuité-PB.

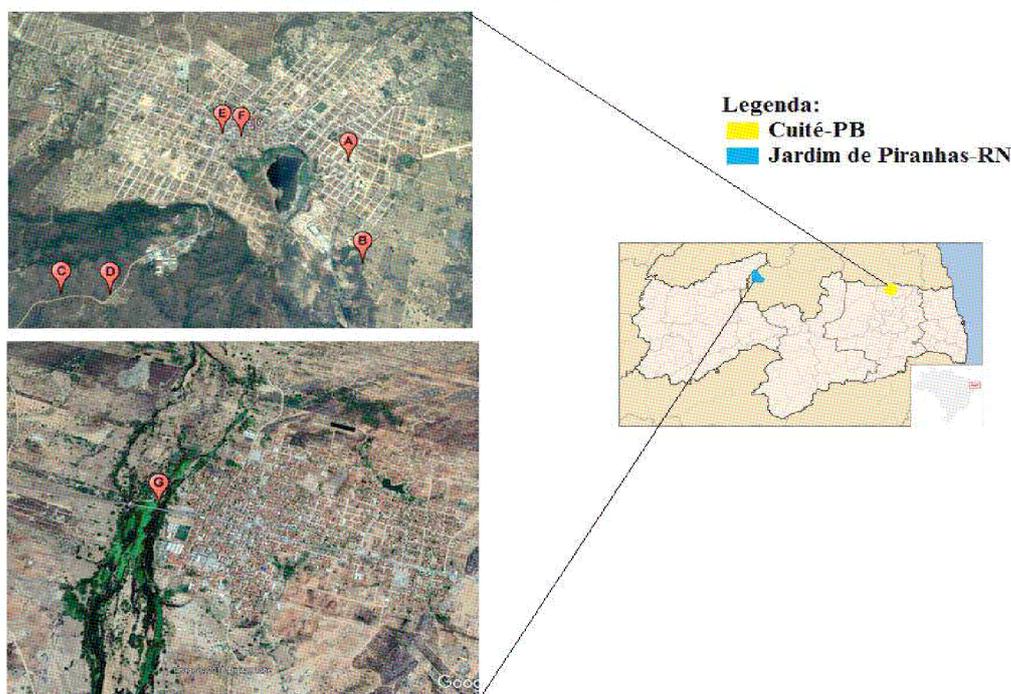
Pontos	Localização	Latitude e Longitude	Profundidade
A	Av. Petrônio Figueiredo	S 815510/ E 9282085	40 metros
B	Sítio Bela Vista	S 815544/ E 9281158	35 metros
C	Sítio Federação	S 811904/ E 9279751	50 metros
D	Sítio Morada Nova	S 812723/ E 92805523	50 metros
E	Rua Pedro Gondim	S 814539 / E 9282219	60 metros

Fonte: Dados da Pesquisa.

**Tabela 2.** Localização, latitude e longitude dos pontos de águas de abastecimento de Cuité-PB e águas do Rio Piranhas localizado em Jardim de Piranhas-RN.

Ponto	Localização	Latitude e Longitude
F	Rua Petrônio Figueiredo Cuité-PB	S 814806/ E9282247
G	Rio Piranhas Jardim de Piranhas-RN	S 681920 / E9294664

Fonte: Dados da Pesquisa.

**Figura 1.** Localização dos pontos e dos municípios de Cuité-PB e Jardim de Piranhas-RN.

Fonte: Google Earth e Wikipédia, 2016 (adaptado).

### 4.3. Caracterização dos parâmetros físico-químicos

As análises foram realizadas nos laboratórios de Química Analítica, Farmácia Escola e laboratório de Biocombustíveis do Centro de Educação e Saúde da Universidade Federal de Campina Grande e seguiram metodologias recomendadas pelo manual prático de análise de água da Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA,1998) e pelo livro Águas e Águas métodos laboratoriais de análises físico químicas e microbiológica (MACÊDO, 2001). Todas as determinações foram realizadas em triplicata para um melhor tratamento de dados.

#### 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  $7,00 \pm 0,01$  e básico de  $4,00 \pm 0,01$ .

**Figura 2.** Potenciômetro utilizado nas análises de pH.



**Fonte:** Dados da pesquisa.

#### 4.3.2. Condutividade elétrica

A condutividade foi determinada utilizando um condutivímetro 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  $25^\circ\text{C}$ .

#### 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 foram adicionadas as amostras e realizada a leitura.

**Figura 3.** Turbidímetro.



**Fonte:** Dados da pesquisa.

#### 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) e utilizando como indicador negro de eriocromo - T. O volume obtido na titulação foi utilizado para determinação dos resultados. (MACEDO, 2001)

$$\text{Dureza total em mg/L CaCO}_3 = \frac{M_{\text{EDTA}} \cdot V_{\text{EDTA}} (\text{ml}) \cdot Fc \cdot 100 \cdot 1000}{V_{\text{ml da amostra}}} \quad (1.0)$$

#### 4.3.5. Cloretos

Na determinação do teor de cloreto foi utilizado a volumetria de precipitação com nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) pelo método de Mohr. Os cálculos da concentração de cloreto foram obtidos por meio da equação (2.0) (ALPHA, 1998).

$$\text{Cloreto mg. L}^{-1} \text{ Cl} = \frac{V_{\text{ml de AgNO}_3} \cdot M_{\text{AgNO}_3} \cdot 35,45}{V_{\text{ml da amostra}}} \quad (2.0)$$

#### 4.3.6. Sólidos dissolvidos totais (SDT)

A condutividade elétrica da água decorre da quantidade de sais dissolvidos, sendo aproximadamente proporcional a sua quantidade. Por esta razão a determinação da condutividade elétrica possibilita estimar de modo rápido da quantidade de sólidos totais dissolvidos (SDT) presentes na água. (HELLER e PÁDUA, 2006). Na tabela 3 apresenta-se a relação entre condutividade e SDT.

**Tabela 3.** Relações para determinação dos SDT em função da condutividade.

<b>Condutividade (<math>\mu\text{/cm}</math>)</b>	<b>STD (mg/L)</b>
<b>Menor que 1000</b>	0,68 x condutividade
<b>De 1000 a 4000</b>	0,75 x condutividade
<b>De 4000 a 10000</b>	0,82 x condutividade

Fonte: Bezerra, 2004.

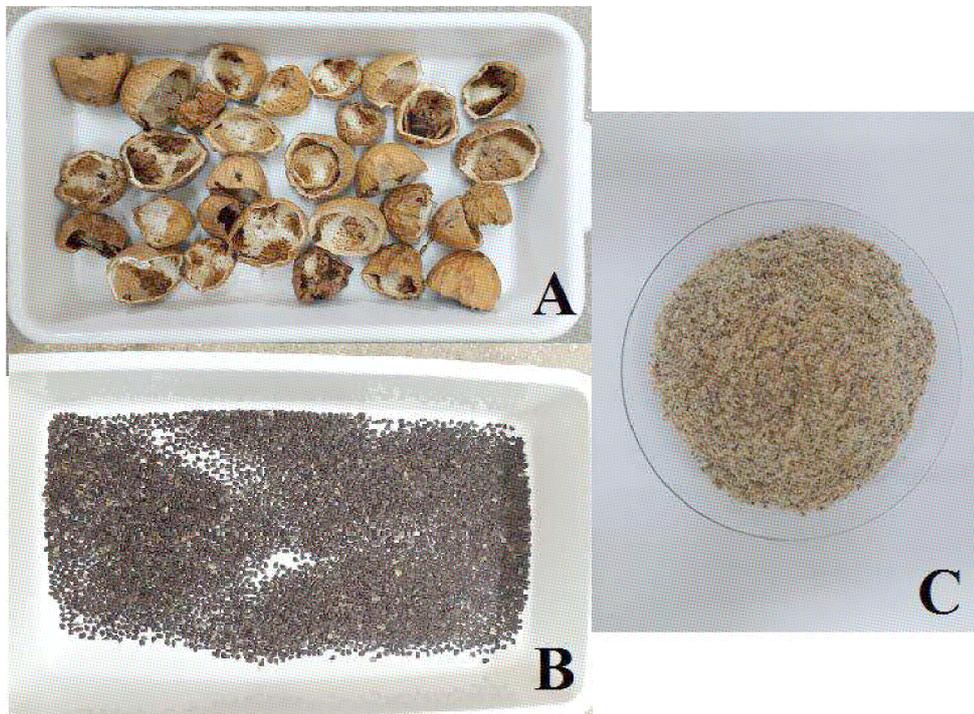
Deste modo as determinações de sólidos dissolvidos totais foram realizadas pela seguinte equação (3.0) de acordo com valor de cada condutividade elétrica.

$$\text{SDT (mg/L)} = 0,68 \times \text{CE (}\mu\text{S cm}^{-1}\text{)} \quad (3.0)$$

#### 4.4. Preparação do adsorvente natural

Os frutos foram coletados em uma área particular na zona rural do município de Cuité-PB, localizado no sítio Bela vista, feitos com apenas uma coleta, no período de Janeiro de 2018. Para a obtenção do adsorvente as sementes foram separadas da polpa, e da casca do fruto, posteriormente as sementes foram lavadas para retirar os resíduos e colocadas para secar ao sol por um período de 30 dias. Após a secagem, as sementes e cascas foram trituradas em um micro processador da marca MALORY, com capacidade de 5 L, em seguida o material foi peneirado para a obtenção da forma de farelo. (Figura 4).

**Figura 4.** Imagem dos adsorventes utilizados: (A) Cascas depois de secas. (B) Sementes depois de secas. (C) Sementes e cascas trituradas.



**Fonte:** Dados da Pesquisa.

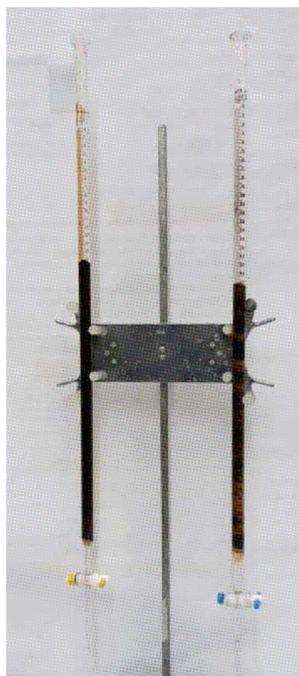
#### 4.5. Tratamento com adsorventes

Após a determinação dos parâmetros físico-químicos foram realizados testes de adsorção, onde as amostras foram tratadas por meio de uma coluna preparativa para o adsorvente natural. As medidas analisadas de condutividade e turbidez foram realizadas antes e após o tratamento com o adsorvente para comparação dos resultados.

##### 4.5.1. Adsorvente natural

Para o tratamento das amostras com o adsorvente natural foi utilizado o método de cromatografia em coluna com uma bureta de 50 mL, onde a coluna foi preenchida com aproximadamente 30g do adsorvente natural (fase estacionária) que foi previamente lavado com água destilada até que a água residual da lavagem estivesse límpida, por onde foram percolados 50 mL das amostras das águas dos pontos analisados (fase móvel), numa vazão de aproximadamente 1 mL/min. (Figura 5).

**Figura 5.** Colunas com semente e casca do maracujá.



**Fonte:** Dados da Pesquisa.

#### **4.6. Caracterização do material**

##### **4.6.1. Espectroscopia Dispersiva de raios X por Energia de Dispersiva (EDX)**

A determinação da composição química do adsorvente (maracujá) foi realizada pela técnica de Espectroscopia Dispersiva de raios-X por dispersão de energia – 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 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 porta tubos com dimensões de comp.: 15 cm – lar.: 13 cm e alt.: 14 cm. 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 de tubo. Em seguida a amostra foi introduzida por oito minutos de leitura.

**Figura 6.** Espectrofotômetro (EDX).



**Fonte:** Dados da pesquisa.

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. Parâmetros físico- químicos**

Nas tabelas 4 e 5 respectivamente podem ser observados a média seguida do desvio-padrão dos resultados obtidos dos parâmetros físico-químicos analisados, sendo estes: medidas de pH, turbidez, cloretos, dureza total, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais, obtidos para as amostras de águas subterrâneas e de abastecimento dos municípios de Cuité – PB e do Rio Piranhas localizado em Jardim de Piranhas – RN.

É importante ressaltar que medidas como pH, condutividade elétrica e teor de sólidos dissolvidos não tem suas características mantidas com a preservação e suas medidas teriam que ser realizadas no local de coleta utilizando materiais portáteis, no entanto, as amostras foram analisadas o mais rápido possível após a chegada ao laboratório para minimizar alterações entre a amostragem e as análises.

**Tabela 4.** Resultados das determinações físico-químicas dos pontos A, B, C e D.

Parâmetros Físico-químicos	Pontos Analisados			
	A	B	C	D
pH	3,27 ± (0,01)	4,05 ± (0,01)	7,84 ± (0,01)	7,21 ± (0,01)
Turbidez (NTU)	0,46 ± (0,02)	0,09 ± (0,01)	0,80 ± (0,03)	4,99 ± (0,07)
Cloretos (mg/L)	1,52 ± (0,03)	0,64 ± (0,04)	2,96 ± (0,05)	2,75 ± (0,03)
Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	52,2 ± (0,06)	4,59 ± (0,02)	290,0± (0,06)	390,0± (0,08)
Condutividade elétrica (mS.cm <sup>-1</sup> )	3,53 ± (0,04)	4,56 ± (0,02)	7,68 ± (0,05)	7,71 ± (0,03)
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	2620 ± (0,05)	3420 ± (0,04)	5760 ± (0,06)	5780 ± (0,05)

Fonte: Dados da Pesquisa.

**Tabela 5.** Resultados das determinações físico-químicas dos pontos E, F e G.

Parâmetros Físico-químicos	Pontos Analisados		
	E	F	G
pH	4,45 ± (0,03)	4,52 ± (0,03)	7,65 ± (0,02)
Turbidez (NTU)	0,10 ± (0,02)	0,03 ± (0,04)	52,9 ± (0,05)
Cloretos (mg/L)	1,15 ± (0,02)	0,93 ± (0,07)	0,03 ± (0,06)
Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	254,22 ± (0,04)	221,39 ± (0,06)	1,15 ± (0,03)
Condutividade elétrica (mS.cm <sup>-1</sup> )	3,32 ± (0,01)	2,64 ± (0,02)	0,215 ± (0,02)
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	2490 ± (0,04)	1980 ± (0,05)	161 ± (0,03)

Fonte: Dados da Pesquisa.

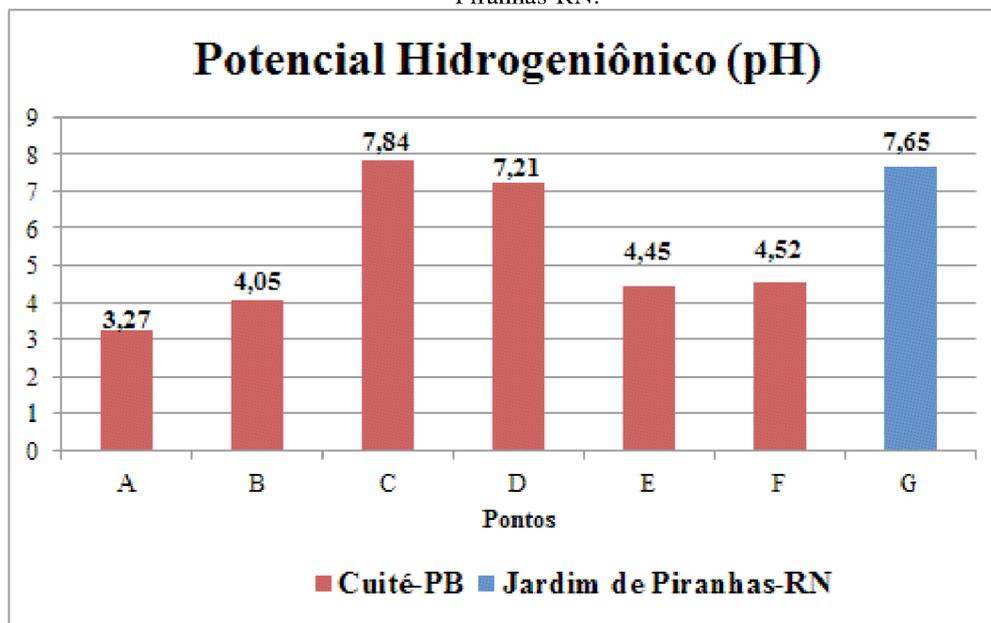
### 5.1.1 pH

Os valores de pH representam a concentração de íons hidrogênio em uma solução (ALPHA, 1998). O valor do pH influencia na organização das formas livre e ionizada de vários compostos químicos, além de auxiliar para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e de determinar o potencial de toxicidade de diversos elementos. 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 (ALPHA, 1998).

Conforme o gráfico 1, os valores encontrados de pH para os pontos A, B, E e F foram respectivamente: 3,27; 4,05; 4,45 e 4,52 caracterizando as amostras como ácidas, dessa forma esses pontos encontram-se fora dos valores estabelecidos pela portaria 2914/11 do Ministério da Saúde que estabelece que os valores variem de 6,0 a 9,5. Os pontos C, D e G, apresentaram valores de pH igual: 7,84; 7,21 e 7,65 caracterizados por um pH levemente básico, sendo portanto aceitável para o consumo humano de acordo com a portaria 2914/11 do Ministério da Saúde. A maioria das águas subterrâneas tem pH entre 5,5 e 8,5. Em casos excepcionais pode variar entre 3 e 11 (Santos, 2013).

Segundo Veiga (2005) as variações nos valores de pH podem estar relacionados com sua alta concentração de amônia uma vez que é muito influenciado pela quantidade de matéria orgânica em decomposição, sendo que quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, pois para haver decomposição desse material muitos ácidos são produzidos.

**Gráfico 1.** Valores médios de pH de águas dos pontos localizados na cidade de Cuité-PB e Jardim de Piranhas-RN.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Costa et al. (2016) encontrou valores de pH iguais a 8,16 e 7,8 para poços na cidade de Pombal – PB, Vieira et al. (2012) encontrou 6,3; 6,6; e 7,7 para poços na cidade de Teresina-PI. Santos e Mohr (2013), encontraram valores iguais a 5,65; 6,98 e 6,15 em poços nas regiões do Rio Grande do Sul, Castro et al. (2014) encontrou valores iguais a 3,75 e 5,42 em poços na cidade de Barcarena – Pará, valores aproximados aos resultados encontrados neste estudo.

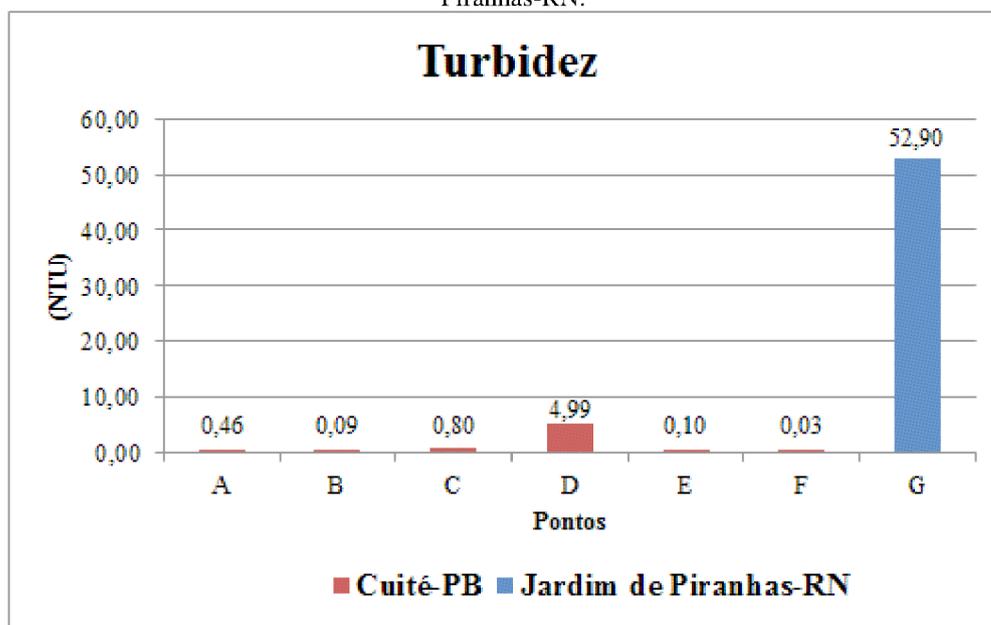
### 5.1.3. Turbidez

A turbidez da água é provocada pela presença de materiais sólidos em suspensão tais como: algas, plâncton, matéria orgânica e entre outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais em suspensão, que reduzem a sua transparência (ALPHA, 1998). Segundo Libânio (2010) a turbidez de águas subterrâneas geralmente apresentasse inferior 1 NTU, normalmente decorrente da presença de ferro e manganês.

Para a turbidez os valores encontrados para os pontos A, B e C apresentaram valores entre 0,46; 0,09 e 0,80 NTU respectivamente e para os pontos D, E, F e G os valores foram de

4,99; 0,10; 0,03 e 52,9 NTU conforme o gráfico 2. Apenas o ponto G apresentou valor acima de 5 NTU o valor que esta fora dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde para água de consumo humano.

**Gráfico2.** Valores médios de turbidez de águas dos pontos localizados na cidade de Cuité-PB e Jardim de Piranhas-RN.



Fonte: Dados da pesquisa.

Resultados semelhantes foram encontrados por Vieira et al. (2012) que foram iguais a 0,43; 0,72 e 0,33 NTU e por Santos e Mohr (2013) de 1,360; 0,256 e 0,104 NTU enquanto Castro et al (2014) obteve valores entre 0,02 e 26,4 NTU e Veiga (2015) valores entre 0,87 a 34,64 NTU. 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.

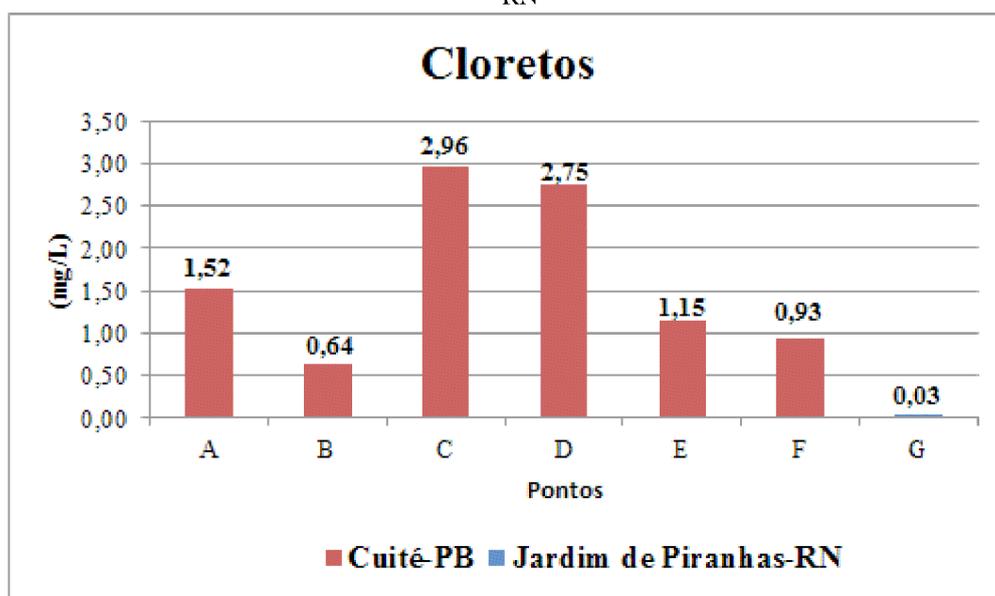
#### 5.1.4. Cloretos

De modo geral os cloretos estão presentes em águas brutas e tratadas em concentrações que podem variar de pequenos traços até mesmo centenas de mg/L. Se encontram presentes na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio. Altas concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em consequência do sabor que eles proporcionam e pelo efeito laxativo que eles podem causar (ALPHA, 1998). Segundo

ALPHA, (1998) os cloretos normalmente são provenientes da dissolução de minerais ou da introdução de águas no mar.

Para a determinação de cloretos os valores encontrados para os pontos A, B e C apresentaram valores entre 1,52; 0,64 e 2,96 mg/L respectivamente e para os pontos D, E, F e G valores 2,75; 1,15; 0,93 e 0,03 mg/L conforme o Gráfico 3 evidenciando o baixo teor de cloretos nas amostras analisadas que se encontram dentro do valor máximo permitido para cloretos de 250 mg/ L. Segundo Feitosa e Filho (2000) o cloreto é resultante do processo de lixiviação de minerais ferromagnesianos das rochas ígneas que são pobres em cloretos e de rochas elvaporíticas como a sal-gema. E em águas subterrâneas apresentam valores inferiores a 100 mg/L.

**Gráfico 3.** Valores médios de Cloretos dos pontos localizados na cidade de Cuité-PB e Jardim de Piranhas-RN



Fonte: Dados da Pesquisa.

Valores encontrados para cloretos por Vieira et al. (2012) foram de 4,15; 5,0 e 1,09 mg/L enquanto Lima et al. (2015) obteve concentrações de 84; 266 e 126 mg/L valores muito acima dos resultados encontrados no presente estudo que podem ser provenientes de efluentes domésticos ou industriais por se tratar de uma área urbana. Veiga (2005) e Costa et al. (2012) encontraram resultados que variaram de 14,2 á 213 mg/L e 0 a 350,6 mg/L respectivamente, de poços localizados em regiões centrais de Florianópolis e do Ceará.

### 5.1.5. Dureza Total

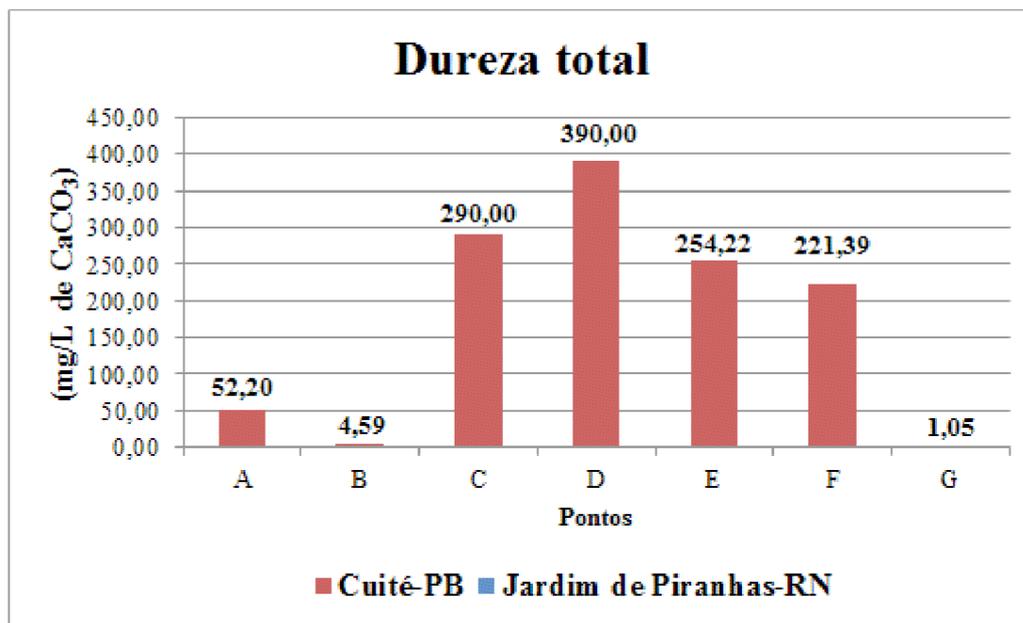
A dureza da água é expressa em mg/L de equivalente em carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e pode ser classificada em mole ou branda quando  $< 50$  mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ; dureza moderada entre 50 mg/L e 150 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ; dura: entre 150 mg/L e 300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ; e muito dura quando apresentar dureza  $> 300$  mg/L de  $\text{CaCO}_3$  (ALPHA, 1998). Segundo Silva (2015) a dureza não consiste em um contaminante, porém uma característica da água que apresenta uma grande variação em todo o mundo e que apresenta impactos a saúde humana quando utilizada para fins potáveis.

Em águas subterrâneas principalmente devido ao processo de lixiviação da água no solo é em geral mais duras do que as águas superficiais. Águas que apresentam uma alta dureza reduzem a formação de espuma, o que implica em um maior consumo de sabões e xampus, além de ocasionar incrustações nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, devido à precipitação dos cátions em altas temperaturas (ALPHA, 1998).

Os valores encontrados para a dureza total que é representada pela soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) das amostras analisadas dos pontos A, B e C apresentam os valores 52,2; 4,59 e 290,0 mg/L  $\text{CaCO}_3$  respectivamente sendo classificada como dureza moderada para o poço A, água mole ou branda para o ponto B e água dura para o ponto C, no entanto dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde, que estabelece para dureza total o teor de 500 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  como valor máximo permitido para água potável.

As amostras dos pontos D, E, F e G apresentaram valores 390,0; 254,22; 221,39 e 1,15 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  respectivamente, classificando o ponto D como água muito dura, o ponto E e F como água dura, e o ponto G como água mole ou branda, no entanto dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde, que estabelece para dureza total o teor de 500 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  como valor máximo permitido para água potável.

**Gráfico 4.** Valores médios de dureza total de águas dos pontos localizados na cidade de Cuité-PB e Jardim de Piranha-PB



**Fonte:** Dados da Pesquisa.

Em dados apresentado por Vieira et al (2012) e Santos e Mohr (2013) encontraram valores para dureza total de águas de poços 54,29; 60,48 e 22,68 mg/L de CaCO<sub>3</sub> e 56,7; 53,4 e 60,7 mg/L de CaCO<sub>3</sub> respectivamente. Lima et al. (2015) obteve valores semelhantes ao deste estudo com resultados iguais a 171,972; 273,132 e 384,4 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Abdalla et al. (2010) encontrou teores de dureza que variaram de 27,54 a 117,6 mg/L de CaCO<sub>3</sub> em poços no município de Rosário- MA, Veiga (2015) obteve valores entre 10 e 204 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Já Farias, Farias e Neto (2016) obtiveram os seguintes resultados em amostras de poços coletado em períodos distintos no município de Boa Vista – PB: 237,5 a 3850 mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

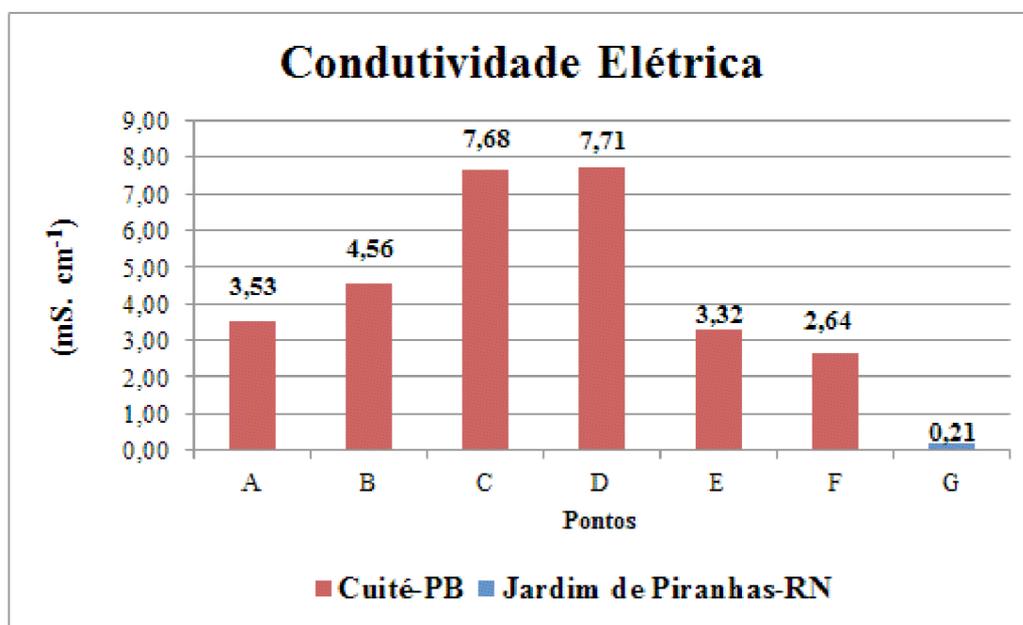
#### 5.1.6. Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica da água representa 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 é a oportunidade para ação eletrolítica consequentemente maior a capacidade em conduzir corrente elétrica (ALPHA, 1998). A condutividade elétrica é influenciada pelas características pedológicas do solo, ou seja, a região de maior concentração iônica corresponde com a área em que a textura do solo é

mais fina, reduzindo a lavagem de sais. (MONTENEGRO et al., 2001 apud ANDRADE et al., 2012).

Para a condutividade elétrica foram encontrados valores para os pontos A, B e C entre 3,53; 4,56 e 7,68  $\text{mS.cm}^{-1}$  respectivamente e para os pontos D, E, F e G os valores foram 7,71; 3,32; 2,64 e 0,215  $\text{mS.cm}^{-1}$  respectivamente evidenciando ser uma área onde ocorre uma maior concentração de sais, tanto no solo quanto na água subterrânea conforme os dados apresentado no gráfico 5, no entanto, o Ministério da Saúde não estabelece um valor máximo permitido para condutividade elétrica.

**Gráfico 5.** Valores médios de Condutividade elétrica de águas dos pontos localizados na cidade de Cuité-PB e Jardim de Piranhas-RN



Fonte: Dados da Pesquisa.

Vieira et al. (2012) , Santos e Mohr (2013) obtiveram valores um pouco menores para a condutividade, iguais a 0,395; 0,444; 0,506  $\text{mS.cm}^{-1}$  e 0,1725; 0,1637; 0,633  $\text{mS.cm}^{-1}$  respectivamente. Oliveira et al. (2016) obteve resultados semelhantes com valores iguais a 0,0321 e 0,376  $\text{mS.cm}^{-1}$  . Enquanto Farias, Farias e Neto (2016) encontraram valores que variaram de 140 a 1522  $\text{mS.cm}^{-1}$  .

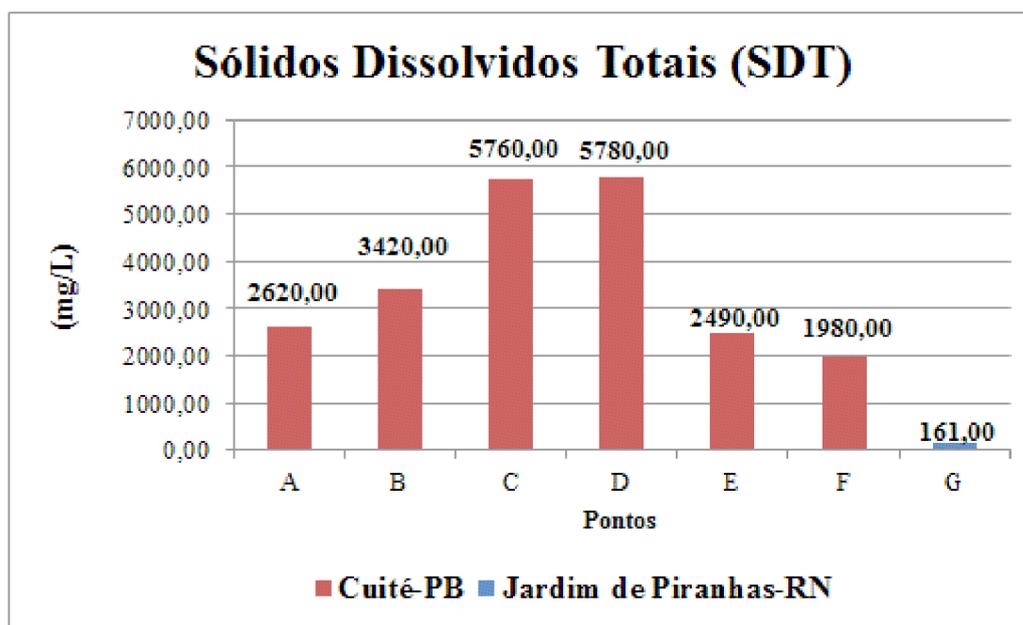
#### 5.1.7. Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)

Sólidos dissolvidos totais (SDT) representam a soma de todos os constituintes químicos que estão dissolvidos na água. A determinação dos SDT tem função de indicar a

qualidade da aparência da água potável e também de apontar a presença de produtos químicos contaminantes. Os fatores relevantes de STD em águas receptoras são de origens agrícolas e residenciais, de lixiviados de contaminação do solo de descarga de poluição das águas industriais ou também daquelas decorrentes de estações de tratamento de esgoto. As substâncias dissolvidas podem conter íons orgânicos e íons inorgânicos (como o carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato, nitrato, cálcio, magnésio e sódio) que em altas concentrações podem ser prejudiciais à vida aquática (PARRON; MUNIZ, PEREIRA, 2011).

O Ministério da Saúde estabelece o valor máximo de 1000 mg/L de STD para água de consumo humano. Os valores encontrados para STD nas amostras dos pontos A, B e C apresentaram os resultados 2620; 3420 e 5760 mg/L respectivamente com valores fora do estabelecido pela portaria do ministério da saúde. Os pontos D, E, F e G também apresentaram altos valores de STD com os valores 5780; 2490; 1980 e 161 mg/L respectivamente e fora dos padrões estabelecidos, apenas o ponto G apresenta valor dentro do permitido, conforme os dados apresentados no gráfico 6.

**Gráfico 6.** Valores médios de STD de águas dos pontos localizados na cidade de Cuité-PB e Jardim de Piranhas-RN.



Fonte: Dados da Pesquisa

Segundo Casali (2008) águas com excesso de STD se torna desagradável ao paladar em razão da alteração no gosto, e o seu consumo pode provocar o acúmulo de sais na corrente sanguínea e ocasionar a formação de cálculos renais. O seu excesso também pode acarretar

problemas de corrosão em tubulações. Com base nos valores estimados de STD, as águas podem ser classificadas como doces quando o valor de SDT estiver entre 0-500 mg/L, salobras quando > 500 -1500 mg/L ou salgadas quando > 1500 mg/L (ANA, 2010).

Lima et al. (2015) obteve valores para os sólidos dissolvidos totais iguais a 416; 924 e 716 mg/L, em poços analisados por Veiga (2005) e Oliveira et al. (2016) os resultados variaram de 10 a 150 mg/L e 20,865 a 244 mg/L respectivamente sendo todos esses valores abaixo do encontrado neste estudo. Farias, Farias e Neto (2016) analisaram em períodos distintos os teores de SDT em poços e obtiveram resultados que variam de 500 a 1500 mg/L.

## **5.2. Caracterização das amostras de água após o tratamento com o adsorvente**

### **5.2.1. Adsorvente Natural**

O adsorvente natural (semente e casca do maracujá) foi testado em colunas adaptadas, para avaliar sua eficiência na adsorção de substâncias das amostras de águas de poços subterrâneos e águas de abastecimento. As amostras de águas que apresentaram maior teor de turbidez foi a do ponto G valor de 52,9 NTU por isso utilizou-se este ponto para testar a eficácia do adsorvente. Após o tratamento foi verificado que houve uma redução considerável na turbidez da amostra analisada de 52,9 NTU para 3,74 NTU para o ponto G. Foi constatado também que houve uma diminuição da condutividade elétrica da amostra que ficou mais baixa após o tratamento. Foram realizados também testes de pH, cloretos e dureza total, após adsorção, porém não foram evidenciadas alterações nessas medidas (SANTOS, 2015). Os resultados dos valores médios das análises físico-químicas para turbidez e condutividade elétrica após tratamento com o adsorvente proveniente da semente e da casca do maracujá estão indicados na Tabela 6.

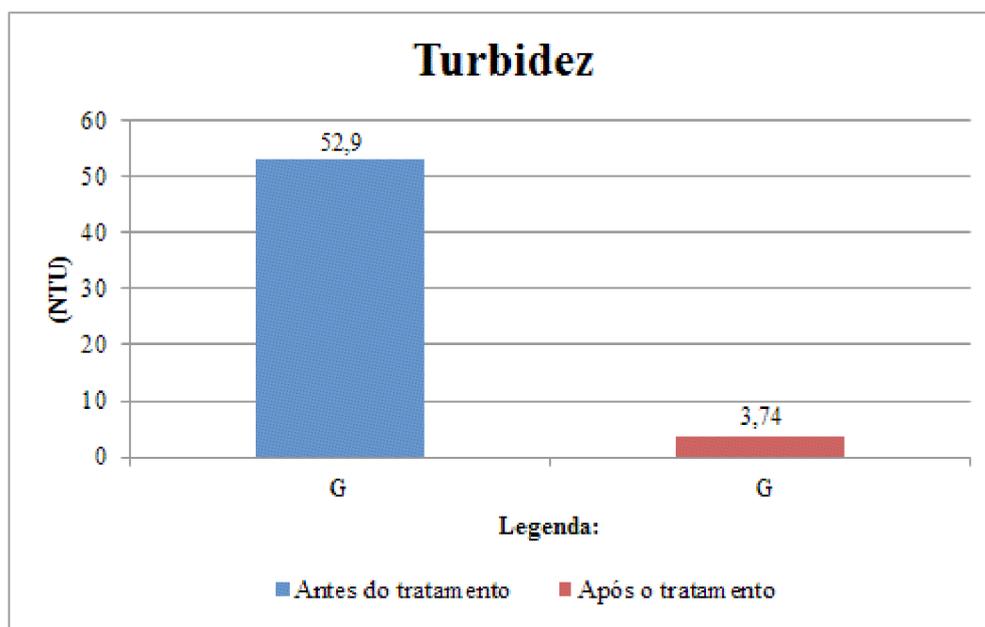
**Tabela 6.** Dados obtidos dos valores médios de Turbidez e condutividade elétrica antes e após o tratamento com adsorvente natural para três amostras.

Pontos	G	E	F	G
<b>Parâmetros Analisados</b>	Turbidez (NTU)	Condutividade Elétrica (mS.cm <sup>-1</sup> )		
<b>Antes do tratamento</b>	52,9 ± 0,03	3,32 ± 0,02	2,64 ± 0,05	0,215 ± 0,02
<b>Após o tratamento</b>	3,74 ± 0,06	1,603 ± 0,04	2,25 ± 0,02	0,141 ± 0,02

**Fonte:** Dados da Pesquisa.

Resultados dos valores médios das análises físico-químicas para turbidez e condutividade elétrica após tratamento com o adsorvente proveniente da semente e da casca do maracujá estão indicados nos gráficos a seguir.

**Gráfico 7.** Valores médios de Turbidez após o tratamento com adsorventes para o ponto G.

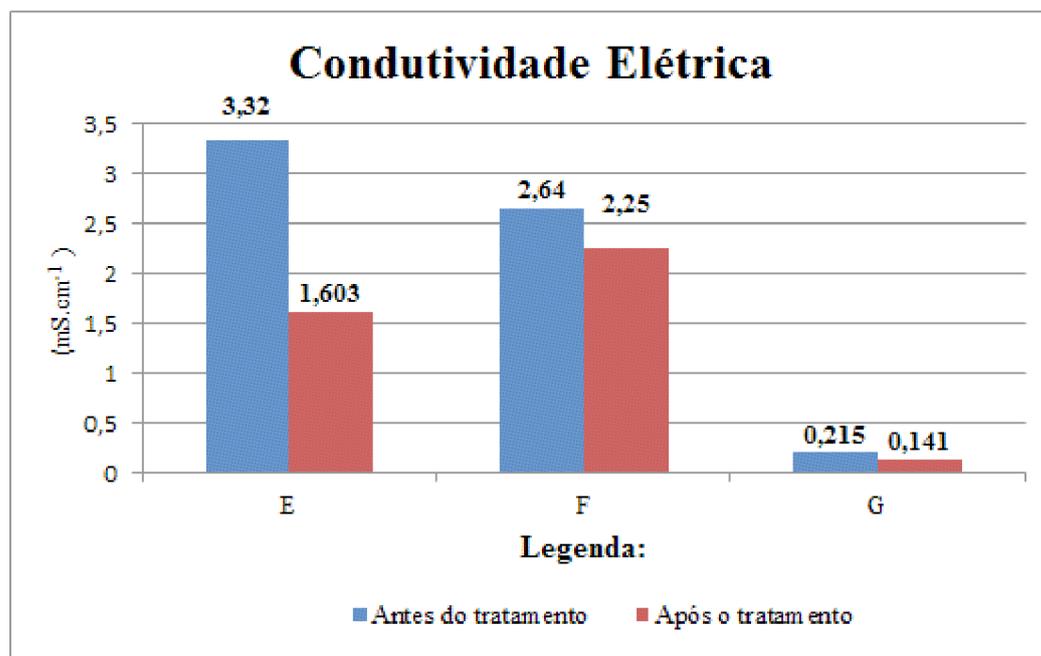


**Fonte:** Dados da Pesquisa.

Os valores elevados nas águas naturais do Rio Piranhas podem estar relacionados à presença de materiais sólidos em suspensos como detritos de árvores mortas, vegetação nas margens do Rio ou erosão, tudo isso resulta no valor acima do máximo estabelecido pela

Portaria 2.914/2011 do ministério da saúde. O uso do adsorvente natural do farelo do maracujá se mostrou eficiente em remover uma grande parte desses detritos, tornando o valor de turbidez dentro dos padrões após o tratamento.

**Gráfico 8.** Valores médios de Condutividade elétrica após o tratamento com adsorventes.



Fonte: Dados da Pesquisa.

### 5.3. Espectroscopia de Raios X, por Energia Dispersiva (EDX)

Os resultados dos Espectros de Raios X, para o adsorvente do maracujá antes e após o tratamento com águas do ponto G, podem ser observados na tabela 7.

**Tabela 7.** Resultados dos Espectros de Raios X, por Dispersão de Energia.

<b>Elemento</b>	<b>Antes do tratamento</b>	<b>Após tratamento</b>
K	61,807 %	24,268 %
P	16,332 %	6,596 %
S	15,643 %	17,523 %
Fe	2,523 %	4,028 %
Zn	2,285 %	5,206 %
Cu	0,820 %	2,430 %
Mn	0,589 %	-
Ca	-	31,697 %
Pb	-	8,252 %

**Fonte:** dados da pesquisa.

Através da análise realizada pela espectroscopia de raios-X por dispersão de energia (EDX), foi possível verificar que o adsorvente natural utilizado reduziu as concentrações dos elementos: enxofre, ferro, zinco, cobre, cálcio e chumbo, das águas em estudo. Assim, como também foi possível observar que o adsorvente natural permitiu liberação de todo o elemento manganês de sua composição e a elevação das concentrações dos elementos: potássio e fosforo. Isso ocorreu devido as características do adsorvente e a interação com a água.

A liberação de potássio e fósforo pode ser um fator preocupante, principalmente pelo alto índice deste primeiro, o que pode acarretar em um contaminante significativo.

De modo geral o processo de espectroscopia de raios-X por dispersão de energia (EDX) indicou a redução de metais pesados presentes nas águas, o que explica a diminuição na condutividade elétrica das amostras, após o tratamento, pela retirada de uma parte dos metais dissolvidos nas amostras.

## 6. CONCLUSÃO

As amostras de águas de abastecimento do município de Jardim do Piranhas-RN apresentaram valores de parâmetros físico-químicos analisados dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde de acordo com a portaria n.º 2.914/2011, com exceção do parâmetro de Turbidez que apresentou um valor muito acima do valor estabelecido.

Para o município de Cuité – PB os pontos analisados apresentaram, em sua maioria, valores de parâmetros físico-químicos referentes aos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde para água potável, com exceção do parâmetro de pH, como um valor abaixo do indicado, e o parâmetro de sólidos dissolvidos totais, com valor muito acima do indicado, sendo estes impróprio para o consumo humano.

O uso do adsorvente natural obtido a partir da semente e da casca do maracujá aplicado à cromatografia em coluna (adsorção) apresentou um resultado significativo devido a considerável redução do teor de Turbidez e Condutividade Elétrica das amostras de águas analisadas, apresentando-se também como um importante adsorvente para este tipo de metodologia, sendo um resíduo agroindustrial abundante torna-se uma alternativa de baixo custo, eficiente e viável para tratamento de águas que apresentem alto teor de Turbidez e condutividade elétrica como no caso do ponto G. Portanto, esta metodologia pode ser utilizada para águas para usos industriais ou para o reuso de efluentes industriais que precisam passar por um processo de abrandamento.

## 7. REFERÊNCIAS

ABDALLA, K. V. P.; CAVALCANTE, P. R. S.; COSTA NETO, J. P.; BARBIERI, R.; MESQUITA NETO, M. C. **Avaliação da dureza e das Concentrações de Cálcio e Magnésio em Águas Subterrâneas da Zona Urbana e Rural do Município de Rosário-MA.** In: XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2010, São Luís-MA. Anais. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22915> > Acesso em: 18 de maio de 2018.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Balço das águas:** Publicação anual da agencia nacional das águas. 2015.

ALEXANDRE T. L.; BUENO, M. I. M. S. **Classification of some species, genera and families of plants by x-ray spectrometry.** X-ray spectrometry, v. 35, n.4, p. 257- 260, 2006.

ANDERSEN, O.; ANDERSEN, V.U. **As frutas silvestres brasileiras.** 3. ed. São Paulo: Globo, 1989. 203 p.

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.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 th ed. Washington: APHA/AWWA, 1998.

ALVES. P. S; SANTOS. E. R.; SANTANA. A. L. S; CARVALHO. L. O. **Avaliação da eficiência do uso de cascas de batata, de mandioca e de maracujá como coagulantes no tratamento de esgoto da ete Recanto das Emas – DF.** In: V Congresso de gestão Ambiental. 2014. Belo Horizonte: IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2014.

AMORIM, M. C. de; PORTO, E. R. **Avaliação da Qualidade Bacteriológica das Águas de Cisternas: Estudo de Caso no Município de Petrolina.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 03, 2001. Petrolina – PE. **Anais...** Pernambuco: ABCMAC, 2001. p. 2 – 5.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRANEAS. Disponível em: <[www.abas.org/educacao.php](http://www.abas.org/educacao.php)>, Acesso em 14 de maio de 2018.

ASTM INTERNATIONAL. E1508: **standard guide for quantitative analysis by energy-dispersive spectroscopy**, Philadelphia, 2003.

AZEVEDO NETTO, J.M. & RICHTER, C.A. Tratamento de Água. **Tecnologia Atualizada**. Editora Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 1991.

BACCAN, N., ANDRADE, J.C., **Química Analítica Quantitativa Elementar**. 3ª ed. São Paulo: Edgard Blücher. 2004.

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BRASIL. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Cuité, estado da Paraíba**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

Brasil. Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde**. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Portaria MS n.º 2914/2011**/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação- Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2012.

BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., 2001. Campina Grande - PB. **Anais...** Campina Grande, 2001.

BONATO, P. S. **Fundamentos de Cromatografia**. São Paulo: Unicamp, 2006.

CARDOSO, F. B. F. et al. **Poços tubulares construídos no Brasil**. In: XV CONGRESSO BRASILEIROS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2008, Natal – RN. Anais. Disponível em: < <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23806/15871>> Acesso em: 14 de maio de 2018.

CARVALHO, A.L; SILVA,D.D. Avaliação da Qualidade de Águas de Cisternas da Zona Rural e Urbana do Município de Cuité – PB. **Rev. Educ. Ciên & Saúde**. V.1, n.1, 2014. Disponível em <http://periodicos.ces.ufcg.edu.br/>. Acesso em: 11 de maio de 2018.

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**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19; p. 2931, 2014.

CHABARIBERY, D.; ALVES, H. S. Produção e comercialização de limão, mamão, maracujá e melancia em São Paulo. **Informações Econômicas**., v.31, n.8, p. 43-51, 2001.

COLLINS, C.H. Princípios básicos de Cromatografia. In: COLLINS, C.H.; BRAGA, G. I.;

COSTA, C. L.; LIMA R. F.; PAIXÃO, G. C.; PANTOJA, L. D. M. Avaliação da qualidade das Águas Subterrâneas em Poços do Estado do Ceará, Brasil. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 171-180, 2012.

DEGANI, A. L. G.; Class, Q. B.; Vieira, P. C. – **Cromatografia: um breve ensaio**. Química Nova na Escola, nº 7, p. 21-25 Maio 1998. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc07/atual.pdf>> em Acesso em 18 maio de 2018.

DIAS, M. C. O. (Coord.). **Manual de impactos ambientais**. 2.ed. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2008.

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**, Pombal – PB, v.11, n. 5, p. 08-14, 2016.

FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M. (Coord.). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. 2ed. Fortaleza: CPRM, 2000.

Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. Brasília: FUNASA; 2013.

GNADLINGER, J. **A contribuição da captação de água de chuva para o desenvolvimento sustentável do semi-árido brasileiro – uma abordagem focalizando o povo**. In: IMPÓSIO

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

GOMIDE, R. **Operações unitárias**. São Paulo: Edição do autor; 1988.p 311.

HELLER, L.; PÁDUA, V.L. (Orgs). **Abastecimento para água de consume humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estudo nacional da despesa familiar: tabela de composição de alimentos**. 5. ed. Rio de Janeiro,1999. 137 p.

ITAL. Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Maracujá: da cultura ao processamento e comercialização**. São Paulo: Secretaria de Agricultura de São Paulo, 1980. 206 p. (Série Frutas Tropicais).

KLIEMANN, Erika. **Extração e caracterização da pectina da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*)**. 2006. Dissertação (Pós Graduação em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

KONIG, A. Usos da água In: FURTADO, D. A; KONIG, A. **Gestão integrada de recursos hídricos**. Campina Grande, PB.1ed. Agenda, 2008. cap.2.p.46.

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

LENZI, E.; FAVERO, L.O.B.; LUCHESE, E.B. **Introdução à Química da Água**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

LIMA, V.L. A; FARIAS, M.S.S. Recursos hídricos. In: ROCHA, A. P.T; et al. (Org.). **Manejo ecológico integrado de bacias hidrográficas no semiárido brasileiro**. Campina Grande, PB: EPGRAF, 2011. cap. 4.

MACEDO, J.A.B. **Águas & Águas**. 3.ed. Belo Horizonte, MG: CRQ-MG, 2007.

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

MELO, Maria Jubelita Silva – **Investigação de propriedades físico-químicas de águas de abastecimento utilizando metodologias analíticas, 2010**.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Diagnóstico do Município de Cuité**. Recife, 2005.

MONTENEGRO, A. A, A; MONTENEGRO, S.M.G.L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. In: GHEYI, H, R. et al. (Ed.). **Recursos hídricos em regiões semiáridas: Estudos e aplicações**. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: UFRB, 2012. cap.1.

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

MOURA, M. S. B. et al. Clima e água de chuva no Semi-Árido In: BRITO, L. T. de L.;

MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. cap.2. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/159649>> Acesso em: 18 de maio de 2018.

NASCIMENTO R. F. et al. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais** Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/10267>> Acesso em: 18 de maio de 2018.

NOBRE, P. As origens das águas no Nordeste. In: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas. **A questão da água no nordeste**. Brasília, CGEE, 2012. cap 1.

NUNES, A. S. **Produção de adsorventes a partir da casca de amendoim visando a aplicação na remoção de corantes orgânicos**. 65f. Dissertação (Mestre em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga, 2014.

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.

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

PEREIRA, F.C.; BARAUCALY, J.G.V. Contextualização do Semiárido. In: ROCHA, A. P.T; et al. (Org.). **Manejo ecológico integrado de bacias hidrográficas no semiárido brasileiro**. Campina Grande, PB: EPGRAF, 2011. cap. 1.

SANTOS, R. S.; MOHR, T.; SAÚDE E QUALIDADE DA ÁGUA: Análises Microbiológicas e Físico-Químicas em Águas Subterrâneas. **Revista Contexto e Saúde**, Unijuí, v. 13 n. 24/25, p. 46-53, 2013.

SANTOS, C.M. **Uso de cascas de laranja como adsorvente de contaminantes no tratamento de água**. 144f. Dissertação (Mestre em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual Paulista. Sorocaba, 2015.

SANTOS, J.R.M.; SILVA, D. D. APLICAÇÃO DA CROMATOGRAFIA EM COLUNA E DE CARTUINHOS “SPE” PARA PURIFICAÇÃO DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO. XII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande – PIBIC/CNPq-UFCG. **Anais**. Campina Grande-Paraíba, 2015.

SOUZA, S. H. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, S. M.; PESSOA, S. G. S.; NÓBREGA, R. L. B. **Avaliação da qualidade da água e da eficácia de barreiras sanitárias**

**em sistemas para aproveitamento de água de chuva.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS, v.16, n.3, p. 81-93, 2011.

VAITSMAN, D.S.; VAITSMAN, M.S. **Água Mineral.** Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

VEIGA, G. **Análises físico-químicas e microbiológicas de água de poços de diferentes cidades da região sul de Santa Catarina e efluentes líquidos Industriais de algumas empresas da grande Florianópolis.** Relatório para obtenção como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Química – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

VICHENEWSKI, W. Cromatografia por Adsorção. In: COLLINS, C.H.; BRAGA, G. 1.;

VIEIRA, K. P. G.; FERREIRA, L. L. G.; CRONEMBERGER, M. G. O. **Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada em hortas comunitárias.** In: XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2012, Bonito – MS. Anais. Disponível em: < <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27683>> Acesso em: 19 de maio de 2018.