



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE**  
**UNIDADE ACADEMICA DE EDUCAÇÃO**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM QUIMICA**

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE UM POÇO SUBTERRÂNEO E  
COMPARAÇÃO DE ALGUNS PARÂMETROS COM A ÁGUA DE  
ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE NOVA FLORESTA – PB**

**CUITÉ-PB**

**2013**

FRANCIRENILDO ANDRADE SANTOS

AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE UM POÇO SUBTERRÂNEO E  
COMPARAÇÃO DE ALGUNS PARÂMETROS COM A ÁGUA DE  
ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE NOVA FLORESTA – PB

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Química da Unidade Acadêmica de Educação (UAE) do Centro de Educação e Saúde (CES) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) como um dos requisitos para a obtenção de título de Licenciado em Química.

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

CUITÉ-PB

2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA NA FONTE  
Responsabilidade Jesiel Ferreira Gomes – CRB 15 – 256

S237a Santos, Francirenildo Andrade.

Avaliação físico-químico da água de um poço subterrâneo e comparação de alguns parâmetros com a água de abastecimento do município de Nova Floresta - PB. / Francirenildo Andrade Santos – Cuité: CES, 2013.

54 fl.

Monografia (Curso de Licenciatura em Química) – Centro de Educação e Saúde / UFCG, 2013.

Orientadora: Denise Domingos da Silva.

1. Água – qualidade. 2. Poço subterrâneo. 3. Nova Floresta. I. Título.

CDU 628.1

FRANCIRENILDO ANDRADE SANTOS

AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE UM POÇO SUBTERRÂNEO E  
COMPARAÇÃO DE ALGUNS PARÂMETROS COM A ÁGUA DE  
ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE NOVA FLORESTA – PB

Monografia apresentada ao curso de licenciatura em química do Centro de  
educação e Saúde (CES) da Universidade Federal de Campina grande (UFCG)  
como requisito parcial para obtenção do título de licenciado em química.

Aprovada e apresentada em: 30/04/2013

BANCA EXAMINADORA

---

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

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marta Maria da Conceição - CES/UFCG

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Patrícia Fernandes dos Santos - CES/UFCG

CUITÉ - PB

2013

## Dedicatória

A Deus, pois sem Ele não sou nada, sem a ajuda Dele com certeza não teria forças para alcançar minhas metas.

Aos meus pais, Francisco Canindé e Irenice Andrade, que mesmo com muitas dificuldades, me educaram e ensinaram-me a valorizar os bens morais e o caráter.

A minha Irmã Franciele Andrade Santos pelo apoio e pelos conselhos dados durante esta jornada.

Enfim, a todos que me ajudaram a vencer esse primeiro degrau de minhas infinitas conquistas.

## AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar por conceder-me forças para vencer os obstáculos.

A meus pais por terem me incentivado durante meu curso.

A professora Dr<sup>a</sup> Denise Domingos da Silva pela orientação dada e pela dedicação e estímulo durante o desenvolvimento desta pesquisa.

A coordenação do curso de química na pessoa do professor Dr<sup>o</sup> Marciano Henrique de Lucena e a todos os docentes do curso de licenciatura em química.

Enfim, a todas as pessoas que, de uma forma ou de outra contribuíram para meu sucesso Profissional.

“O começo da sabedoria é encontrado na dúvida; duvidando começamos a questionar, e procurando podemos achar a verdade”.

Pierre Abelard

## RESUMO

A água é um componente essencial para a sobrevivência humana. Além disso, sabe-se que grande parte das doenças que se alastram em países em desenvolvimento é proveniente da qualidade insatisfatória das águas. Deste modo é necessário conhecer as características físico-químicas da água para consumo humano. As águas consideradas potáveis devem estar dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela portaria nº2914/2011 do Ministério da Saúde. Este trabalho teve como objetivo avaliar os parâmetros físico-químicos da água de um poço subterrâneo do município de Nova Floresta-PB, localizada na microrregião do Curimatau Ocidental. Foram analisadas amostras de água em quatro pontos distintos: uma amostra no poço subterrâneo e as outras três amostras de águas de abastecimento em residências no município, todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados indicaram uma média de pH = 5,82 para as amostras de água do poço subterrâneo e da turbidez o valor de 1,27 NTU. Os resultados de dureza mostraram que as águas coletadas nas residências estão classificadas como: água muito dura, pois os valores ficaram entre 273,2 a 290,3 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Alcalinidade e condutividade estão dentro dos padrões estabelecidos, porém altos teores de cloreto 276,9 mg/L de Cl<sup>-</sup>. Portanto observou-se diferenças significativas entre as propriedades físico-químicas do poço subterrâneo e das amostras de águas de abastecimento.

**Palavras Chaves:** propriedades físico-químicas, poço subterrâneo, águas de abastecimento.

## ABSTRACT

Water is an essential component for human survival. Furthermore, it is known that the majority of diseases that spread in developing countries comes from the poor quality of water. Thus it is necessary to know the physical and chemical characteristics of the water for human consumption. The water considered potable must be within the potability standards established by decree No. 2914/2011 of the Ministry of Health. This study aimed to evaluate the physico-chemical parameters of water from a subterranean well in the city of New Forest-PB, located in the CurimatautheWest. Water samples were analyzed at four different points: a sample in an underground well and the other three samples of supply water in homes in the city, all analyzes were performed in triplicate. The results showed an average pH = 5.82 for samples of water from an underground well and the turbidity of 1.27 NTU. Hardness results showed that the water collected from homes are classed as very hard water, because the values ranged from 273.2 to 290.3 mg.L<sup>-1</sup> of CaCO<sub>3</sub>. Alkalinity and conductivity are within the established standards, but high levels of chloride 276.9 mg/L Cl<sup>-</sup>. Therefore we observed significant differences between the physicochemical properties of the underground well and samples of water supply.

**KeyWords:** Physicochemical properties, Underground well, water supply.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1:</b> Município de Nova Floresta.....                            | 08 |
| <b>Figura 2:</b> Pontos de coleta de Nova Floresta.....                     | 17 |
| <b>Figura 3:</b> Turbidímetro TB 1000.....                                  | 20 |
| <b>Figura 4:</b> Representação do sistema de titulação da alcalinidade..... | 28 |
| <b>Figura 5:</b> Representação do início da titulação de complexação.....   | 31 |
| <b>Figura 6:</b> Ponto final da titulação de complexação com EDTA.....      | 32 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1:</b> Medidas de pH das amostras nos diferentes pontos.....                 | 24 |
| <b>Tabela 2:</b> Medidas de turbidez das amostras coletadas nos diferentes pontos..... | 26 |
| <b>Tabela 3:</b> Alcalinidade das amostras.....  | 29 |
| <b>Tabela 4:</b> Condutividade das amostras.....                                       | 30 |
| <b>Tabela 5:</b> Classificação da dureza da água.....                                  | 33 |
| <b>Tabela 6:</b> Conclusão das análises de dureza.....                                 | 34 |
| <b>Tabela 7:</b> Resultado da análise de cloreto.....                                  | 35 |

## LISTA DE QUADRO

|  |    |
|--|----|
| <b>Quadro 1:</b> Ponto de coleta das amostras..... | 17 |
|--|----|

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1.0– INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>01</b> |
| <b>2.0-OBJETIVOS.....</b>   | <b>03</b> |
| <b>2.1- Gerais.....</b>   | <b>03</b> |
| <b>2.2–Específicos.....</b>   | <b>03</b> |
| <b>3.0– FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>  | <b>04</b> |
| <b>3.1-ÁGUA.....</b>  | <b>04</b> |
| <b>3.2 – Necessidades dos Serviços daÁgua e Sistemas de Abastecimentos.....</b> | <b>05</b> |
| <b>3.3 – Elementos que compõem um sistema de abastecimento.....</b>             | <b>06</b> |
| <b>3.4 – Consumo de água.....</b>   | <b>07</b> |
| 3.4.1- Consumo Doméstico.....   | 07        |
| 3.4.2 – Consumo Comercial e Industrial.....                                     | 07        |
| 3.4.3 –Consumo Público.....   | 07        |
| 3.4.4 – Perdas.....   | 07        |
| <b>3.5 – ÁREA DE ESTUDO.....</b>  | <b>08</b> |
| <b>3.6 – Águas subterrâneas.....</b>  | <b>09</b> |
| 3.6.1 – Qualidade das águas subterrâneas.....                                   | 09        |
| 3.6.2 – Uso das águas subterrâneas.....   | 10        |
| <b>3.7 – Análise titrimétrica.....</b>  | <b>11</b> |
| 3.7.1 – Volumetria de precipitação .....  | 11        |
| 3.7.1.1 – Método de Mohr.....   | 12        |
| 3.7.1.2 – Método de Fajans – indicador de adsorção.....                         | 13        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.7.1.3 – Método de Volhard.....   | 13        |
| 3.7.2 – Titulometria de complexação.....   | 14        |
| 3.7.3 – Titulometria de neutralização.....   | 15        |
| <b>4.0 – METODOLOGIA.....</b>  | <b>17</b> |
| <b>4.1 – As amostras.....</b>  | <b>17</b> |
| <b>4.2 – Recipientes utilizados para coleta das amostras.....</b>                                  | <b>18</b> |
| <b>4.3 – Procedimento para coleta das amostras.....</b>  | <b>18</b> |
| <b>4.4–Análises físico-químicas.....</b>   | <b>19</b> |
| <b>4.5 – Análises de pH.....</b>   | <b>19</b> |
| <b>4.6 – Análises da condutividade.....</b>  | <b>19</b> |
| <b>4.7 – Análise de turbidez.....</b>  | <b>20</b> |
| 4.7.1 – Processo de calibração.....  | 21        |
| <b>4.8 – Análise de dureza.....</b>  | <b>21</b> |
| 4.8.1 – Preparo da solução padrão de sulfato de zinco $ZnSO_4$<br>0,01M.....                       | 21        |
| 4.8.2 – Preparo e padronização da solução de EDTA 0,01mol/L.....                                   | 21        |
| 4.8.3 – Determinação da dureza.....  | 22        |
| <b>4.9 – Determinação de cloretos.....</b>   | <b>22</b> |
| <b>4.10–Análise de alcalinidade.....</b>   | <b>22</b> |
| 4.10.1 – Preparo da solução de carbonato de sódio 0,02 mol/L.....                                  | 22        |
| 4.10.2– Padronização da solução de $H_2SO_4$ .....   | 23        |
| 4.10.3 – A Determinação da alcalinidade foi feita de acordo com os<br>seguintes procedimentos..... | 23        |
| <b>5.0 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>  | <b>24</b> |
| <b>5.1 – Medidas de pH.....</b>  | <b>24</b> |
| <b>5.2 – Análise de turbidez.....</b>  | <b>25</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>5.3 – Alcalinidade.....</b>               | <b>26</b> |
| <b>5.4 – Condutividade das amostras.....</b> | <b>29</b> |
| <b>5.5 – Dureza das amostras.....</b>        | <b>30</b> |
| <b>5.6 – Cloretos.....</b>                   | <b>34</b> |
| <b>6.0 – CONCLUSÕES.....</b>                 | <b>36</b> |
| <b>7.0 – REFERÊNCIAS.....</b>                | <b>37</b> |

## 1-INTRODUÇÃO

A água é uma das substâncias mais importantes existentes na natureza, não só por cobrir 70% da superfície terrestre, mas também por ser uma substância fundamental para a sobrevivência dos seres vivos. A água doce representa apenas 3% do total de água na natureza, sendo que os 97% restantes se encontram nos oceanos e mares salgados. Desse total, somente 0,3% representa a água doce explorável. Uma parte desse recurso explorável está confinada em lençóis freáticos e aquíferos profundos, nas calotas polares, geleiras, neve permanente e outros reservatórios, o que dificulta o acesso a ele. Deve-se, ainda considerar a contaminação dos mananciais que impede o uso dessa água doce para abastecimento humano, tornando esse uso mais escasso.

Segundo a organização mundial de saúde cerca de 80 % das doenças que ocorrem em países em desenvolvimento são veiculadas por água contaminada. A água própria para consumo humano não pode conter substâncias tóxicas e nem transportar em suspensão microorganismos patogênicos que provocam doenças. Os principais agentes biológicos descobertos nas águas contaminadas são as bactérias patogênicas, os vírus e os parasitas. As bactérias patogênicas encontradas na água e/ou alimentos são as responsáveis pelos numerosos casos de enterites, diarreias infantis e doenças epidêmicas (como a febre tifóide), com resultados freqüentemente letais. Os vírus mais comumente encontrados nas águas contaminadas por dejetos humanos, entre outros, são os da poliomielite e da hepatite infecciosa. Dentre os parasitas que podem ser ingeridos através da água destaca-se a *Entamoeba histolytica*, causadora da amebíase e suas complicações inclusive para o lado hepático. [OMS, 1998].

A contaminação e poluição desse recurso tão escasso podem ser dadas em função da falta de saneamento básico, agrotóxicos, chorume dos aterros sanitários, que certamente contaminam os lençóis freáticos, despejos domésticos, industriais e etc. Os constituintes químicos das águas subterrâneas podem ser influenciados por vários fatores, entre os quais,

deposição atmosférica, processos químicos de dissolução e hidrólise no aquífero e mistura com esgoto e/ou águas salinas por intrusão, fatores esses que modificam as características qualitativa e quantitativa dos mananciais subterrâneos. (Freitas et al, 2001).

Deste modo é necessário conhecer as características físico-químicas da água do abastecimento. As alterações das condições do ambiente sejam elas causadas por ações do homem ou naturais poderão ser detectadas por meios de parâmetros tais como: pH, Cor, Turbidez, acidez, alcalinidade dentre outros. Essa análise proporcionam um melhor monitoramento das condições ambientais da água em um sistema de águas naturais ou em sistemas com águas tratadas e garantirá a qualidade da água no presente e no futuro. (Xavier, 2005, apud câmara, 2007).

De modo geral, pode-se considerar por subterrâneas todas as águas existentes abaixo da crosta terrestre que preenchem cavidades, fissuras, poros, falhas e fraturas que constituem o perfil geológico das rochas que formam os aquíferos.

Qualquer que seja a teoria que procure explicar sua origem, as águas subterrâneas, incluindo as classificadas como minerais ou potáveis de mesa, podem aflorar naturalmente na superfície da terra ou mais comumente são captadas artificialmente através de poços tubulares verticais perfurados com sondas de percussão ou por equipamentos rotativos. Atualmente dispõe-se de sondas roto-pneumáticas, que podem atingir grandes profundidades em curto espaço de tempo.

Se um poço retira água de um aquífero confinado, limitado pelas camadas superior e inferior do solo e que contem água sob pressão, ele é chamado de poço artesianos. [DELMO &SANTIAGO,2005]

## **2 - OBJETIVOS:**

### **2.1 - GERAL:**

- Investigar as propriedades físico-químicas da água de um poço subterrâneo do município de Nova Floresta – PB.

### **2.2 - ESPECÍFICOS:**

- Analisar as propriedades físico-químicas dos poços em diferentes pontos de amostragem
- Identificar o índice de alcalinidade por meio da titulometria de neutralização;
- Medir o índice de dureza das amostras coletadas por meio de métodos complexiométricos;
- Analisar a condutividade das amostras coletadas;
- Medir o pH das amostras de águas
- Determinar a turbidez das amostras de águas;
- Comparar algumas propriedades das águas do poço com as águas de abastecimento fornecidas a do município de Nova Floresta-PB.

### 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 - Água

De toda a água na natureza 97,4% é salgada ( mares e oceanos), e o restante 2,6% é representada pelos rios, lagos e fontes subterrâneas, no entanto a maior parte desse percentual não tem aproveitamento direto, pois formam as geleiras e lençóis profundos, onde a captação se torna inviável. Desse percentual aproveitável, cerca de 0,3%, a maior parte está poluída ou não oferece condições economicamente viáveis para o tratamento. O Brasil possui 8% da reserva de água doce do mundo. Desse total 80%, encontram-se na região Amazônica, os 20% restantes distribuem-se nas demais regiões, onde está a grande maioria da população brasileira. [ FREITAS, 2001].

A água para ser potável não deve conter nenhum microorganismo patogênico, ou substâncias químicas capaz de causar algum dano ao homem, deve estar livre de bactérias que indicam poluição fecal. Para certificar que a água satisfaz os padrões e normas de potabilidade em qualidade microbiológica e físico-química, é importante que as amostras sejam examinadas regularmente em relação aos indicadores de poluição fecal(coliformes totais e fecais) e físico-químicas (nitrato, Ph, turbidez, cloro residual livre, ferro, fluoreto entre outros). [ FREITAS,2001].

A água também é indispensável para a geração de energia, para os transportes, recreação, a saúde e para o emprego da população. Para que o sistema de distribuição de água funcione, é preciso que existam pessoas que construam e que façam a manutenção permanente deste sistema ( bombeiros hidráulicos, donos e/ou motoristas de carros-pipas, profissionais capacitados para fazer o tratamento da água.).

Ocorrendo na Terra nos estados sólido, líquido e gasoso e possuindo calores específicos de fusão e de vaporização elevados, a água contribui significativamente para um melhor equilíbrio do clima em nosso planeta [Souza & Leite, 2002].

A água compõe a maior parte da massa corporal do ser humano. É o solvente biológico ideal, contribuindo para numerosos processos bioquímicos, pois é na água que estão dissolvidas ou suspensas as moléculas e partículas necessárias para o bom funcionamento celular. Reagentes e produtos de reações metabólicas, nutrientes, assim como produtos de excreção, dependem da água para o transporte interior das células e entre as células (MOTTA, 2011).

Entretanto, considerando a química em solução aquosa, muitos processos químicos, bioquímicos e eletroquímicos que afeta o ambiente natural em solução, e a descrição deles relacionados com as propriedades intrínsecas da água se faz necessário, destacando a presença de pontes de hidrogênio, as quais desempenham um papel importantíssimo nas estruturas bioquímicas. [SILVA,1998]

As propriedades das moléculas de água são de grande importância, como por exemplo, as pontes de hidrogênio que são de grande importância para determinar a estrutura secundária das proteínas, e da mesma maneira também na união dos substratos até as enzimas receptores e portadores.

Em função da natureza de sua molécula, as propriedades físicas e químicas da água diferem muito das de qualquer outra substância, o que a caracteriza como constituinte fundamental da matéria viva e do meio que a condiciona, dentre as características da água merecem destaques: o pH, a dureza, acidez, fluoretos, metais pesados, matéria orgânica, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica.[MELO,2011]

### **3.2-Necessidade dos serviços da água e sistemas de abastecimento.**

A água é essencial para a realização de diversas atividades desenvolvidas pelos seres humanos. Tais atividades incluem o seu uso para atender às necessidades fisiológicas e higiênicas (beber, tomar banho, cozinhar alimentos) e, também, as necessidades voltadas para o setor econômico e comércio (instalação de setores industriais em uma determinada região).

Em algumas regiões, como é o caso da zona rural, torna-se possível a obtenção de água a partir da perfuração de poços, por nascentes ou ainda pelo armazenamento em pequenas cisternas. O saneamento básico no Brasil, em especial os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, sempre foi uma preocupação dos governantes, em maior ou menor intensidade ao longo da história.

Embora tratado como um problema de saúde pública, o saneamento sempre foi abordado através de políticas esparsas e de curta duração. Isto se refletiu em baixos índices de cobertura e investimentos sempre insuficientes para as necessidades de um país continental como o Brasil.

### **3.3 – Elementos que compõem um sistema de abastecimento.**

Um sistema de abastecimento pode ser constituído principalmente pelos seguintes itens:

- Uma fonte de abastecimento. Esta fonte pode ser um lago natural ou artificial, um rio, nascente ou poço;
- Um reservatório, de maneira que possa ser armazenada uma quantidade de água suficiente para abastecer a cidade em determinados períodos nos quais o consumo seja maior que a média diária;
- Um sistema de tubulação para conduzir a água de abastecimento até a cidade.
- Uma estação de tratamento, para a remoção das impurezas e ajustamento da referida qualidade para o consumo humano;
- Uma rede de distribuição, dotada de tubos através da qual a água pode chegar a todos os pontos da cidade.

Alguns sistemas podem ser reduzidos possuindo apenas uma fonte de abastecimento, um sistema de tubulação para condução da água ao município e uma pequena rede distribuidora.

### **3.4-Consumo de água**

As principais formas de consumo de água podem ser classificadas em quatro classes gerais: consumo doméstico; consumo industrial e comercial; consumo público e perdas e vazamentos.

#### **3.4.1 - Consumo doméstico**

É constatado que o consumo doméstico, ou seja, o consumo de água em cada residência é maior em casas de pessoas de classe média do que nas casas de pessoas de classes inferiores [Hardenbergh, 1964]. Tal fato é provocado principalmente pelo padrão de vida tomado pela pessoa, que possui em sua residência um maior número de instalações e aparelhos, além do hábito do consumo de água em maior profusão [AZEVEDO & RICHTER, 1991].

#### **3.4.2 – Consumo comercial e industrial**

A quantidade de água consumida aumenta na mesma proporção em que a cidade se desenvolve. Em cidades residenciais, o consumo costuma ser menor do que em cidades manufatureiras. Nestas últimas, o consumo é maior devido ao desenvolvimento do comércio e instalações de indústrias. É importante ressaltar que o consumo não é medido principalmente através do número de habitantes da região, e sim através do tipo de indústria que aí se instalou[AZEVEDO & RICHTER, 1991].

#### **3.4.3 – Consumo público**

O consumo público depende bastante das peculiaridades da região beneficiada. A infraestrutura da localidade é uma característica marcante na determinação desta forma de consumo. Tal fato é explicado pela presença de parques, praças, jardins, entre outras estruturas, que necessitam de água para a irrigação e outras finalidades [HARDENBERGH, 1964].

#### **3.4.4 – Perdas**

A quantidade de água perdida por vazamentos e desperdícios é demasiadamente grande e consiste em um fato que deve ser levado em

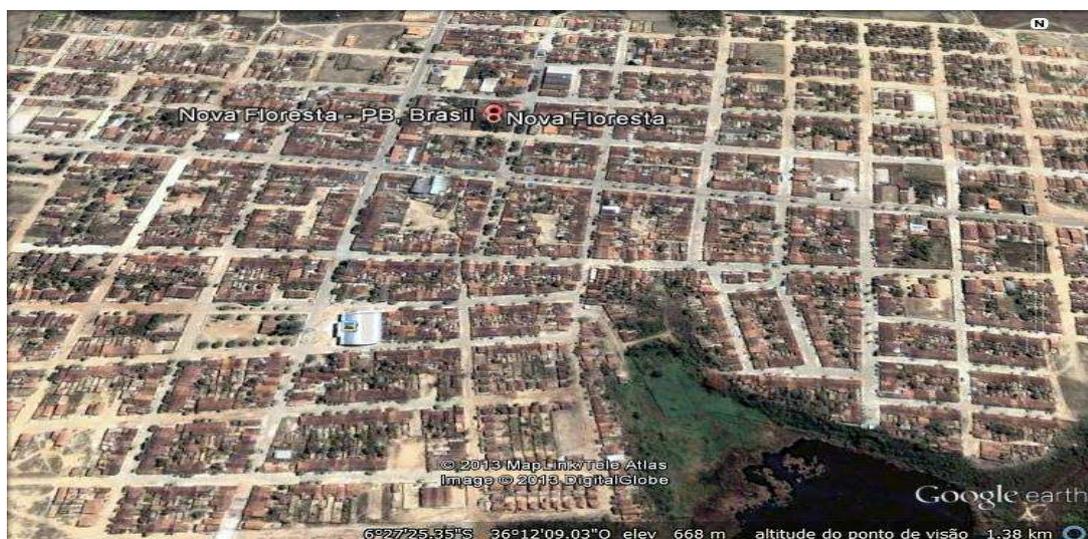
consideração para o projeto de um sistema [Oliveira, 1976]. As causas são numerosas, podendo ser principalmente devido a juntas defeituosas na tubulação, tubos quebrados ou com qualquer outro tipo de dano, ligações com vazamentos, registros de tanques e bacias defeituosos, que permitem um vazamento contínuo [HARDENBERGH, 1964].

### 3.5 –Área de Estudo

A área de estudo está situada no município de Nova Floresta que é umacidade paraibana, localizadana microrregião do Curimataú Ocidental. Sua população, de acordo com o IBGE ( Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), é de 10533 habitantes. [IBGE,2010]

O município está incluído na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro, definida pelo Ministério da Integração Nacional em 2005. Esta delimitação tem como critérios o índice pluviométrico, o índice de aridez e o risco de seca. Apesar disso, por estar acima de 500 metros de altitude acima do nível do mar, possui clima tropical de altitude. Situado na Serra de Cuité, o município de Nova Floresta se apresenta com solos rasos e pedregosos. Seu relevo a define como uma das cidades mais altas do Curimataú. Figura 1: Nova Floresta – PB.

**Figura 1: Município de Nova Floresta - PB**



**Fonte: Google Earth.**

### **3.6 – Águas subterrâneas**

Água subterrânea é toda a água que ocorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios Inter granulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetida a duas forças (de adesão e de gravidade) desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos. As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada.

Se um poço retira água de um aquífero confinado, limitado pelas camadas superior do solo e que contém água sob pressão é chamado de poço artesianos. As águas subterrâneas captadas através de poços profundos, geralmente, apresenta, composição química com padrão definido e sem variações apreciáveis. Os poços são, em geral, mais protegidos dos agentes poluidores que afetam rapidamente as águas dos rios e outros mananciais de água de superfície. [DELMO &SANTIAGO,2005]

Na maioria das vezes as águas subterrâneas por suas características físico-química são apenas cloradas, podendo ser consumidas sem necessidade de tratamento química preliminar em estações próprias devidos aos mecanismos de filtração e autodepuração biogeoquímica que ocorrem no subsolo a partir da infiltração das águas em zonas de recargas livres de agentes poluidores, capazes de afetar suas qualidades. [DELMO & SANTIAGO, 2005]

#### **3.6.1 – Qualidade das águas subterrâneas**

Durante o percurso no qual a água percola entre os poros do subsolo e das rochas, ocorre a depuração da mesma através de uma serie de processos físico-químicos ( troca iônica, decaimento radioativo, remoção de sólidos em suspensão,neutralização de pH em meio poroso, entre outros.) e bacteriológicos (eliminação de microorganismos devido a ausência de nutrientes e oxigênio que os viabilizam) que agindo sobre a água, modificam suas características adquiridas anteriormente, tornando-a particularmente mais adequada ao consumo humano.

As águas subterrâneas apresentam algumas propriedades que tornam seu uso mais vantajoso em relação ao das águas dos rios: são filtradas e purificadas naturalmente através da percolação, determinando excelente qualidade e dispensando tratamentos prévios; não ocupam espaço em superfície; sofrem menor influência nas variações climáticas; são passíveis de extração perto do local de uso; possuem temperatura constante; têm maior quantidade de reservas; necessitam de custos menores como fonte de água; as suas reservas e captações não ocupam área superficial; apresentam grande proteção contra agentes poluidores.

### **3.6.2 – Uso das águas subterrâneas**

A exploração da água subterrânea está condicionada a fatores quantitativos, qualitativos e econômicos:

- Quantidade: intimamente ligada à condutividade hidráulica e ao coeficiente de armazenamento dos terrenos. Os aquíferos têm diferentes taxas de recarga, alguns deles se recuperam lentamente e em outros a recuperação é mais regular;
- Qualidade: influenciada pela composição das rochas e condições climáticas e de renovação das águas;
- Econômico: depende da profundidade do aquífero e das condições de bombeamento.

Contudo, o aproveitamento das águas subterrâneas data de tempos antigos e sua evolução tem acompanhado a própria evolução da humanidade, sendo que o seu crescente uso se deve ao melhoramento das técnicas de construção de poços e dos métodos de bombeamento, permitindo a extração de água em volumes e profundidades cada vez maiores e possibilitando o suprimento de água às cidades, indústrias, projetos de irrigação, etc.[ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS,2013]

### 3.7 – Análise titrimétrica

O termo “análise titrimétrica” refere-se à análise química quantitativa feita pela determinação do volume de uma solução, cuja concentração é conhecida com exatidão, necessário para reagir quantitativamente com um volume determinado da solução que contém a substância a ser analisada. A solução cuja concentração é conhecida com exatidão é chamada de solução padrão ou solução padronizada.

O termo “análise volumétrica” foi usado para determinar esta modalidade de determinação quantitativa, mas, hoje, prefere-se usar a expressão análise titrimétrica. A razão para isto é que a “análise titrimétrica” expressa melhor o processo de titulação, enquanto o termo “análise volumétrica” poderia ser confundido com a medição de volumes, como no caso de gases. Em análise titrimétrica, o reagente cuja concentração é conhecida é denominado titulante e a substância que está sendo dosada, titulado.

A solução padronizada é normalmente adicionada com a ajuda de um tubo longo graduado chamado bureta. A operação de adição da solução padronizada até que se complete a reação é chamada de titulação. Quando isto acontece, diz-se que a substância a ser determinada foi titulada. O volume exato em que isto ocorre é chamado ponto de equivalência ou ponto final teórico.

As reações empregadas em análise titrimétrica podem ser agrupadas em quatro classes principais que são: reações de neutralização, reações de formação de complexos, reações de precipitação e reações de óxido-redução. [SKOOG,2008]

#### 3.7.1- Volumetria de Precipitação

Os métodos volumétricos que se baseiam na formação de um composto pouco solúvel são chamados de titulações de precipitação. Para que uma reação de precipitação possa ser usada, é preciso que ela ocorra em um tempo curto, que o composto formado seja insolúvel e que ofereça condições para uma boa visualização do ponto final.

Infelizmente estas condições somente são alcançadas em poucas reações, devido a falta de um modo adequado de localizar o ponto de equivalência, por outro lado, em algumas reações este ponto pode ser identificado pela simples visualização do momento em que deixa de ocorrer a precipitação.

Um obstáculo que surge ao efetuar uma volumetria de precipitação é que não há existência de indicadores gerais. Assim, nas volumetrias de precipitação, os indicadores utilizados são específicos de cada titulação, dependendo da reação química que lhes serve de base.

Entre os métodos volumétricos de precipitação, os mais importantes são os que empregam solução padrão de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ). São chamados de métodos argentimétricos e são usados na determinação de haletos e de alguns íons metálicos. Para a determinação do ponto final, podemos utilizar três métodos: Método de Mohr, Método de Volhard e Método de Fajans.

No presente trabalho esta metodologia foi utilizada para a determinação de cloretos.

#### **3.7.1.1- Método de Mohr**

O método de Mohr baseia-se na formação de um sólido colorido, e é aplicado à determinação de cloretos ( $\text{Cl}^-$ ) e brometos ( $\text{Br}^-$ ). A solução neutra é titulada com nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) em presença de cromato de potássio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) que atua como indicador. O método de Mohr não pode ser usado na determinação de iodetos em virtude do iodeto de prata ser, também, corado. Na determinação de cloretos o ponto final é atingido quando os íons cromato combinam-se com os íons prata se observando, então, a formação de um precipitado vermelho, pouco solúvel. Há fatores que devem ser considerados para que haja a aplicação desse método, tais como a concentração do indicador e o pH da solução. O pH deve ser entre 7,0 e 9,0 porque com pH menor que 7,0 há uma baixa na concentração dos íons e não há a formação do

precipitado desejado (marrom avermelhado), e com pH maior que 9,0 a alta concentração dos íons gera a formação de hidróxido de prata.

### **3.7.1.2 - Método de Fajans - indicador de adsorção**

Fajans introduziu um tipo de indicador para as reações de precipitação, que resultou de seus estudos da natureza da adsorção. Adsorção é a fixação de duas moléculas de uma substância na superfície de outra substância. A ação destes indicadores é devida ao fato de que, no ponto de equivalência, o indicador é adsorvido pelo precipitado e, durante o processo de adsorção, ocorre uma mudança no indicador que conduz a uma substância de cor diferente. Estes indicadores foram, então, chamados de indicadores de adsorção. As substâncias empregadas ou são corantes ácidos como os do grupo da fluoresceína, que são utilizados sob a forma de sais de sódio, ou corantes básicos, como os do grupo da rodamina, que são aplicados sob a forma de sais halogenados. Assim, o aparecimento ou o desaparecimento de uma coloração sobre o precipitado servem para sinalizar o ponto final da titulação.

### **3.7.1.3 - Método de Volhard**

É um método onde ocorre a formação de um complexo solúvel. Sendo um procedimento indireto de determinação de íons que precipitam com a prata. Neste método, a solução nítrica contendo o íon prata é titulada com tiocianato de potássio, em presença de íon ferro (III), que é adicionado em forma de solução saturada de sulfato de amônio e ferro (III) em ácido nítrico 20%. A solução nítrica contendo os halogenetos é tratada com nitrato de prata em excesso e o excesso da prata é titulado com solução de tiocianato. As mais importantes aplicações deste método são as que se relacionam com a determinação de cloretos ( $\text{Cl}^-$ ), brometo ( $\text{Br}^-$ ) e iodetos ( $\text{I}^-$ ) em meio ácido. As vantagens do método de Volhard em relação ao de Mohr é o fato de a titulação ser realizada em meio ácido o que assegura um maior campo de aplicação, há uma economia da solução de prata e a visualização do ponto final é mais fácil.

### 3.7.2–Titulometria de Complexação

A volumetria de complexação baseia-se em reações entre íons metálicos e um ligante com formação de um complexo suficientemente estável.

A complexação é uma atração eletrostática entre um íon e um agente quelante de modo que não há transferência de elétrons entre estes. O agente quelante utilizado nas titulações complexométricas é o EDTA (ácido etilenodiaminotetracético), sua fórmula estrutural apresenta seis sítios potenciais para a ligação de íons metálicos: quatro grupos carboxílicos e dois grupos amino, cada um dos últimos com um par de elétrons desemparelhados. Assim o EDTA é um ligante hexadentado.

O EDTA possui quatro hidrogênios ionizáveis, sendo simplificada representado por  $H_4Y$ . a reação com o íon metálico pode ser genericamente representada por:



A solução aquosa de EDTA apresenta as espécies  $H_4$ ,  $H_3Y^-$ ,  $H_2Y^{2-}$ ,  $HY^{3-}$  e  $Y^{4-}$ , sendo que a forma predominante depende do pH. O EDTA é um ácido fraco para o qual  $pK_1 = 2,0$ ;  $pK_2 = 2,7$ ;  $pK_3 = 6,2$ ;  $pK_4 = 10,3$ . Estes valores demonstram claramente que os dois primeiros prótons são facilmente ionizáveis do que os outros dois restantes. Este reagente possui uma grande versatilidade que provem da sua potencia como agente complexante e da disponibilidade de numerosos indicadores íon-metal, cada um efetivo em um intervalo limitado de pH.

O EDTA é um reagente notável não somente porque forma quelatos com todos os cátions, exceto os dos metais alcalinos, mas também porque a maioria desses quelatos é suficientemente estável para ser empregada em titulações. Essa alta estabilidade indubitavelmente resulta dos vários sítios complexantes da molécula que dão origem a uma estrutura semelhante a uma gaiola, pela qual o cátion é efetivamente envolvido e isolado das moléculas do solvente. [SKOOG, 2008]

O EDTA tem uso em detergentes e xampus, pois se combina com o cálcio e magnésio, evitando que se precipitem com o produto, como acontece com o sabão, quando usado em águas em cálcio e magnésio, sendo também utilizado para determinação da dureza em titulações de compleximetria.

Para a realização desses métodos titrimétricos com EDTA é necessário o uso de indicadores adequados, que geralmente são compostos orgânicos coloridos que formam quelatos com íons metálicos. O quelato tem uma cor diferente daquela do indicador livre. Para se conseguir uma boa detecção do ponto final da titulação, deve-se evitar a adição de grandes quantidades do indicador.

No entanto, existem muitos indicadores de compostos orgânicos recomendados para diferentes elementos ao serem titulados com EDTA ou complexantes similares, dentre eles o ério T, Calcon e a murexida (purpurato de amônio). A murexida é considerada um bom indicador para titulação de cálcio, que em meio a uma solução fortemente alcalina mostra uma cor violeta azulada e muda para violeta azulado em pH abaixo de 9.

Dessa forma, os métodos volumétricos apresentam praticidade e baixo custo para efetuar a análise, sendo utilizada apenas vidrarias básicas de laboratório, o que permite a detecção das espécies  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , associado ao uso do EDTA como principal complexante.

### **3.7.3– Titulometria de neutralização**

A volumetria de neutralização compreende a acidimetria, que é a determinação da concentração de soluções ácidas por meio de soluções padrões de bases e alcalimetria, que é a determinação da concentração de soluções básicas por meio de soluções padrões de ácidos. A teoria ácido-base é de grande importância, não só no estudo do equilíbrio químico, como também na resolução de problemas práticos. Uma das suas importantes aplicações é a determinação da quantidade de uma substância presente em uma solução, por meio de soluções reagentes adequadas cujas concentrações são exatamente conhecidas padrões.

As soluções padrões utilizadas nas titulações de neutralização são ácidos ou bases fortes, porque essas substâncias reagem de forma mais completa com o analito do que as suas correlatas mais fracas, portanto, as titulações de neutralização são largamente empregadas para determinar as quantidades de ácidos e bases. Além disso, podem ser utilizadas para monitorar o progresso das reações que produzem ou consomem íons hidrogênio. As soluções padrão de ácidos são preparadas por diluição de ácido clorídrico, perclórico ou sulfúrico concentrado.

Um grande número de substâncias, chamadas indicadores de neutralização ou indicadores ácidos/bases, mudam de cor de acordo com a concentração de íons hidrogênio na solução. A característica principal destes indicadores é que a mudança de cor observada em meio ácido para a cor observada básico não ocorre abruptamente, mas dentro de um pequeno intervalo de pH. Denominado faixa de viragem. [VOGUEL,2002]

Além disso, numa titulação é necessário escolher um indicador que tenha o ponto de viragem mais próximo possível do pH da solução quando alcançado o ponto de equivalência. No caso da titulação de um ácido forte com uma base forte, onde o salto de pH no ponto de equivalência seja bastante extenso, a escolha do indicador a ser usado na titulação de um ácido ou de uma base é grandemente facilitada pelo condicionamento da curva de titulação do ácido ou da base, que fornece o pH da solução em função do volume de base ou ácido adicionado.

Assim, as titulações de neutralização são utilizadas para determinar inumeráveis espécies inorgânicas, orgânicas e biológicas que possuem propriedades ácidas ou básicas inerentes. Igualmente importante, entretanto, são as muitas aplicações que envolvem a conversão de um analito em um ácido ou uma base por meio de tratamento químico adequado, seguido pela titulação com o padrão de ácido ou base forte. [SKOOG,2008]

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Amostragem

As análises foram realizadas no laboratório de Química Analítica da UFCG Campus Cuité. O processo de amostragem envolveu diferentes pontos da cidade (poço subterrâneo e residências), conforme mostra a tabela 1:

**Quadro1: Ponto da Coleta das Amostras**

| <b>Amostras Coletadas</b> | <b>Local da Coleta</b>                |
|---------------------------|---------------------------------------|
| Poço subterrâneo          | Rua Joao Pessoa s/n. Próximo ao bocão |
| Ponto A                   | Residência na rua 07 de setembro      |
| Ponto B                   | Residência na rua Pedro Gondim        |
| Ponto C                   | Residência na ruaJoão Pessoa          |

**Fonte: Dados da pesquisa**

**Figura 2: Pontos de Coleta no município de Nova Floresta - PB**



**Fonte: Google Earth**

## **4.2. RECIPIENTES UTILIZADOS PARA COLETA**

A limpeza dos frascos é muito importante, pois impede a contaminação das amostras e dessa forma evita erros provenientes do processo de amostragem.

Os recipientes para armazenamento das amostras de água são garrafas de plásticos do tipo pet com capacidade de 500 mL a 2000mL.

## **4.3. PROCEDIMENTO PARA COLETA DAS AMOSTRAS**

- a) lavar as mãos com água e sabão;
- b) limpar a torneira do usuário com um pedaço de algodão embebido em álcool;
- c) abrir a torneira e deixar escorrer a água durante 2 minutos;
- d) fechar e flambar a torneira;
- e) abrir novamente a torneira e deixar escorrer por mais 2 ou 3 minutos;
- f) coletar a amostra de água;
- g) encher com pelo menos 3 quartos de seu volume;
- h) tampar o frasco, identifica-lo com anotando endereço e a data da coleta;
- i) marcar o frasco com número da amostra;
- j) lacrar, identificar e enviar a amostra para o laboratório.

Nota: Segundo a CETESB a torneira pode ser flambada se o coletor achar necessário. Entretanto, esse procedimento não é muito aconselhável, pois além de provocar danos as torneiras, comprovou-se não ter efeito letal sobre as bactérias. Atualmente o processo de flambagem é opcional. A CETESB recomenda utilizar álcool 70% ou hipoclorito de sódio a 100 mg/L e utilizando esse procedimento deve-se remover completamente o álcool ou o hipoclorito, antes da coleta, deixando a água escoar por pelo menos 2 a 3 minutos. [CETESB,1973]

#### **4.4. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS**

Para determinação das propriedades físico-químicas da água foram realizados testes de pH, turbidez, condutividade, dureza e cloretodas amostras coletadas de um poço subterrâneo de Nova floresta-PB.

Os métodos utilizados para determinação dos parâmetros físico-químicos foram titulométricos. As titulações são amplamente usadas em química analítica para determinar ácidos, bases, oxidantes, redutores, íons metálicos, proteínas e muitas outras espécies. ( SKOOG et al, 2008).

#### **4.5– Análises de pH**

As medidas de pH das amostras de água foram realizadas por meio de um potenciômetro (PHmetro) digital, pH METER MODEL, da marca PHTEK, modelo: PHS – 3B digital. Seguindo o procedimento:

- O aparelho foi ligado por um período de 20 minutos em seguida o eletrodo foi inserido na solução tampão de pH = 5,0 e 8,0;
- Em seguida foram efetuadas as análises das amostras de água.

#### **4.6 - Análise da Condutividade**

A condutividade foi determinada por meio de um condutivímetro digital modelo: mCA 150.

As medidas da condutância foram realizadas seguindo os procedimentos:

- Lavou-se a célula com água destilada e secou-se com papel absorvente macio não permitindo que o papel atingisse a platina;
- Mergulhou-se a célula na solução padrão e aguardou até que a leitura estabilizasse;
- Pressionou-se a tecla C;
- O equipamento solicitou a solução tampão da configuração;
- Pressionou-se a tecla OK e o equipamento iniciou o processo de calibração e após as medidas o aparelho inicia novas leituras.

Após a realização do processo de calibração foi mergulhado a célula e o sensor na amostra de água e aguardou-se a estabilização da leitura. Após a estabilização da leitura anotou-se o resultado. Este mesmo procedimento foi realizado para as demais amostras que foram submetidas às análises.

#### 4.7 – Análises de Turbidez

Este método baseia-se na medida da intensidade da luz transmitida através de uma suspensão de partículas. A turbidez é determinada por expressão análoga à lei de Lambert–Beer através da relação entre a intensidade da luz monocromática incidente atenuada por dispersão ou espalhamento e a transmitida.

Enquanto na região do UV – VIS se determina a quantidade de luz absorvida, na turbidimetria mede-se a intensidade do feixe de radiação luminosa que sofre espalhamento pelas partículas solidas em suspensão. A cor da água interfere na medida da turbidez devido a absorção da radiação incidente.

As medidas de turbidez das amostras foram realizadas por uso de um turbidímetro modelo TB 1000. Figura 5:

**Figura 3: Turbidímetro TB 1000**



**Fonte: Dados da pesquisa**

#### **4.7.1- Processo de Calibração**

Para iniciar a calibração retirou-se as ampolas da embalagem de proteção, limpou-se o vidro para que ficasse livre de impurezas, tais como gordura ou sujeira que venham a interferir no valor padrão. Inseriu-se a cubeta padrão 0,1 NTU e pressionou-se a tecla C, em seguida o aparelho deu sinal calibrando, a qual foi solicitado os outros padrões 0,01; (0,80; 80; 1000 NTU). Após o processo de calibração do turbidímetro, as amostras de água foram analisadas e desta forma determinada a sua turbidez.

#### **4.8 – Análise da Dureza**

##### **4.8.1 – Preparo da solução padrão de sulfato de zinco ( $ZnSO_4$ ) 0,01 mol/L**

Pesou-se 0,0807 g de sulfato de zinco, previamente seco na estufa à 110°C, entre 1 a 2 horas. Dissolveu-se em água destilada, transferindo para um balão volumétrico completando o volume para 500 mL.

##### **4.8.2 – preparo e padronização da solução de EDTA 0,01 mol/L**

Pesou-se em um béquer 3,7224 g do sal de EDTA suficiente para preparar 1 litro da solução 0,01 mol/L. dissolveu-se a massa do EDTA em água destilada e transferiu-se para um balão volumétrico de 1000 mL. Padronizou-se o EDTA contra uma solução de sulfato de zinco, da seguinte forma:

Mediu-se 10 mL da solução de sulfato de zinco, transferiu-se para um erlenmeyer de 250 mL, adicionou-se 10 mL de tampão 10 e alguns cristais do indicador ericromo T. titulou-se com o EDTA até a mudança de cor vermelha para azul. Este procedimento foi realizado em triplicata para a confirmação dos resultados. Anotou-se os volumes gastos de EDTA em cada uma das alíquotas de 10 mL da solução de sulfato de zinco e calculou-se a concentração do EDTA.

### **4.8.3 – Determinação da dureza da amostra**

Os testes complexiométricos foram realizados da seguinte forma: mediu-se em uma proveta 100 mL da amostra e, em seguida, transferiu-se para um erlenmeyer de 250 mL. Na capela, mediu-se com o auxílio de uma pipeta, 6 mL da solução de NaOH 0,5 mol/L, transferidos para o erlenmeyer contendo a amostra de água e adicionou-se uma pequena quantidade de cristais de murexida, tomando o cuidado de homogeneizar a solução. Este procedimento foi realizado em triplicata para todas as amostras de águas coletadas.

### **4.9 – Determinação de Cloretos**

O método para determinação de cloretos foi a volumetria de precipitação, por uso de uma solução de nitrato de prata como titulante e cromato de potássio como indicador. O procedimento utilizado foi o seguinte:

- Colocar 100 mL da amostra de água no Erlenmeyer;
- Adicionar 2 mL da solução indicadora de  $K_2CrO_4$ ;
- Titular com a solução padrão de nitrato de prata 0,01 mol/L até o ponto final da titulação;
- Fazer os cálculos da concentração de cloretos. [BRASIL, 2004]
- Todas as análises foram realizadas em triplicatas.

### **4.10 - Análise da alcalinidade**

#### **4.10.1 – Preparo da solução de carbonato de sódio 0,02 mol/L**

Para a preparação da solução de carbonato de sódio 0,02 mol/L, secou-se 1,52 gramas de  $Na_2CO_3$  grau padrão primário, a 250 °C por quatro horas. A amostra foi resfriada no dessecador. Em seguida, pesou-se 1,06 g e dissolveu em 250 mL de água destilada e completou-se o volume para 1000 mL com água destilada em balão volumétrico.

#### **4.10.2 – Padronização da solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

Colocou-se 50 mL de uma solução de carbonato de sódio 0,02mol/L em um frasco de erlenmeyer de 250 mL e adicionou-se 5 gotas do indicador alaranjado de metila. Titulou-se com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,02mol/L até a viragem do indicador para a leve coloração avermelhada. Anotou-se o volume do ácido gasto. Calculou-se a concentração correta.

#### **4.10.3 - A determinação da alcalinidade foi feita de acordo com os seguintes procedimentos:**

- Mediu-se 50 mL da amostra de água e logo após transferiu-se para um erlenmeyer;
- Adicionou-se 5 gotas do indicador alaranjado de metila;
- Realizou-se a titulação com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Anotou-se o volume gasto de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para posteriores cálculos.  
[FUNASA,2009]

## 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 – Medidas de pH

O pH é extremamente importante nas etapas do processo de tratamento. Durante a coagulação e floculação, existe um pH ótimo para que ocorra a formação do floco, resultando em um melhor processo de decantação e filtração.

A portaria nº518/2004 do Ministério da Saúde recomenda que no sistema de distribuição da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 [BRASIL, 2004].

O controle do pH em torno da neutralidade é de fundamental importância para evitar a corrosão das tubulações e em toda a estrutura da estação, provocadas por um pH ácido. Este fato ocorre porque a adição de sulfato de alumínio na etapa de coagulação e floculação possibilita a formação de ácido carbônico, reduzindo bastante o pH. A correção do pH pode ser realizada pela introdução de agentes alcalinizantes.

Os valores obtidos de pH das amostras de água coletadas no poço 1 e de algumas residências, mostraram que a água do poço subterrâneo é ácida em relação as águas coletadas nas residências de modo que a água do poço subterrâneo não está dentro dos padrões estabelecidos pela portaria 2914/2011 do Ministério da saúde de acordo com a tabela 2.

**Tabela 2: Medidas de pH das amostras nos diferentes pontos**

| <b>Amostras</b>  | <b>pH 1</b> | <b>pH 2</b> | <b>pH 3</b> | <b>Media</b> | <b>DP*</b> |
|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|
| Poço subterrâneo | 5,70        | 5,98        | 5,79        | 5,82         | 0,14       |
| Ponto A          | 7,62        | 7,55        | 7,57        | 7,58         | 0,36       |
| Ponto B          | 7,60        | 8,00        | 7,84        | 7,82         | 0,20       |
| Ponto C          | 7,56        | 7,88        | 7,85        | 7,76         | 0,17       |

**Fonte: Dados da pesquisa. DP\*= Desvio padrão**

## 5.2–Análise de Turbidez

A turbidez é provocada pela presença de sólidos em suspensão finamente divididos e por organismos microscópicos, na água [Souza & Leite, 2002].

A turbidez também pode ser provocada por plâncton, algas, detritos orgânicos, compostos de zinco, ferro, manganês; bem como, areia e argila, materiais próprios de água correntes. É também uma característica de ordem estética.

A turbidez tem sua importância no processo de tratamento da água. Água com turbidez elevada e dependendo de sua natureza, forma flocos pesados que decantam mais rapidamente do que água com baixa turbidez. Também tem suas desvantagens como no caso da desinfecção que pode ser dificultada pela proteção que pode dar aos microrganismos no contato direto com os desinfetantes. É um indicador sanitário e padrão de aceitação da água de consumo humano. [FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE]

A Portaria nº 2914/2011 do ministério da saúde estabelece que o valor máximo permitido é de 1,0 NTU para água subterrânea desinfetada e água filtrada após o tratamento completo ou filtração direta, e 5 NTU como padrão de aceitação para consumo humano. Para água resultante de filtração lenta o valor máximo permitido é 2,0NTU. [FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE]

A tabela 3 mostra os valores encontrados para turbidez:

**Tabela 3: Medidas de turbidez das amostras coletadas nos diferentes pontos.**

| <b>Amostras</b>  | <b>Turbidez 1</b> | <b>Tubridez2</b> | <b>Turbidez 3</b> | <b>Media</b> | <b>DP*</b> |
|------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------|------------|
| Poço subterrâneo | 1,12 NTU          | 1,79 NTU         | 1,72 NTU          | 1,27 NTU     | 0,49       |
| Ponto A          | 8,98 NTU          | 9,0 NTU          | 9,58 NTU          | 9,18 NTU     | 0,34       |
| Ponto B          | 8,0 NTU           | 8,6 NTU          | 8,5 NTU           | 8,36 NTU     | 0,32       |
| Ponto C          | 8,0 NTU           | 8,5 NTU          | 8,34 NTU          | 8,28 NTU     | 0,25       |

**Dados: Fonte das pesquisas.**

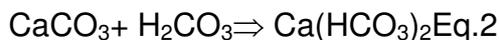
As análises de turbidez apresentaram que tanto a água do poço subterrâneo quanto a água nos pontos das residências apresentaram valores de turbidez acima dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde que é de 1 NTU para águas subterrâneas e 5 NTU para águas de abastecimentos.

Para uma água ser considerada potável ela deve ter um valor de 5NTU tanto para águas de abastecimento quanto para águas de poços subterrâneos, logo a água de poço subterrâneo encontra-se dentro desse limite sendo, portanto própria para consumo.

### **5.3 – Alcalinidade**

A alcalinidade de uma água é a sua capacidade de aceitar prótons, e essa alcalinidade é devida, principalmente, à presença de íons carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ) quase sempre ligados a metais alcalinos ( $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ ) ou alcalinos terrosos ( $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ) e, em alguns casos, também a fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), boratos ( $\text{BO}_3^{3-}$ ) e silicatos ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ) [Azevedo & Richter,1991]. A alcalinidade é uma propriedade da água que permite controlar a sua acidez através da reação do ácido carbônico presente na água com os

sais alcalinos. Como resultado, temos o ajuste final do pH em torno da neutralidade. A principal reação que ocorre é a do ácido carbônico com o carbonato de cálcio [CETESB, 1973]:



A alcalinidade ( mais propriamente chamada de alcalinidade total) é o numero de mols de  $\text{H}^+$  requerido para titular um litro de uma amostra de agua até atingir o ponto final. Para uma solução contendo íons carbonatos e bicarbonatos, assim como o  $\text{OH}^-$  e  $\text{H}^+$  por definição: [BAIRD, 2002].

$$\text{Alcalinidade total} = 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{OH}^-] + [\text{H}^+] \text{Eq.3}$$

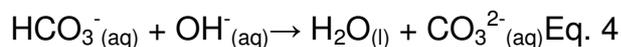
O teor de alcalinidade pode ser determinado pela titulação de neutralização, realizada em triplicata para cada para cada ponto. Para a determinação final da reação de neutralização usa-se um indicador, que na análise de alcalinidade utiliza-se comumente dois indicadores, com pontos de viragem em função das diversas formas de alcalinidade.

pH > 9,4 = Hidróxidos e Carbonatos

8,3 < pH < 9,4 = Carbonatos e Bicarbonatos

4,4 < pH < 8,4 = Apenas Bicarbonatos

Não é possível a coexistência das três formas de alcalinidade em uma mesma amostra, em função da reação química do íon bicarbonato com o íon hidróxido, pois o íon bicarbonato age como se fosse um acido fraco na presença de uma base forte [ MACEDO, 2001].



Para a quantificação dos íons  $\text{OH}^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ , o indicador mais utilizado é a fenolftaleína, sua faixa de pH de atuação é de 8,3 a 9,8, em pH menor que 8,3 não apresenta coloração enquanto acima de 8,3 assume a cor rósea [ SILVA, 2010].

Neste estudo foi utilizado como indicador o alaranjado de metila, pelo qual é determinada a alcalinidade total. O alaranjado de metila não muda de

cor até que a solução seja levemente acida ( $\text{pH} = 4$ ); sob tais condições, não apenas todo o íon carbonato da amostra foi transformado em bicarbonato, mas certamente todo íon bicarbonato foi transformado em ácido carbônico.[BAIRD, 2002].

Com a adição do indicador a amostra de água obteve-se uma coloração amarela. Figura 4:

**Figura 4: Representação do sistema de titulação da alcalinidade água + indicador**



Fonte: Dados da pesquisa

As análises de alcalinidade encontrada nas amostras de água apresentaram os seguintes valores como mostra a tabela 4:

Tabela 4: Alcalinidade das amostras

| Ponto de Coleta  | Volume gasto de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (mL) |           |     |                         |                                    |      |
|------------------|---|-----------|-----|-------------------------|------------------------------------|------|
|                  | Amostra 1<br>Amostra 3                              | Amostra 2 |     | Valor Médio Dos volumes | Resultado mg/L deCaCO <sub>3</sub> | DP*  |
| Poço subterrâneo | 6,0   | 6,8       | 6,5 | 6,43                    | 129,6                              | 0,40 |
| Ponto A          | 8,5   | 8,3       | 8,6 | 8,46                    | 169,2                              | 0,29 |
| Ponto B          | 8,3   | 8,5       | 8,5 | 8,43                    | 168,6                              | 0,28 |
| Ponto C          | 8,6   | 8,4       | 8,4 | 8,46                    | 169,2                              | 0,11 |

Fonte: Dados da Pesquisa. DP\* Desvio Padrão

Sendo assim, a alcalinidade total é a soma da alcalinidade produzida por todos estes íons presentes numa água. Águas que percolam rochas calcárias geralmente possuem alcalinidade elevada e são menos suscetíveis a acidificação devido a considerável capacidade tamponante (SKOOG, et al., 2008).

Conforme os dados apresentados na tabela pode-se considerar que todas as amostras de água analisadas apresentam conformidades nos seus valores conforma a portaria nº2914/2011 do Ministério da Saúde..

#### 5.4- Condutividade das Amostras

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente, e à alcalinidade, que tem relação direta com a presença e/ou ausência de carbonatos e bicarbonatos. [SANTOS,1997]

Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água. Em águas continentais os íons diretamente responsáveis pelos valores de condutividade são, entre outros, o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, carbonatos, carbonetos, sulfatos e cloretos. O parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de

drenagem ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração , esgotos, etc.

As análises de condutividade das amostras de água apresentaram os seguintes valores de acordo com a tabela5 a seguir:

**Tabela 5: Condutividade das amostras**

| Pontos de Coleta | Condutividade ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) |          |           | Valor médio( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) | DP*   |
|------------------|--|----------|-----------|---|-------|
|                  | Amostra 1  | Amostra2 | Amostra 3 |   |       |
| Poço subterrâneo | 169,9  | 183,8    | 183,6     | 179,1   | 7,96  |
| Ponto A          | 217,8  | 217,4    | 258,1     | 231,1   | 23,38 |
| Ponto B          | 256,4  | 218,8    | 240,6     | 238,6   | 18,85 |
| Ponto C          | 189,5  | 200,0    | 190,8     | 193,4   | 5,72  |

**Dados: Fontes da pesquisa      DP\* Desvio Padrão**

De acordo com os resultados encontrados pode-se notar que há uma diferença de condutividade das amostras de água do poço subterrâneo e das amostras coletadas nas residências, esta por último indicando valores entre  $193,4 - 238,6 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Porém os valores encontrados do poço subterrâneo e do ponto C são:  $179,1$  e  $193,4 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  respectivamente, portanto próximos um do outro. Valores maiores que  $1000 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  indica forte presença de sais.

### 5.5-Dureza das Amostras

Por meio da análise complexiometrica pode-se determinar a dureza das amostras coletadas no poço subterrâneo e nos pontos A, B e C realizado em triplicada para cada amostra.

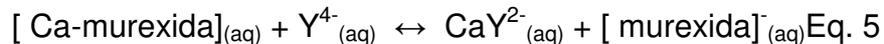
Neste trabalho foi adicionado o indicador murexida o qual foi adicionado a solução ( água + hidróxido de sódio) e obteve-se uma coloração rósea.

**Figura 5: Representação do início da titulação de complexação**



**Fonte: Dados da pesquisa.**

Essa cor é proveniente da adição de íons cálcio a solução alcalina contendo a murexida, devido a presença do complexo cálcio murexida de acordo com a equação:

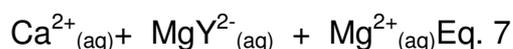


Logo, quando se inicia a titulação com o EDTA a solução alcalina, os íons de cátions livres são complexados primeiro, então quando chega no ponto final, o cálcio é removido do complexo Ca – murexida, ocasionando a mudança de cor rósea para o violeta. Figura 6.

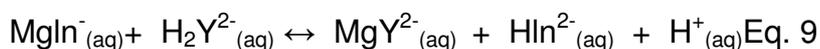
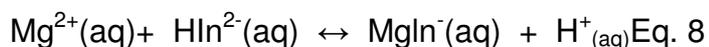
**Figura 6: Ponto final da titulação**

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme o titulante  $\text{H}_2\text{Y}^{2-}$  for sendo adicionado ao analito, ele complexa com os íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  na amostra de água, para formar os respectivos íons complexos:



Entretanto, todos os íons cálcio tiverem sido complexados, os íons magnésio liberados novamente se combinam com o EDTA até que o ponto final seja observado.



A partir das equações balanceadas, fica evidente que uma vez que a concentração molar do  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$  é conhecida, os moles dos íons da dureza da água presentes podem ser calculados. A razão estequiométrica é 1:1. Neste sentido, a dureza da água pode ser calculada de acordo com a equação 10. [BACCAN, et al, 2001].

$$\text{Dureza} = \frac{[C_{\text{EDTA}} \times V_{\text{EDTA}} \times \text{MM}_{\text{CaCO}_3}]}{V_{\text{agua}}} \times 1000 \quad \text{Eq. 10}$$

$$V_{\text{agua}}$$

$$\text{Dureza} = \frac{[0,01 \text{ mol/L} \times 0,36 \text{ mL} \times 100,09 \text{ g/mol}]}{100 \text{ mL}} \times 1000$$

$$100 \text{ mL}$$

$$\text{Dureza} = 3,60 \text{ mg de CaCO}_3/\text{L}$$

Deste modo, assume-se que a dureza seja causada principalmente pelo  $\text{Ca}^{2+}$ , proveniente da dissolução do  $\text{CaCO}_3$  sendo expressa em mg/L.

Classificação da dureza da água em partes por milhão de carbonato de cálcio de acordo com a tabela 6:

**Tabela 6: Classificação da dureza da água**

| Dureza ( ppm $\text{CaCO}_3$ ) | Classificação        |
|--------------------------------|----------------------|
| < 15                           | Água muito mole      |
| 15 – 50                        | Água mole            |
| 50 - 100                       | Água de dureza média |
| 100 - 200                      | Água dura            |
| >200                           | Água muito dura      |

**Fonte: MACEDO, 2001.**

A portaria nº518/2004 do Ministério da Saúde estabelece para a dureza da água o teor de 500 mg/L em termos de  $\text{CaCO}_3$  como valor máximo permitido para água potável.[ BRASIL, 2004]

Após a titulação complexiométrica obtiveram-se os seguintes resultados como mostra a tabela 7:

**Tabela 7: Conclusões das análises de dureza**

| Pontos              | Volumes gastos de EDTA (mL) |           |           | Medidas<br>os<br>volumes | DP*  | Resultados<br>mg/L de<br>CaCO <sub>3</sub> |
|---------------------|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|------|--|
|                     | Amostra 1                   | Amostra 2 | Amostra 3 |                          |      |  |
| Poço<br>subterrâneo | 0,5                         | 0,3       | 0,3       | 0,36                     | 0,11 | 3,60                                       |
| Ponto A             | 28                          | 30        | 28        | 28,6                     | 0,11 | 286,3                                      |
| Ponto B             | 25                          | 30        | 27        | 27,3                     | 0,25 | 273,2                                      |
| Ponto C             | 30                          | 27        | 3,0       | 29,0                     | 0,17 | 290,3                                      |

**Fonte: dados da pesquisa.**

Conforme os valores explicitados na tabela 6, pode-se perceber que as amostras de águas coletadas nas residências valores de CaCO<sub>3</sub>, em mg/L, que variam de 273,2 a 290,3 sendo portanto consideradas muito dura. Os valores altos de dureza encontrados deve ser consequência da seca que há em nossa região. Já a água do poço subterrâneo apresenta índice de dureza de 3,60 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, sendo considerada, portanto, uma água muito mole.

Os valores altos de dureza encontrados nas amostras de água coletadas nas residências pode ter influência direta devido a seca em nossa região que houve no período da coleta.

## **5.6 – Cloretos**

Geralmente os cloretos estão presentes em águas brutas e tratadas em concentrações que podem variar de pequenos traços até centenas de mg/L. Estão presentes na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio. A água do mar possui concentrações elevadas de cloretos que está em torno de 26000 mg/L. Concentrações altas de cloreto podem restringir o uso da água em razão

do sabor que eles conferem e pelo poder laxativo que eles podem provocar.[MELO, 2011]

A portaria nº2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece o teor de Cl<sup>-</sup> igual a 250 mg/L como valor máximo permitido para água potável. Os métodos convencionais de tratamento de água não removem cloretos. A sua remoção pode ser feita por deionização ou evaporação.

As análises de Cloreto das amostras de água apresentaram os seguintes valores de acordo com a tabela 8 a seguir:

**Tabela 8: Resultado da análise de cloretos**

| Pontos       | Volumes gastos de AgNO <sub>3</sub> (mL) |           |           | Média dos volumes | DP*  | mg/L de cloretos |
|--------------|--|-----------|-----------|-------------------|------|------------------|
|              | Amostra 1                                | Amostra 2 | Amostra 3 |                   |      |                  |
| Poço subter. | 23                                       | 22,8      | 23,2      | 19,8              | 2,00 | 81,65            |
| Ponto A      | 75                                       | 80        | 78        | 77,6              | 2,51 | 275,48           |
| Ponto B      | 73                                       | 70        | 78        | 73,6              | 4,04 | 260              |
| Ponto C      | 77                                       | 80        | 77        | 78,0              | 2,44 | 276,9            |

**Fonte: Dados pessoais da pesquisa**

**DP\* = Desvio padrão**

Conforme os valores explicitados na tabela 8, pode-se perceber que a água do poço subterrâneo encontra-se dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde, entretanto as amostras coletadas nas residências deram acima do valor máximo permitido que é de 250 mg/L.

As águas coletadas nas residências tem altos valores de cloretos devido a forma de tratamento que as mesmas passam antes de chegar às residências.

## 6 - CONCLUSÕES

As amostras analisadas indicaram que os valores do pH da água do poço subterrâneo é ácido,  $\text{pH} = 5,82 \pm 0,14$ . Com isso, pode-se concluir que a água do poço subterrâneo não está dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Enquanto que a água coletada nas residências encontra-se dentro dos padrões aceitáveis. A portaria nº2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece o valor de pH apropriado para consumo humano deve estar entre 6,0 e 9,5.

Na análise condutométrica observou-se que há uma diferença de condutividade da água do poço subterrâneo, cujo valor foi  $179,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  e das amostras de águas de abastecimento das residências cujo os valores ficaram entre 231,1 a 238,6 -  $179,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Valores acima de  $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  indicam uma forte presença de sais.

As alcalinidades das amostras de águas analisadas apresentaram-se semelhantes nos seus valores medidos. A alcalinidade das águas das residências apresentaram valores que variam de 168,6 a 169,2  $\text{mg/L} \pm 0,29$  de  $\text{CaCO}_3$  e água do poço subterrâneo teve um valor de 129,6  $\text{mg/L}$  de  $\text{CaCO}_3$ .

Os valores encontrados para turbidez das amostras das águas foram: 1,27 NTU  $\pm 0,49$  para a água do poço subterrâneo, enquanto que as amostras de águas das residências tiveram valores compreendidos entre 8,28 a 9,18 NTU  $\pm 0,34$ . Portanto estão fora dos padrões estabelecidos pela portaria nº2914/2011 do Ministério da Saúde, onde o máximo permitido para águas subterrâneas é de 1 NTU e 5NTU como padrão para consumo humano. Com relação a potabilidade da água própria para consumo humano deve ter turbidez igual a 5 NTU.

Nas análises de dureza pode-se observar que as amostras de águas coletadas nas residências apresentaram valores entre 273,2 a 290,3  $\text{mg/L} \pm 0,17$  de  $\text{CaCO}_3$ , sendo portanto considerada como sendo água muito dura. A amostra de água do poço subterrâneo apresentou o valor de 3,60  $\text{mg/L}$  de  $\text{CaCO}_3$  sendo considerada uma água muito mole. O fato da dureza da água coletada nas residências está intimamente ligado ao período de seca (fevereiro a maio de 2013) que houve no período da coleta.

Para a análise de cloreto pode-se concluir que a água do poço subterrâneo teve como resultado 81,65  $\text{mg/L} \pm 2$  de cloretos, portanto encontra-se dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde cujo valor máximo é de 250  $\text{mg/L}$  de cloretos. As águas coletadas nas residências tiveram o teor de cloretos entre 275,48 a 276,9  $\text{mg/L} \pm 2,44$  de cloretos, bem acima do valor estabelecido pelo Ministério da saúde. Uma possível causa para o elevado teor de cloro pode estar associada a forma de tratamento utilizada no processo de tratamento das águas de abastecimento.

## 7 –REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRANEAS. Disponível em: [www.abas.org/educacao.php](http://www.abas.org/educacao.php), acessado em 20/04/2013.

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

BACCAN, et al.; **Química Analítica Quantitativa Elementar**, 3ª edição, Editora Edgard Blucher LTDA, São Paulo – SP, 2001.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2ª edição, bookman, Porto Alegre, 2002.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de Análise de água**. 2ª ed.2006.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. 2ª ed. Ver, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 518, de 25.03.2004. **Dispõe sobre normas e padrões de potabilidade de água para consumo humano**.: SVS, 2004.

CÂMARA, F.R.A., **Demanda Química de oxigênio, clorofila a, e Comunidade fitoplanctonica como indicadores da água no canal do Pataxó/RN**.2007.

CETESB. **Água, qualidade, padrões de potabilidade e poluição**. Secretariade Serviços e Obras Públicas. São Paulo, 1974.

CETESB. **Operações e Manutenção de ETA**. Secretaria dos Serviços e Obras Públicas, São Paulo, 1973.

FREITAS, M.B. **Tratamento de Água para Consumo Humano**: Fiocruz/ENSP- Departamento de saneamento Ambiental, Rio de Janeiro, 2001.

HARDENBERGH, W.A. **Abastecimento e purificação da água**. 3 ed. Rio de Janeiro: centro de publicações técnicas Aliança, 1964.

MACEDO, J. A B. **Águas & Águas: Métodos Laboratoriais**. 2ª edição. Belo Horizonte: Ortofarma, 2001.

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

MELO, Maria Jucilene de Macedo – **Estudo analítico da dureza e alcalinidade de águas visando abrandamento por meio de resina de troca iônica**,2011.

MOTTA, Valter T. **Bioquímica Básica: Autolab – Análises Clínicas**. Disponível em: <http://www.gilvan.pro.br/bioquimica.pdf>, acessado em: 20/12/2011.

ORGANIZACION Mundial de la salud. **Guias para a calidad Del agua potable**. 1ª ed. Ginebra: OMS, 1998. V<sub>3</sub>.

SANTOS, A.C. 1997. **Noções de Hidroquímica**.In: **hidrologia: conceitos e aplicações**. Coordenadores: Fernando Antônio Carneiro Feitosa/ João Manoel Filho. Fortaleza. CPRM/ LABHID – UFPE. P. 81 – 108.

SILVA, D.D. **Avaliação do Método da Adição do Padrão para Quantificação de Traços de Fenol em Efluentes usando Espectroscopia de Absorção Molecular e a Cromatografia Gasosa**. Dissertação ( Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, 1998.

SILVA, J.F.R. **Avaliação física - química e Microbiológica da Água de abastecimento do município de Cuité-PB**. ( Trabalho de Conclusão de curso de licenciatura em química) – Universidade federal de Campina Grande, UFCG, 2010.

SILVA, J.F.R. **Avaliação Físico-química e Microbiológica da Água de Abastecimento do Município de Cuité-PB.** ( Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Química) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, 2010.

SKOOG, D. A; WEST, D. M.; HOLLER, J.; CROUCH, S.R. **Fundamentos de química analítica.** 8ª ed. São Paulo: CengageLearnig, 2008.

SOUSA, José Tavares de & LEITE, Valderi Duarte. **Tratamento e Utilização de Esgotos Domésticos na Agricultura.** Campina Grande – PB, EDUEP, 2002.

VOGEL, **Química Analítica Quantitativa.** Ed, 6ª. Tradução: Júlio Carlos Afonso, Paula Fernandes, Ricardo Bicca. São Paulo, LTC,2002.

VOITTSAM, Delmo S.; Mauro S. **Água Mineral.** Rio de Janeiro: Inter ciência,2005.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.