



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG**  
**CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES - CFP**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA -**  
**UACEN**  
**LINCENCIATURA EM QUÍMICA**

**MARIA DO SOCORRO FERREIRA DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DAS**  
**ÁGUAS DE POÇOS NA CIDADE DE SÃO JOSÉ DE PIRANHAS - PB**

**CAJAZEIRAS - PB**

**2019**

**MARIA DO SOCORRO FERREIRA DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DAS  
ÁGUAS DE POÇOS NA CIDADE DE SÃO JOSÉ DE PIRANHAS – PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito necessário para obtenção do título de licenciado em Química Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Cajazeiras.

**Orientadora:** Dra. Albaneide Fernandes Wanderley.

Portaria de Consolidação nº 5, 28/09/2017

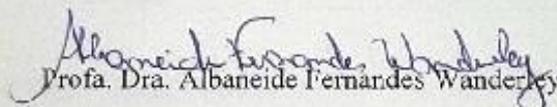
**CAJAZEIRAS**

**2019**

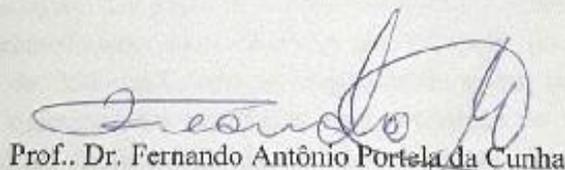
**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E  
QUÍMICAS DAS ÁGUAS DE POÇOS NA CIDADE DE SÃO JOSÉ  
DE PIRANHAS - PB**

Monografia aprovada como requisito à obtenção do título de Graduado em Licenciatura em Química oferecido através do Programa Nacional de Formação de Professores da Educação Básica (PARFOR), no Centro de Formação de Professores da Universidade Federal de Campina Grande.

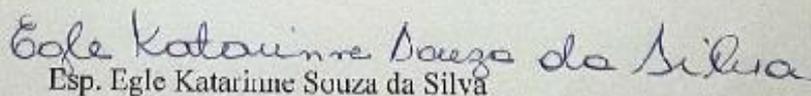
Aprovada pela banca examinadora em 07 de fevereiro de 2019

  
Prof. Dra. Albaneide Fernandes Wanderley

Orientadora

  
Prof. Dr. Fernando Antônio Portela da Cunha

Membro da banca/ CFP/UFCG

  
Esp. Egle Katarinne Souza da Silva

Membro da banca/ CCTA/UFCG

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação - (CIP)  
Denize Santos Saraiva Lourenço - Bibliotecária CRB/15-1096  
Cajazeiras - Paraíba

O482d Oliveira, Maria do Socorro Ferreira de.  
Avaliação das características físicas e químicas das águas de poços na cidade de São José de Piranhas-PB / Maria do Socorro Ferreira de Oliveira. - Cajazeiras, 2019.  
39f. : il.  
Bibliografia.

Orientadora: Profa. Dra. Albaneide Fernandes Wanderley.  
Monografia (Licenciatura em Química-PARFOR) UFCG/CFP, 2019.

1. Poços tubulares. 2. Água Subterrânea. 3. Análise Físico-químicas-águas subterrâneas. I. Wanderley, Albaneide Fernandes. II. Universidade Federal de Campina Grande. III. Centro de Formação de Professores. IV. Título.

UFCG/CFP/BS

CDU- 628.112.24

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida desfrutada com saúde, pela força e coragem que me sustentaram até aqui. Sem Sua graça nada seria possível.

A meus filhos, o abraço apertado, beijinhos soltos pelo ar e o: “mamãe eu amo senhora” me faziam desacelerar, compreender o essencial, aproveitar, respirar fundo e seguir.

A meu esposo Diêgo Cavalcanti e minha família, pelo exemplo de força e determinação que me motivam. Por compreender os momentos de ausência e torcer pelo meu sucesso, em especial, minha irmã Maria Magna Alves Ferreira, uma guerreira, que me ajudou com a coleta dos dados.

Ao pessoal de apoio, Mônica Saraiva, quando deixei um bebê de apenas seis meses pra iniciar o curso, e Maria Leite quem hoje cuida de um rapazinho.

Aos meus colegas do PARFOR. Os sábados ao lado de vocês parecia não ser uma dificuldade a mais das tantas que enfrentamos. Cada um de vocês, ao transpor suas barreiras, física ou intelectual, foi essencial para que eu não desistisse.

A Maria Alcantara dos Santos, pelo auxílio e apoio durante as análises realizadas no Laboratório de Química da UFCG.

A todos os meus professores do Curso de Licenciatura em Química, carrego um tesouro somado por todo aprendizado curricular e pessoal. Em especial ao professor Luciano Leal de Moraes Sales, sempre nos encorajando a não desistir, foi um apoio que nos fez caminhar cada vez mais longe e chegar até aqui. A Professora Albaneide Fernandes Wanderley, minha orientadora, por quem sou grata a tudo que me ensinou, desde sua ética e retidão até os conteúdos das Químicas que lecionou, serás sempre minha inspiração. Por fim, ao professor Fernando Antônio Portela da Cunha, pela coragem de acreditar e conduzir a turma do curso pela modalidade PARFOR com firmeza e engajamento, o resultado foi um aprendizado pra vida toda.

A todos que fazem a Escola Municipal de Ensino Fundamental Antonio Lacerda Neto, minha segunda casa, em especial aos meus alunos, por quem guardo imenso carinho e desejo de um futuro promissor.

A CAPES, pela implementação do Programa Nacional de Formação de Professores da Educação Básica (Parfor). A Universidade Federal de Campina Grande-

UFCG, pela oportunidade de realizar este curso, desfrutando da qualidade de seus profissionais e da sua estrutura.

A todos que contribuíram e acreditaram em mim, muito obrigada.

Aos meus filhos Antonio, Lucas e João. Razão de toda  
minha insanidade, desgaste e, principalmente, AMOR.  
A ausência me fez valente, o abraço apertado da  
chegada acreditar que eu posso tudo.

## RESUMO

A água subterrânea é um elemento de fundamental importância para suprir as necessidades humanas, mas seu uso deve ser feito de forma consciente e cautelosa. Água contaminada ou fora dos padrões em relação as suas propriedades físico químicas pode trazer riscos à saúde e ao meio ambiente. É cada vez mais presente a utilização de poços como alternativa para o abastecimento de diversas localidades em período de escassez. Este estudo objetivou-se em avaliar os parâmetros físico-químicos: pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, turbidez, cloretos e dureza da água subterrânea de poços tubulares do município de São José de Piranhas – PB, investigou-se quais as finalidades do uso dessas águas e a conscientização através da temática na sala de aula, tendo como base a legislação vigente para avaliar o enquadramento das águas subterrâneas para uso humano. Para isso, primeiramente, foi feita a caracterização dos poços de onde as águas foram coletadas, para obter informações sobre os usos da água, a profundidade e o tempo de perfuração dos poços, bem como a regulamentação de tais obras, em seguida, a coleta das amostras de água foram nas áreas rural e urbana, posteriormente levadas para análise no laboratório de química da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) campus Cajazeiras. A sensibilização a respeito do uso da água de poço, ocorreu como forma de palestra abordando a quantidade de água do planeta, disponibilidade das águas subterrâneas e qualidade da água. Os valores relacionados aos padrões físicos, não excederam os Valores Máximos Permitidos (VMP) para consumo humano pela resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente 357/2005 e pela Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde, respectivamente. A caracterização dos poços, mostrou que apenas três poços, o correspondente a 30%, possuem registro e metade dos poços não possuem um registro comprovando análise da água. As análises dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) permitiu classificar as águas dos poços em estudo como doce ou salobra. Com relação a dureza, 70% foram classificadas como duras. A quantificação de Cloretos identificou uma amostra acima de 250 mg/L, não se enquadrando como potável referente aos parâmetros físicos e químicos. Os resultados após exposição do tema para alunos da segunda fase do ensino fundamental da escola Municipal Antônio Lacerda Neto, sinalizam a importância do conhecimento para a sensibilização quanto a importância da análise e uso consciente da água dos mananciais subterrâneos, tendo em vista o perigo para a saúde e meio ambiente o uso recorrente e irresponsável deste recurso.

**Palavras chave:** Água subterrânea, Poços tubulares, Análises Físico- Químicas.

## ABSTRACT

Groundwater is an element of fundamental importance to meet human needs, but its use must be done consciously and cautiously. Contaminated or non-standard water in relation to its physical and chemical properties may pose a risk to health and the environment. It is increasingly present the use of wells as an alternative for the supply of several locations in times of scarcity. The objective of this study was to evaluate the physico-chemical parameters: pH, electrical conductivity, total dissolved solids, turbidity, chlorides and hardness of the groundwater of tubular wells in the municipality of São José de Piranhas - PB. use of these waters and awareness through the theme in the classroom, based on current legislation to evaluate the groundwater framework for human use. For this, the characterization of the wells from which the water was collected was carried out, to obtain information on the water uses, the depth and the time of drilling of the wells, as well as the regulation of such works, then the collection of the water samples were in the rural and urban areas, later taken for analysis in the chemistry laboratory of the Federal University of Campina Grande (UFCG) Cajazeiras campus. Awareness raising about the use of well water occurred as a way of speaking about the amount of water on the planet, availability of groundwater and water quality. The values related to the physical standards did not exceed the Maximum Allowed Values (VMP) for human consumption by CONAMA (National Environmental Council 357/2005 and Ministry of Health Ordinance No. 2,914 of 2011, respectively. The characterization of the wells, showed that only three wells, corresponding to 30%, are registered and half of the wells do not have a record proving water analysis. The analyzes of Total Dissolved Solids (STD) allowed to classify the waters of the wells under study as sweet or brackish. Regarding hardness, 70% were classified as hard. The quantification of Chlorides identified a sample above 250 mg / L, not being considered as drinking relative to the physical and chemical parameters. The results after exposing the theme to the students of the second stage of elementary school at the Municipal School Antônio Lacerda Neto, indicate the importance of knowledge for the awareness of the importance of the analysis and conscious use of the water of the underground springs, considering the danger to the health and the environment the recurrent and irresponsible use of this resource.

Keywords: Groundwater, Tubular Wells, Physical-Chemical Analyzes.

## SUMÁRIO

<b>1 Introdução .....</b>	<b>11</b>
<b>2 Revisão de Literatura .....</b>	<b>13</b>
2.1 Composição hídrica do Planeta Terra .....	13
2.2 Águas Subterrâneas .....	13
2.4 Legislação e características das águas subterrâneas para consumo humano .....	16
2.5 Aspectos físicos e químicos da água .....	17
2.6 Situação hídrica do Município de São José de Piranhas - PB .....	20
2.7 Qualidade da água como tema para ensino de Ciências.....	21
<b>3 Metodologia .....</b>	<b>22</b>
3.1 Tipo de Estudo .....	23
3.2 Desenvolvimento do estudo.....	23
3.3 Área de estudo .....	25
3.4 Coleta dos dados .....	26
3.5 Análise dos dados .....	27
<b>4 Resultados e Discussões.....</b>	<b>27</b>
4.1 Caracterização dos poços.....	27
4.2 Análise físico química das águas .....	30
4.3 Abordagem didática .....	36
<b>5 Considerações finais .....</b>	<b>39</b>
4.2 Referencial Bibliográfico .....	41

## 1 Introdução

A distribuição de água no planeta ocorre de forma irregular, sendo assim algumas regiões possuem um grande potencial de escassez. Diante disto, as águas subterrâneas que detêm maior reserva de água doce no estado líquido, se tornaram-se uma alternativa para suprir as necessidades de determinadas regiões atingidas pela falta de água.

As águas subterrâneas geralmente estão mais protegidas de agentes patogênicos presentes nas águas superficiais, possuem aspecto límpido pelo seu processo de formação a partir da filtração pelos poros rochosos, causando a impressão de ser uma água potável. Contudo, para que a água seja utilizada para consumo humano ela deve passar por testes físicos, químicos e microbiológicos para determinar sua potabilidade e/ou um padrão mínimo para tal.

A Legislação vigente determina através da Portaria n. 518/2004, do Ministério da Saúde, que dispões sobre a vigilância da qualidade de água para uso humano, os volumes máximos permitidos de parâmetros físicos e químicos como padrão de aceitação para consumo humano. Dentre eles, medidas de pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, turbidez, cloretos e dureza devem ser realizadas (BRASIL, 2004).

A situação de falta de água leva a uma realidade crítica, alternativas para captação de águas destinadas para consumo humano são exploradas, sendo a água subterrânea uma delas. A busca desenfreada pode ocasionar em prejuízos ambiental e para a saúde, pois a água do subsolo pode conter substâncias e material orgânico, nela dissolvidas, se fazendo necessário a identificação de componentes que possam causar algum prejuízo ao homem ou ao meio ambiente.

Neste contexto, o presente trabalho é uma contribuição para a avaliação da qualidade física e química de águas subterrâneas no Município de São José de Piranhas – PB. A cidade passou por períodos intensos de seca, neste tempo, a perfuração de poços e o uso de sua água sem as devidas análises foram fatos recorrentes nos últimos anos. Assim, o trabalho teve como objetivo principal avaliar a qualidade mínima das águas subterrâneas para consumo humano, quanto aos parâmetros físico químicos, realizando as análises para determinação de pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, turbidez, cloretos e dureza. Verificando a utilização dessas águas e conscientizando para o cuidado quanto ao uso e avaliação da qualidade da água para consumo humano. Por se tratar de um recurso natural finito, deve ser usada de forma

consciente também do ponto de vista ambiental com amparo legal para garantir a integridade dessas águas.

## 2 Revisão de Literatura

### 2.1 Composição hídrica do Planeta Terra

A água é fundamental para que seja possível a existência de vida, ao ver uma fotografia vista de cima do planeta Terra é possível perceber que a maior parte do seu território está coberta por água, porém este líquido, que parece ser abundante, tem sua disponibilidade reduzida. De acordo com a citação de Grassi (2001 p.32) cerca de 97,5% da água do nosso planeta está presente nos oceanos e mares, na forma de água salgada, ou seja, imprópria para o consumo humano, dos 2,5% restantes, que perfazem o total da água doce existente, 2/3 estão armazenados nas geleiras e calotas polares. Apenas cerca de 0,77% de toda a água está disponível para o nosso consumo, sendo encontrada na forma de rios, lagos, água subterrânea, incluindo ainda a água presente no solo, atmosfera (umidade) e na biota.

### 2.2 Águas subterrâneas

Existem diferentes definições sobre o conjunto das águas subterrâneas, ou sua subclassificação, alguns autores descrevem toda água subterrânea como aquífero de acordo com Grassi (2001 p. 32) as águas subterrâneas encontram-se abaixo da superfície em formações rochosas porosas denominadas aquíferos. Estas águas tem influência e também são influenciadas pela composição química e pelos minerais com os quais estão em contato, os aquíferos são reabastecidos pela água que se infiltra no solo.

Baird (2002, p.444) discorre sobre as águas subterrâneas classificando-as de acordo com a porosidade do solo e aeração, abordando a importância dessas águas:

A medida que vamos nos aprofundando no solo sob a camada inicial [...] a camada seguinte encontrada é a zona insaturada [...] à maior profundidade está a zona saturada água doce da zona saturada [...] é lençol de água subterrâneo; ele constitui 0,6% do suprimento total de água mundial. A principal fonte das águas subterrâneas são as chuvas que caem sobre a superfície, uma pequena parte infiltra-se até atingir a zona saturada.

Sobre aquíferos, Baird (2002, p. 4444) descreve estes reservatórios de água:

Se a água subterrânea esta contida em solo composto por rochas porosas [...] ou altamente fraturadas [...] e se as águas mais profundas estão em contato com uma camada de argila ou rocha impermeável, então constitui-se um reservatório de água permanente chamado aquífero.

De acordo com a Resolução nº396, de 03 de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, em seu Art. 2º, inciso I, águas subterrâneas são: “águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo”. No inciso III descreve aquífero como sendo: “corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através de seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos” (BRASIL, 2008).

Toda água contida abaixo do solo trata-se de água subterrânea, os lençóis de água subterrânea geralmente estão em profundidades maiores após a primeira camada do solo com pouca aeração deslocada pela água. Os aquíferos são um conjunto dessas águas com formação geológica na qual a água pode ser armazenada e possui permeabilidade suficiente para permitir que essa se movimente, podendo ter profundidades maiores como também encontrar a superfícies.

Os lençóis de água subterrâneos apresentam uma parte considerável da água doce existente no planeta Terra, de acordo com Tanajura e Leite, (2016, p. 306) “As águas subterrâneas representam 98% da água doce disponível e adequada ao consumo humano. Não obstante este seja um recurso de difícil acesso e relativa proteção natural”.

### 2.3 Acesso as águas subterrâneas

O acesso dos seres humanos às águas subterrâneas normalmente se dá por meio da perfuração de poços. Estes podem ser escavados manualmente, como as cacimbas, poços amazonas e cisternas ou perfurados com equipamentos, no caso dos poços tubulares profundos (BRASIL, 2007).

Mesmo essas águas profundas requerendo certa dificuldade para sua captação, pode ser uma alternativa para suprir as dificuldades da crise hídrica surgida pela escassez de água dos mananciais em determinadas regiões como as do semi-árido e sertão nordestino que sofrem intensos períodos sem chuvas, razão para a grande preocupação com relação ao abastecimento de água nas regiões sertanejas.

Ultimamente a perfuração de poços parece ser uma solução alternativa para os problemas de falta de água, no entanto merece cautela já que o abastecimento das águas subterrâneas também depende das águas pluviais. “A principal fonte das águas subterrâneas são as chuvas que caem sobre a superfície, uma pequena parte infiltra-se até atingir a zona saturada (BAIRD, 2002).

A renovação (recarga) das águas retiradas dos aquíferos nem sempre ocorre na mesma velocidade da extração, o que pode provocar a superexploração ou sua exaustão. Nesse sentido, a exploração das águas subterrâneas exige um monitoramento constante dos volumes extraídos (BRASIL, 2007).

A legislação brasileira garante o direito ao uso da água como bem comum, no entanto, mesmo em casos de escassez se faz necessário o monitoramento dos recursos hídricos por se tratar de um componente ambiental limitado e finito além dos riscos inerentes a saúde quando a água é usada para o consumo humano.

Antes de perfurar um poço deve-se procurar o órgão estadual de recursos hídricos, visando obter informações sobre normas técnicas para a perfuração e exigências para a regularização de poços tubulares (autorização para perfuração, licença ambiental e outorga de direito de uso). (BRASIL,2007).

No estado da Paraíba esse monitoramento está descrito na LEI N.º 6.308, DE 02 DE JULHO DE 1996 a qual Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos suas diretrizes e dá outras providências. Conforme o Art.15:

“No âmbito da competência do Estado, qualquer intervenção nos cursos de água ou aquífero que implique na utilização dos Recursos Hídricos, a execução de obras ou serviços que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade dos mesmos, depende da autorização do Órgão Gestor, do Sistema de Planejamento e Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado da Paraíba” (BRASIL, 1996).

Nas regiões do semiárido, após anos sem período de chuvas regular, índices pluviométricos baixos, tendo como consequência a redução dos seus mananciais fez surgir a busca desenfreada por alternativas para manter, ao menos, o consumo humano com água de boa qualidade. De acordo com a cartilha do Ministério do Meio Ambiente: Águas Subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido, deve:

“Exigir que a empresa de perfuração apresente a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) e realize: teste de bombeamento de 24 horas, análise físico-química-bacteriorológica, desinfecção e devidas medidas de proteção sanitária do poço, além de Relatório Técnico Detalhado (contendo, no mínimo: descrição das amostras, interpretação do teste de vazão e descrição dos materiais aplicados e

quantidades). Esses documentos são necessários para solicitar a licença e outorga do poço tubular profundo” (BRASIL, 2007, p. 27).

Os instrumentos legais e normativos servem para orientar a sociedade quanto aos seus deveres e direitos no que se refere ao uso e à proteção das águas subterrâneas, para isso, também deve ser observados padrões de potabilidade, sejam elas superficiais ou subterrâneas, para garantir segurança tanto a saúde quanto ao meio ambiente e, conservação dos recursos naturais.

#### 2.4 Legislação e características das águas subterrâneas para consumo humano

A Portaria n. 518/2004, do Ministério da Saúde, que dispõe sobre a vigilância da qualidade de água para uso humano, no tocante a soluções alternativas de abastecimento de água, o inciso III diz que o responsável pelo abastecimento deve: “manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída” de forma periódica. A portaria dispõe ainda sobre os padrões mínimos para consumo humano (BRASIL, 2004).

Figura 1- Padrão de aceitação para consumo humano

A ÁGUA POTÁVEL DEVE ESTAR EM CONFORMIDADE COM O  
PADRÃO DE ACEITAÇÃO DE CONSUMO.

Tabela 5 – Padrão de aceitação para consumo humano

Parâmetro	Unidade	VMP
Amônia	mg/L	1,5
Cloreto	mg/?	250
Cor aparente	uH (unidade Hazen)	15
Dureza	mg/L	500
Trubidez	UT	5
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1000

Fonte: portaria 518/2004

Ainda baseando-se na legislação, a Portaria N° 2914/2011 que Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade em seu Art. 40 diz que:

“Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano, supridos por manancial superficial e subterrâneo, devem coletar amostras semestrais da água bruta, no ponto de captação, para análise de acordo com os parâmetros exigidos nas legislações específicas, com a finalidade de avaliação de risco à saúde humana” (BRASIL, 2011).

A perfuração de poços é uma solução alternativa que parte da ação de pequenos grupos ou individualmente implicando muitas vezes na não obediência da legislação vigente no que tange ao processo de perfuração e controle de qualidade mínima para consumo humano visto que as águas subterrâneas geralmente apresentam limpidez e propriedades organolépticas aceitáveis. Tais características, popularmente conhecidas, realmente possuem características e propriedades que conferem às águas subterrâneas diversas vantagens entre elas:

“Qualidade – As águas subterrâneas possuem elevado padrão de qualidade físico-química e bacteriológica. Por serem naturalmente protegidas (mas não imunes) dos agentes de poluição e contaminação [...]” (BRASIL, 2007).

A água subterrânea está sendo reconhecida como alternativa viável aos usuários e tem apresentado uso crescente nos últimos meses. No entanto, a água subterrânea dependendo da sua localização, mesmo possuindo aspecto de boa qualidade pode conter substâncias químicas dissolvidas que influencia na sua segurança para o consumo humano.

De acordo com Freitas, Brilhante e Almeida (2001, p.652):

“Os constituintes químicos das águas subterrâneas podem ser influenciados por vários fatores, entre os quais a deposição atmosférica, processos químicos de dissolução e/ou hidrólise no aquífero e misturas com esgoto e/ou águas salinas por intrusão, fatores esses que modificam as características qualitativas e quantitativas dos mananciais subterrâneos”. (FREITAS, BRILHANTE & ALMEIDA, 2001, P. 652).

Não é possível afirmar a qualidade das águas mais profundas tendo como referência apenas suas características relacionadas a cor, sabor e odor visto que, a sua deposição e conseqüente composição depende de fatores ambientais e antrópicos de determinado ambiente no qual a água esta confinada.

## 2.5 Aspectos físicos químicos da água

Considerando a qualidade da água em suas características físicas espera-se que esta seja transparente, sem cheiro, cor e nem sabor para estar adequada ao consumo humano. Mestrinho (2013) apud Neto et. al (2016, p. 2), cita que “Na avaliação da

qualidade da água, as impurezas são retratadas por suas características físicas, químicas e microbiológicas, onde estas permitem classificar a água por seu conteúdo mineral, caracterizar a sua potabilidade e presença de substâncias tóxicas”. Os autores discorrem ainda quanto às características físicas. “Os parâmetros analisados são turbidez, cor, sabor e odor, temperatura, condutividade elétrica, resíduo seco, salinidade e sólidos. As características químicas, analisa-se pH, acidez, alcalinidade, dureza, oxigênio dissolvido (OD), metais pesados, etc”. (NETO et. al, 2016)

O Manual prático de análise de água da Fundação Nacional de Saúde (2013, p. 49), não descreve os procedimentos para condutividade elétrica, resíduo seco, salinidade e sólidos, usando a seguinte definição para PH:

“O termo pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução. Na água, esse fator é de excepcional importância, principalmente nos processos de tratamento [...] ajustado sempre que necessário para melhorar o processo de coagulação/floculação da água e também o controle da desinfecção. O valor do pH varia de 0 a 14. Abaixo de 7 a água é considerada ácida e acima de 7, alcalina. Água com pH 7 é neutra. A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde recomenda que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 no sistema de distribuição.” (BRASIL, 2013, p. 49).

“A condutividade elétrica é a capacidade de transmitir corrente elétrica através de substâncias dissolvidas. É influenciada pelo tipo de concentração, valência e mobilidade da espécie iônica e temperatura”. (MESTRINHO, 2013 apud NETO et. al 2016). A condutividade possui relação com a presença de íons dissolvidos, quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica na água.

“Os sólidos são geralmente sais dissolvidos, os quais transformam a água num eletrólito capaz de conduzir a corrente elétrica (DIAS & LIMA, 2004)”. Conforme Mestrinho (2013) apud Neto et. al (2016):

“Os sólidos na água são classificados de acordo com o tamanho. Sólidos em suspensão: correspondem à carga sólida em suspensão (silte, argila, matéria orgânica) que pode ser separada por filtração, seca e pesada, expressa em mg/l. Sólidos totais dissolvidos (STD): correspondem ao peso total de minerais constituintes na água, por unidade de volume.” (MESTRINHO, 2013 apud NETO et. al 2016, p. 2)

As características referentes à turbidez e cloretos são definidas no Manual prático de análise de água da Fundação Nacional de Saúde (2013, p. 59), Respectivamente, como:

“A turbidez da água é devido à presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência. Pode ser provocada

também pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais. A turbidez tem sua importância no processo de tratamento da água [...] É um indicador sanitário e padrão organoléptico da água de consumo humano.” (BRASIL, 2013, p. 59)

Com relação aos cloretos, Brasil, 2013 p. 44:

“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[...] Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar. A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece o teor de 250 mg/L como o valor máximo permitido para água potável.” (BRASIL, 2013, p. 44)

De acordo com o Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em Estações de Tratamento de Água (ETA's) da Fundação Nacional de Saúde (2014), “Os cloretos, geralmente, provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar, e ainda podem advir dos esgotos domésticos ou industriais. Em altas concentrações, conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas.” (BRASIL, 2014).

Vários fatores devem ser levados em consideração para a determinação da qualidade da água destinada a um determinado uso. Um fator muito importante é a sua ‘dureza’ Segundo Mol, Barbosa e Silva (1995, p.32)

“A dureza da água é definida em termos da concentração dos cátions cálcio e magnésio, normalmente acompanhados pelos ânions carbonato, bicarbonato, cloreto e ou sulfato. Dependendo da concentração desses cátions, as águas são classificadas como duras (teores acima de 150 mg/L), moles (teores abaixo de 75 mg/L) ou moderadas (entre 75 e 150 mg/L).” (MOL, BARROSA & SILVA, 1995, P. 32)

Popularmente, a dureza da água é reconhecida pela maior ou a menor facilidade de reter o sabão, além de ser desagradável ao paladar e manchar as louças. Tais características estão relacionadas a presença de minerais nas águas subterrâneas.

A presença dos íons cálcio e magnésio na água geralmente provém da dissolução de rochas calcárias, que de acordo com Baird (2002, p. 476), “A maior parte do cálcio entra na água através de  $\text{CaCO}_3$  na forma de calcário, ou por meio de depósitos minerais de  $\text{CaSO}_4$  [...]”

O autor salienta sobre a importância da dureza da água:

“ A dureza é uma característica importante das águas naturais, pois os íons cálcio e magnésio formam sais insolúveis com os ânions dos sabões formando uma espécie de “nata” na água de lavagem.[...] Pessoas que habitam em áreas de águas duras apresentam índice de mortalidade por doenças cardíacas menor do que pessoas que vivem em áreas com águas muito moles.” (BAIRD, 2002, p. 476)

As águas ditas “duras” têm grande quantidade de íons cálcio e magnésio podendo estar em maior quantidade em águas mais profundas devido a sua origem a partir da lixiviação das rochas calcárias. As águas duras podem estar relacionadas com a prevenção de doenças cardíacas, por reduzirem a pressão arterial. Os índices de dureza devem estar dentro do limite estabelecido Segundo a Portaria 518, de 25 de março de 2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Ministério da Saúde (ANVISA/MS), o limite máximo de dureza total em água potável é de 500 mg/L.

Silva e Carvalho (2007) apud Abdalla et. al (2008, p. 9), discorrem sobre os problemas que podem ocorrer em situações de elevada dureza.

“Por sua vez, quando enquadrada na classe de água dura, esta apresenta restrições de uso industrial (abastecimento de geradores de vapor, por exemplo), sendo então necessário o seu tratamento para a retirada de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , técnica esta conhecida por abrandamento, o qual pode ser realizado de duas maneiras: Abrandamento por Precipitação Química e Abrandamento por Troca Iônica, [...]”.

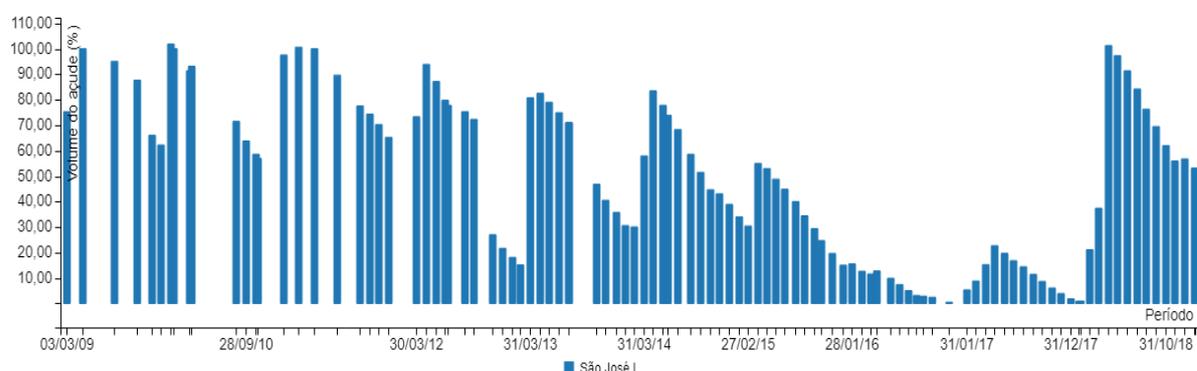
“Experimentalmente, a dureza pode ser determinada mediante a titulação de uma amostra de água com ácido etilendiaminotetracético (EDTA), uma substância que forma complexos muito estáveis com íons metálicos[...]” (BAIRD, 2002, p. 477).

## 2.6 Situação hídrica do município de São José de Piranhas – PB

O município de São José de Piranhas localiza-se no extremo Oeste da Paraíba, o qual faz parte da Mesorregião do Sertão Paraibano, e da Microrregião de Cajazeiras-PB. Limita-se a Norte com Cachoeira dos Índios, Nazarezinho e Cajazeiras, ao Sul Monte Horebe, Serra Grande e São José de Caiana, a Leste com Carrapateira e Aguiar, e a Oeste com Barro, no estado do Ceará. Ocupa uma área de 677,305 km<sup>2</sup>, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a população estimada para 2018 será de 20.062 Habitantes.

São José de Piranhas tem seu abastecimento hídrico fornecido pelo açude São José I. A cidade sertaneja sempre sofreu períodos de escassez durante a “seca” e reabastecia seu manancial no período de inverno. Nos últimos anos, conforme informações da Agencia Executiva de Gestão das Águas do estado da Paraíba (AESAs) os níveis de água diminuíram consideravelmente (figura 2). Nos últimos dez anos, o açude São José I atingiu 100% do seu volume no ano de 2011, fato que se repetiu somente em abril de 2018. Pode-se notar que ao final de 2015 até janeiro de 2018, houve um período crítico de abastecimento de águas, neste tempo, foi intensa a obtenção e uso de águas subterrâneas pela população.

Figura 2- Volume de Água do Açude São José I nos últimos dez anos



Fonte: <http://www.aesa.pb.gov.br/>

A situação de falta de água após anos sem período de chuvas regular, apenas raras ocorrências de índices pluviométricos baixos, tendo como consequência a redução do volume e qualidade da água distribuída pela Companhia de Águas e Esgoto da Paraíba (CAGEPA) resultou na busca desenfreada da população por alternativas para manter o consumo humano diário.

Nos últimos três anos, entre 2016 e 2018, não há dados exatos sobre a quantidade de poços tubulares profundos que foram perfurados no município de São José de Piranhas - PB. Um mapeamento de 2005, realizado pelo Serviço Geológico do Brasil com o projeto de cadastramento de fontes de abastecimento por água subterrânea, em áreas rural e urbana, mostra a existência de 118 pontos d' água sendo, 01(um) fonte natural, 02 (dois) poços escavados e 115 poços tubulares (BRASIL, 2005).

Tais informações podem estar distantes da realidade, visto que, a intensificação do uso de águas subterrâneas foi maior em anos recentes.

## 2.7 Qualidade da água como tema para ensino de ciências

A Declaração Universal dos Direitos da Água diz que “este recurso não deve ser desperdiçado, nem poluído, nem envenenado, que a sua utilização deve ser feita com consciência para que não se esgote nem se perca à sua qualidade (ONU, 1992)”. Porém, a situação atual não condiz com o citado cada vez mais a qualidade da água para consumo diminui.

“O acesso à água potável está cada dia mais escasso. As implicações disto na sociedade são notáveis e as classes sociais mais baixas são as que mais sofrem, os gastos do governo com saúde pública para o tratamento de verminoses e outras doenças podem ter origem devido ao atual quadro da qualidade da água (AMARAL et al, 2003, p )”.

A busca por água para consumo humano leva o homem a utilizar os recursos naturais de forma imediata, não se preocupando com as consequências ambientais e da saúde. Devido à preocupante crise hídrica que vivemos atualmente, Callisto e França (2004), defendem que “para reverter esta situação, a educação voltada a uma Educação Ambiental (EA), é o melhor caminho para alcançar a conscientização e a mudança de velhos hábitos”.

O indivíduo, enquanto cidadão ativo e participativo, que auxilia a minimizar os problemas ambientais, necessita desenvolver o conhecimento crítico sobre os conceitos e assuntos ambientais, aí a importância da educação junto ao processo de tomada de decisões (DUARTE; et al. 2012).

O ensino da qualidade da água pode contribuir para a formação, de indivíduos conscientes e preocupados com o futuro, sendo o ambiente escolar, nas suas atividades cotidianas, o ambiente ideal para tais ações.

## 3 Metodologia

### 3.1 Tipo de estudo

Trata-se de um estudo descritivo, de cunho quanti-qualitativo. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, e outros. Enquanto a pesquisa qualitativa não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc. (FONSECA, 2002).

Para Minayo e Sanches (1993), não existe uma contrariedade, nem complementariedade entre as abordagens quantitativas e qualitativas, por possuírem naturezas diferentes, sendo a primeira capaz de converter grandes conjuntos de dados em variáveis quantificáveis, e a segunda dedicada a compreender fenômenos provenientes de grupos não necessariamente delimitados e de um ponto de vista bastante abrangente.

### 3.2 Desenvolvimento do estudo

Para realização do estudo, primeiramente foi elaborado um plano de amostragem a ser seguido, selecionando os pontos de coleta distribuídos em áreas distintas da zona rural e urbana da localidade definida para a pesquisa. Em seguida, a partir de orientações técnicas para coleta, acondicionamento e transporte das amostras foi realizada a etapa de coleta e armazenamento da água. Como instrumento de pesquisa, foi aplicado um questionário com os responsáveis pela água do poço a fim de caracterizar quanto as características de obtenção da água (ano de perfuração, profundidade e vazão) análises da sua qualidade e a legalidade dos poços na zona rural e urbana da cidade de São José de Piranhas, Paraíba. Posteriormente, o procedimento experimental das análises físicas químicas efetuadas no laboratório de química da Universidade Federal de Campina Grande UFCG.

Após a definição dos resultados experimentais, ocorreu na forma de palestra para alunos da segunda fase do ensino fundamental, da Escola Municipal de Ensino Infantil e Fundamental Antonio Lacerda Neto, localizada em São José de Piranhas, com 20 alunos do 6º ano. A palestra (1 hora/aula), contemplou explanação à respeito da água do planeta, águas subterrâneas e qualidade da água. Em relação às análises físico-químicas da água, foi discutido conjuntamente com os participantes os valores verificados durante as análises experimentais, reforçando a importância de uma água de boa qualidade para consumo humano. Em seguida, foi aplicado um questionário com os alunos participantes para avaliar a compreensão do conteúdo exposto.

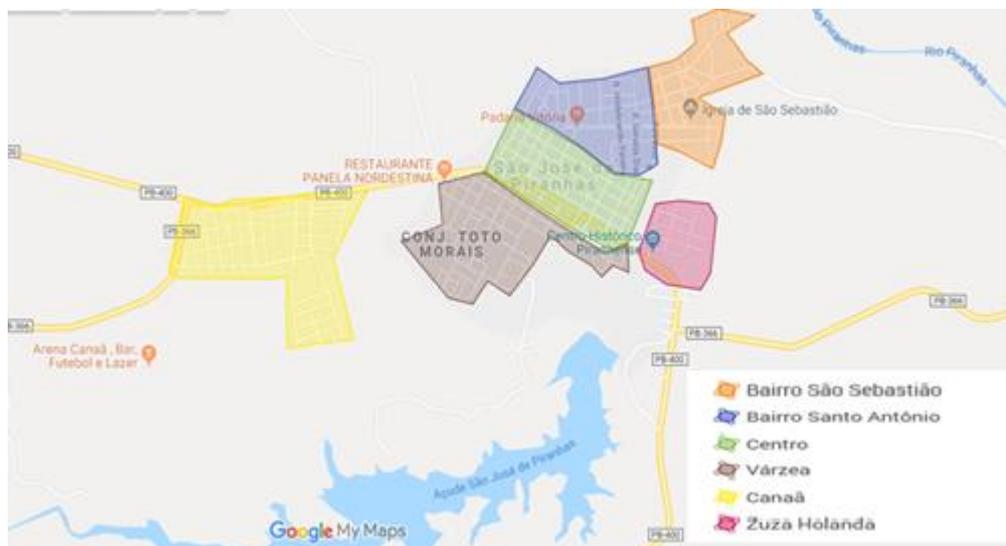
### 3.3 Área de estudo

O município de São José de Piranhas localiza-se na região do alto sertão paraibano incluído na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro, definida

pelo Ministério da Integração Nacional em 2005. A partir de critérios como o índice pluviométrico, o índice de aridez e o risco de seca. De acordo com dados do Departamento de Ciências Atmosféricas, da Universidade Federal de Campina Grande, São José de Piranhas apresenta um clima com média pluviométrica anual de 980.5 mm e temperatura média anual de 26.4 °C.

O estudo foi realizado em 11 pontos do município, tendo por base, o mapa geográfico (figura 3), buscando abranger pontos estratégicos que pudesse delinear características de diferentes coordenadas geográficas do local de estudo. Desta forma, estabeleceu-se 01 (uma) amostra para cada bairro da zona urbana, cuja delimitação da área foi definida baseada nos pontos de coleta, visto que não foram encontrados mapas cartográficos com delimitação precisa.

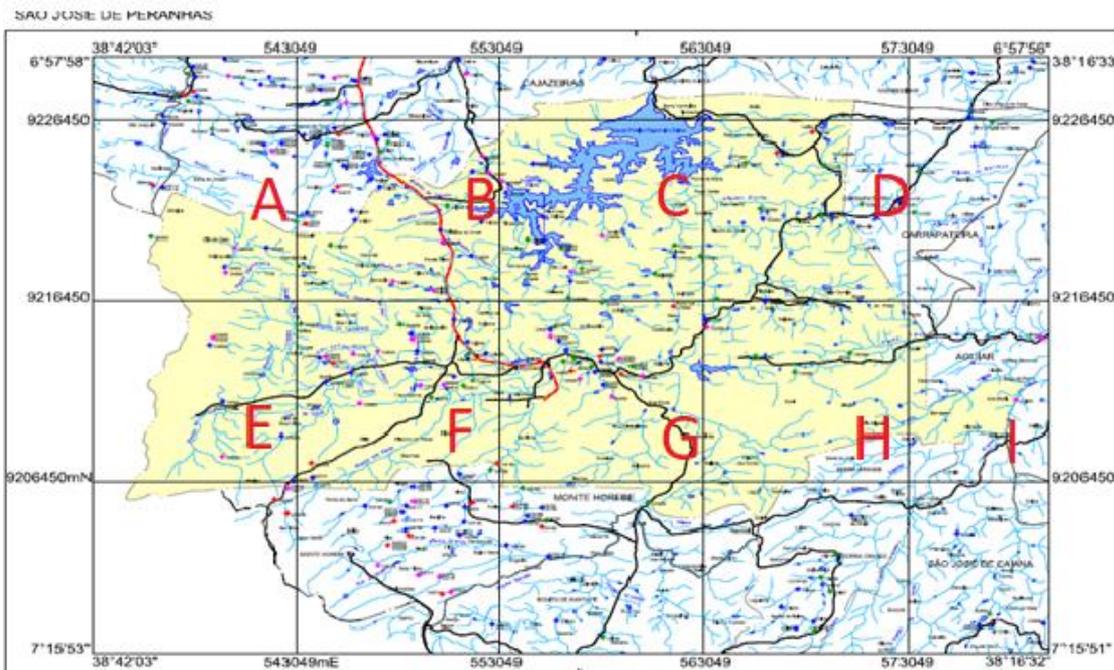
**Figura 3-** Delimitação da zona urbana por área estimada dos bairros



**Fonte:** Fonte: <http://www.mapas.google.com>

Na zona rural, foram selecionados 05 pontos, definidos pelos quadrantes obtidos do mapa básico (figura 4), gerado a partir de Base Cartográfica Digital do Estado da Paraíba, disponível no Projeto Cadastramento de Fontes de Abastecimento Por Água Subterrânea (BRASIL, 2003), o qual abrange todo o território de limites geográficos do município. Tendo como localização das coletas, os quadrantes C, D, F, G e H, pela facilidade para a dinâmica de coleta e condicionamento da amostra.

**Figura 4-** Delimitação da área para zona Rural



**Fonte:** BRASIL. Ministério de Minas e Energia. CPRM, 2005.

Após definição dos pontos de amostragem, efetuou-se a caracterização de cada poço através de um questionário para coleta de dados referente ao ano de perfuração, o tipo de poço, a profundidade, o total de famílias atendidas, a documentação quanto à legalidade, análises anteriores e usos da água captada.

### 3.4 Coleta dos dados

A etapa de amostragem é decisiva no processo de vigilância da qualidade da água para consumo humano, a amostra deve representar de forma real a situação da água no momento da coleta, para isto, foram adotados os procedimentos de coleta de amostras de água para consumo humano disponíveis no manual Orientações Técnicas, referentes a coleta, acondicionamento e transporte de amostras de água para consumo humano. De acordo com o manual, para os procedimentos de coleta em poços freáticos e profundos equipados com bomba, a água do poço deve ser bombeada por tempo suficiente para eliminar a água estagnada na tubulação, a coleta deve ser realizada em uma torneira próxima da saída do poço ou na entrada do reservatório e desinfecção se necessário (BRASIL, 2013).

As coletas do material foram realizadas no fim da tarde, no período entre novembro e dezembro de 2018. Foram utilizados recipientes de 500mL, limpos, e previamente lavados com a água do local a ser analisada. A amostragem compreendeu a

água de poços tubulares profundos no local da torneira de saída. A coleta foi efetuada após aproximadamente três minutos de escoamento para certificar que toda a água da tubulação foi retirada. Em seguida, identificadas (tabela 1), e mantidas em bolsa térmica até o local de análise, onde foram armazenadas a 4°C até o momento de execução das análises.

Tabela 1: Identificação das águas coletadas

<b>Localização</b>	<b>Região</b>	<b>Identificação</b>
Alagamar	Zona Rural	P1
Boa Vista	Zona Rural	P2
Canaã	Zona Urbana	P3
Centro	Zona Urbana	P4
Lagoa	Zona Rural	P5
Picada	Zona Rural	P6
Riacho	Zona Rural	P7
São Sebastião	Zona Urbana	P8
Sto Antonio	Zona Urbana	P9
Várzea	Zona Urbana	P10
Zuza Holanda	Zona Urbana	P11

**Fonte: Própria autora, 2018**

O procedimento de diagnóstico da qualidade das águas, foi realizado no Laboratório de Química da Universidade Federal de Campina Grande para a determinação dos parâmetros pH, condutividade, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Salinidade, Turbidez, cloretos e dureza total.

Os parâmetros físico-químicos das águas foram determinados seguindo-se as metodologias do Manual Prático de Análise de Água, 4ª ed, elaborado pela Fundação Nacional de Saúde.

Os valores de pH, condutividade, STD e Turbidez, foram determinados utilizando o pHmetro, condutivímetro e turbidímetro de bancada. As demais análises, cloretos e dureza total, por titulação com nitrato de prata e EDTA, respectivamente.

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os valores obtidos avaliados conforme a legislação brasileira vigente.

Para as atividades de ensino, os dados foram coletados através de um questionário constituído de cinco questões, 01 (uma) discursiva, e as demais objetivas para verificar a construção de conhecimentos dos participantes cuja avaliação ocorreu individualmente.

### 3.5 Análise dos dados

Após os procedimentos experimentais, foram adotados os cálculos estabelecidos pelo manual BRASIL (2006) Para a quantificação de Cloretos:

$$\text{mg/l Cl} = \frac{(A - B) \times N \times 35.450}{\text{ml da amostra}}$$

Sendo A volume (ml) do titulante gasto na amostra; B, volume (ml) gasto no branco; N, Normalidade do titulante.

Para dureza Total:

$$\text{mg/lCaCO}_3 = \frac{\text{ml de EDTA} \times 1000 \times Fc}{\text{ml de amostra}}$$

Os dados obtidos foram organizados em tabelas e gráficos para melhor compreensão dos resultados, posteriormente comparados aos padrões estipulados pela Portaria n. 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) e pela Resolução n. 396 do CONAMA (BRASIL, 2008).

Para análise dos dados não experimentais, utilizou-se todos os questionários referentes a informações dos poços e os questionários aplicados na atividade de ensino, Foram realizadas análises dos fragmentos de falas dos participantes e abordagem quantitativa quando necessário seguindo a análise de Bardin, (1995), referente a análise de conteúdo.

## 4. Resultados e Discussões

### 4.1 Caracterização dos poços

Durante a coleta de dados para caracterização dos poços, as amostras a serem analisadas foram obtidas de poços tubulares profundos, no entanto, 01 (Uma) das águas foi coletada de cisterna.

Tendo em vista a dificuldade de acesso da zona rural, foi facultada a terceiros (instruídos corretamente quanto ao procedimento para a captação) a coleta do material na área D. Assim, houve um entendimento equivocado quanto ao tipo de reservatório. A

partir de resultados muito divergentes da água obtida do P6 (Tabela 1) em relação aos demais poços e entrevista com o responsável do reservatório, foi confirmado 10 (dez) poços tubulares profundos. Estabelecendo como P6 o poço da Zona Rural Riacho.

A caracterização dos poços mostra que o período de perfuração foi recente, entre 2013 e 2018, com uma média da vazão em torno de 734 L / h, e 62,5 m de profundidade, conforme informações descritas na Tabela 2.

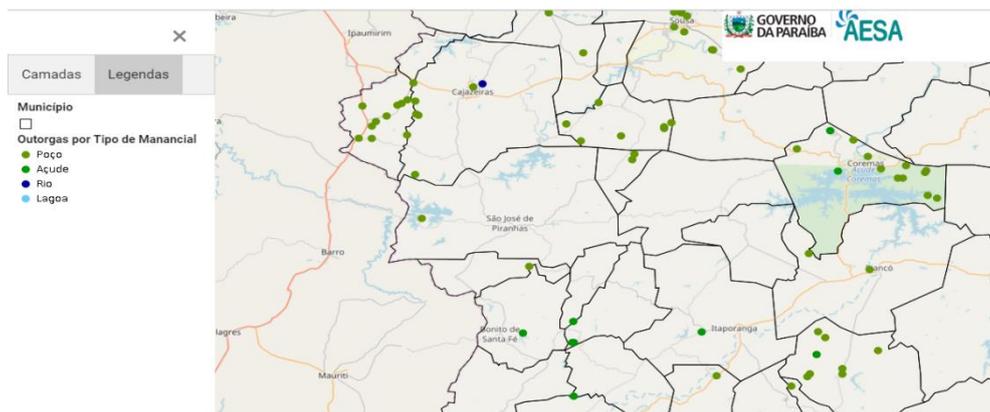
**Tabela 2-** Resultados para caracterização dos reservatórios das águas analisadas

Poço	Tipo	Ano de perfuração	Vazão (l / h)	Profundidade (m)	Regularizado	Análise anterior
P1	TP	2013	140	87	N	N
P2	TP	2018	750	60	N	N
P3	TP	2015	1200	65	S	S
P4	TP	2016	450	72	N	N
P5	TP	2017	500	60	N	N
	Cisterna	---	---	---	---	---
P6	TP	2018	600	50	S	N
P7	TP	2018	800	60	N	S
P8	TP	2016	1200	59	N	S
P9	TP	2016	1000	50	S	S
P10	TP	2016	700	62	N	S

**Fonte:** Própria autora, 2018.

Quanto à regularização frente ao órgão responsável, dos 10 (dez) poços estudados, apenas 03 (três) afirmaram possuir registro na agência reguladora, AESA. Porém, a própria agência disponibiliza na sua página eletrônica, <http://www.aesa.pb.gov.br/>, apenas um registro de manancial do tipo poço no município em estudo (Figura 5). O site não faz referência ao período da informação como também não divulga mais detalhes. No mesmo endereço eletrônico, os registros de licença e outorga confirma 01 (uma) outorga vigente com data de expiração em junho de 2017 e outras 12 (doze) outorgas vencidas, destas, 07 (sete) são referentes à perfuração de poços sendo 01 (um) para uso público, 02 (dois) de uso comercial, 03 (três) para uso industrial e 01 (um) para irrigação.

**Figura 5-** Mapeamento de outorga por tipo de manancial



Fonte: <http://www.aesa.pb.gov.br/>

O último relatório que consta sobre as especificações de outorga foi nos anos de 2008-2009, pelo Relatório Anual Hidrológico sobre a situação dos Recursos Hídricos no Estado da Paraíba que somou 19 outorgas para perfuração de poços no Alto Piranhas.

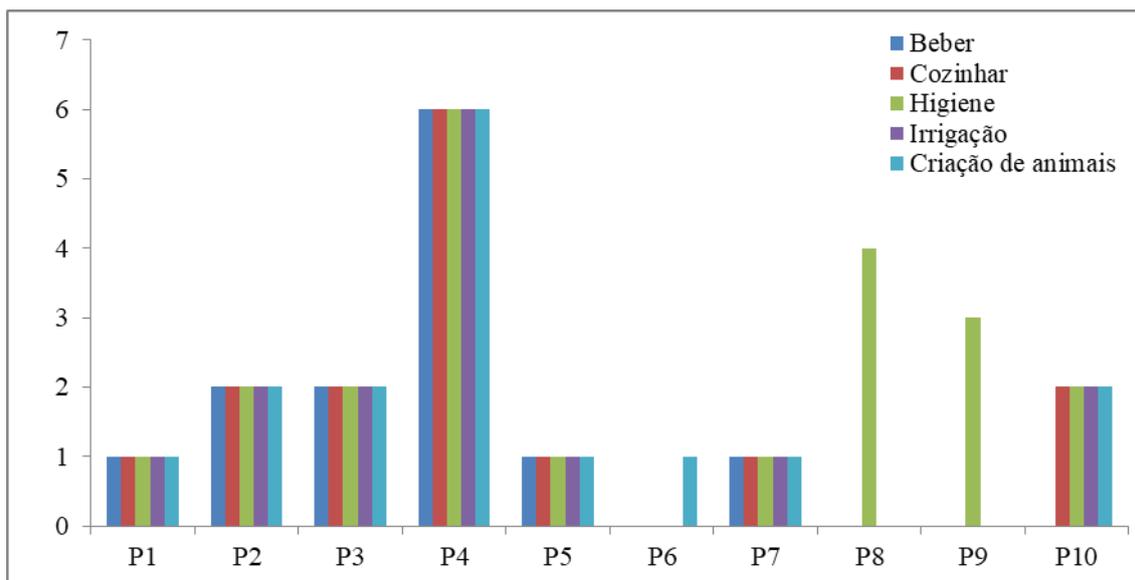
Assim, 70% dos poços cujas águas foram analisadas, não estão em conformidade com a legislação estabelecida pelo Decreto N° 19.260, de 31/10/1997 – que Regulamenta a outorga do direito de uso dos recursos hídricos.

Quanto a análise das águas, 50 % nunca realizou uma análise para verificar a potabilidade da água, como motivos pela não avaliação foram citados o custo do procedimento e o desinteresse como explicação.

Contudo, ao serem questionados sobre o uso das águas dos poços os responsáveis responderam que fazem uso para limpeza, irrigação e criação de animais relataram ainda que utilizam para cozinhar e beber. Um questionamento referente à distribuição da água para outras residências do entorno, mostrou que outras famílias se beneficiam da água do poço, visto que, 05 (cinco) dos 10 (dez) reservatórios em estudo são utilizados por mais de uma família, assim sendo, a água é encanada para outras residências.

Os resultados referentes ao número de famílias e uso das águas captadas, mostra que 70% dos poços têm sua água destinada para uso humano (cozinhar e beber) visto que 06 (seis) dos proprietários responderam que fazem uso da água para todas as atividades domésticas incluindo a preparação de alimentos, apenas 01 (um) deles, afirmou que o uso humano se faz somente no preparo das refeições não utilizando para beber ( (Figura 6).

**Figura 6-** Quantidade de famílias que utilizam água de poço e seus fins para consumo



Fonte: Própria autora, 2018

Os proprietários relataram ainda, que além da água encanada, a vizinhança, em geral, utiliza a água quando necessário não sabendo-se ao certo quais as finalidades do seu uso.

#### 4.2 Análise físico química das águas

Os resultados obtidos para os valores de pH apresentaram pH mínimo de 7,0 e máximo de 8,3 a uma temperatura média de 28,2 °C (tabela 3).

**Tabela 3-** Medidas das análises de pH

Amostras	PH	Temperatura (°C)
P1	7,3	28,2
P2	8,3	28,1
P3	7,0	29,1
P4	7,8	27,4
P5	7,3	28,0
P6	7,4	28,0
P7	7,3	28,7
P8	7,3	28,1
P9	7,2	28,4
P10	7,8	28,0
<b>Médias</b>	<b>7,5</b>	<b>28,2</b>

Fonte: Própria autora, 2019.

Tais resultados corroboram com estudos físicos químicos em respeito das águas subterrâneas, conforme o estudo realizado por Silva et al. (2017), sobre a caracterização destes mananciais na região do Cristalino Cearense, a faixa observada foi de 6,15 até

8,78. De acordo com os padrões de classificação e de potabilidade da água, respectivamente, da Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) e pela Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011) é recomendado que o pH da água no sistema de distribuição esteja entre 6,0 e 9,5. Em todas as amostras analisadas, o pH ficou entre os índices recomendados pela legislação brasileira.

A condutividade, salinidade e STD foram medidos a uma temperatura média de 29,1 ° C. As amostras analisadas em triplicata apresentaram valores de salinidade pouco variáveis com um diferencial oscilando entre 0,0 e 0,1. A média de condutividade foi de 444,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e para STD 408,9 mg/L, este, com um valor máximo de 575 mg/L e mínimo de 300 mg/L (Tabela 4).

**Tabela 4-** Resultados dos parâmetros para os onze pontos de coleta

<b>Amostras</b>	<b>Condutividade (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>	<b>Temperatura(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>	<b>STD (mg/L)</b>
P1	601	27,0	575
P2	334	27,2	319
P3	438	30,5	393
P4	483	30,1	435
P5	452	30,6	404
P6	357	30,4	320
P7	377	30,1	340
P8	582	27,1	556
P09	504	31,0	447
P10	313	27,1	300
<b>Médias</b>	<b>444,1</b>	<b>29,1</b>	<b>408,9</b>

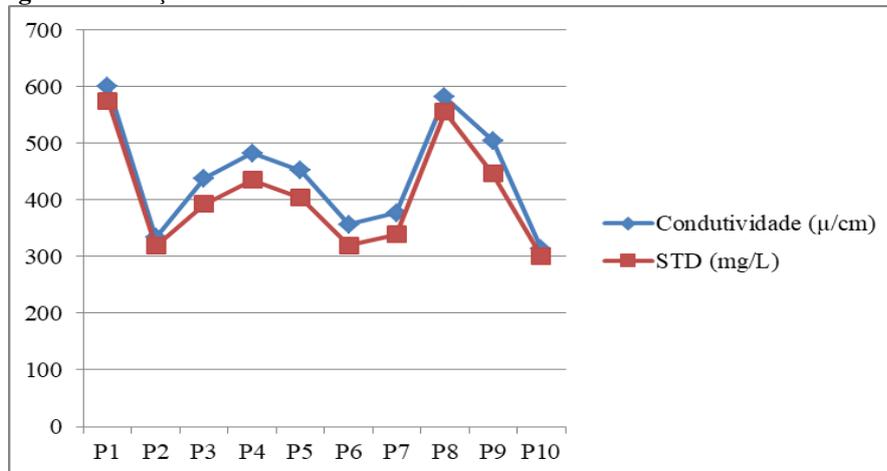
**Fonte:** Própria autora, (2019).

A legislação não estabelece limites para a condutividade elétrica em águas para o consumo humano, porém, conforme citam Motta e Frinhani (2012) a condutividade elétrica é a capacidade de uma substância conduzir corrente elétrica, tal parâmetro apresenta-se diretamente proporcional à quantidade de íons dissolvidos na água. Assim, sua quantificação pode ser relevante para a definição de outros parâmetros de potabilidade como salinidade e STD.

Em um estudo sobre a salinidade em águas subterrâneas na cidade de Canindé, Maia et al (2017) ao realizar a análise estatística com uma relação linear entre duas variáveis medida pelo coeficiente de correlação (R) com valor de igual a 0,9843, mostra uma linearidade entre STD e Condutividade elétrica (CE). Os dados de CE e STD das águas de poço da cidade de São José de Piranhas-PB, plotados em gráfico

(Figura 7), mostram uma estreita relação entre os parâmetros corroborando com o autor supracitado.

**Figura 7-** Relação entre Condutividade e STD



Fonte: Própria autora, (2019).

Como os sólidos totais dissolvidos correspondem aos íons contidos na água, a condutividade deve estar relacionada a este parâmetro, visto que os sais dissolvidos irão conduzir a corrente elétrica.

As águas subterrâneas possuem, em geral, teores mais elevados de sólidos dissolvidos do que as águas superficiais, por estarem intimamente expostas aos materiais solúveis presentes no solo e nas rochas (MAIA et al, 2017). Os sólidos totais dissolvidos representam assim, o total de teores dos constituintes minerais presentes na água. Estes teores indicam uma relação direta com a composição mineral do solo, rocha ou reservatório. Para Cajazeiras (2007), o tempo de percolação/residência das águas subterrâneas no interior do sistema também pode determinar tal constituição.

O Serviço Geológico do classifica as águas subterrâneas, como doce, salobra e salgada (figura 8) de acordo com a quantidade de STD detectada (BRASIL, 2005).

**Figura 8** – Classificação da água quanto a salinidade de acordo com a quantidade de STD

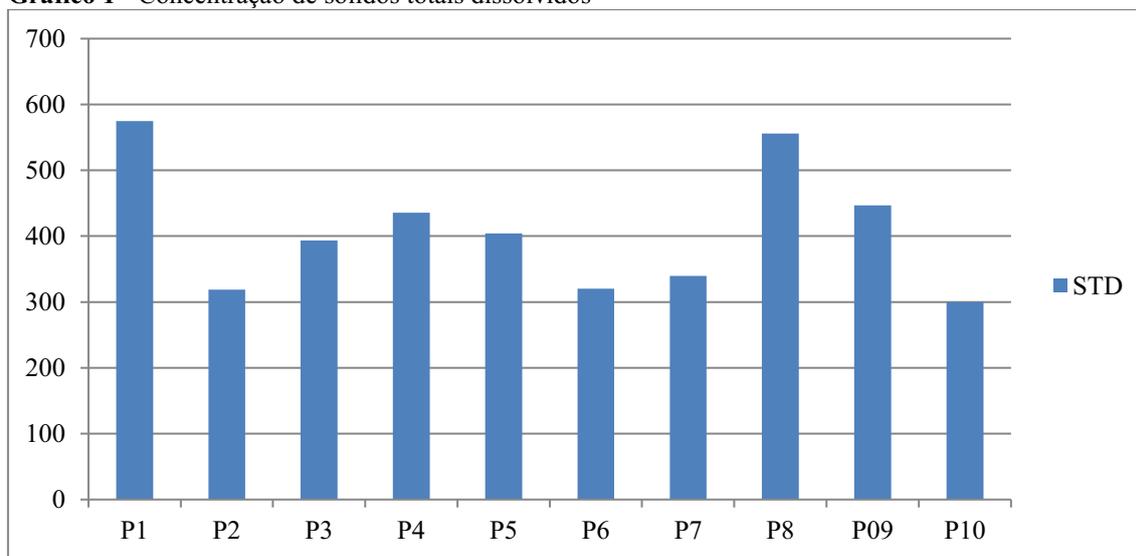
<b>Tipo de Água para Consumo Humano</b>	<b>Intervalo (mg/L)</b>
<b>Doce</b>	$0 < \text{STD} \leq 500$
<b>Salobra</b>	$500 < \text{STD} \leq 1.000$
<b>Salgada</b>	$\text{STD} > 1.000$

Fonte: BRASIL. Ministério de Minas e Energia. CPRM, 2005.

Desta forma, de acordo com os dados obtidos, as amostras analisadas podem ser classificadas como doce e salobras, sendo duas desta salobras, as amostras P1 e P9, com STD acima de 500mg /L (gráfico 1). Tal resultado, mostra-se próximo aos valores obtidos na região do ponto de coleta do P9, descrito no Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea (BRASIL, 2005), com STD entre 648,7 e 884,8.

De acordo com a legislação, tais águas estão dentro dos padrões de potabilidade referente ao critério de STD, sendo o limite estabelecido pela legislação até 1000 mg /L para o enquadramento como viável para o consumo humano.

**Gráfico 1** - Concentração de sólidos totais dissolvidos



**Fonte:** Própria autora, (2019).

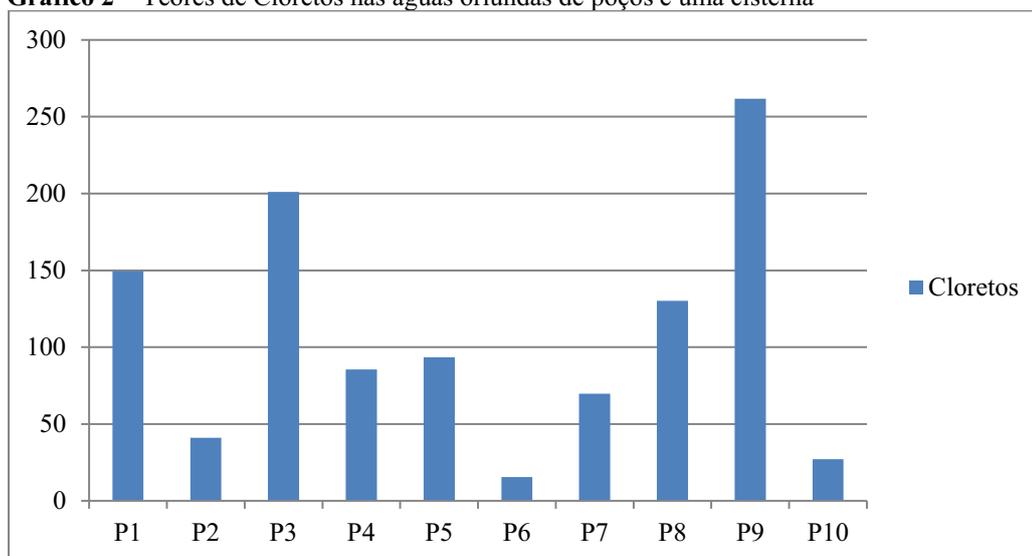
A amostra de água da cisterna mostrou-se muito menor, abaixo de 100 mg /L, em relação aos demais por tratar-se de água proveniente da precipitação de chuvas. Tal resultado corrobora com Silva (2015), que avaliou a qualidade da água proveniente de carros pipa em três municípios em situação de calamidade pública no médio sertão paraibano, relatando que os sólidos totais em todas as cisternas, tanto nas que recebem água de carro pipa como as das cisternas enchidas com as chuvas recentes, mostraram valor máximo de 208 mg/L e mínimo de 56 mg/L. Evidenciando assim a característica das águas de poços por presença elevada de sólidos dissolvidos.

As análises para avaliar a turbidez das águas subterrâneas, não mostrou variação, em todas as amostras apresentou valor de 0,04 UT. De acordo com Brasil (2013), a turbidez da água é atribuída principalmente às partículas sólidas em suspensão que diminuem a sua transparência e reduzem a transmissão da luz no meio. Sendo um indicador sanitário e padrão de aceitação da água de consumo humano.

A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece que o Valor Máximo Permitido é de 1,0 UT para água subterrânea e 5,0 UT como padrão de aceitação para consumo humano. Com relação ao indicador turbidez, as amostras analisadas mostraram-se aptas para consumo humano.

As análises para determinação de cloretos estão expostos no gráfico 2. O valor mais alto registrado entre as amostras foi o do poço P9 (261,7 mg/L) e o menor o do poço P6 (15,5 mg/L).

**Gráfico 2** – Teores de Cloretos nas águas oriundas de poços e uma cisterna



**Fonte:** Própria autora, (2019).

Os cloretos são ânions abundantes em águas salobras. Este íon, também tem sido considerado um bom indicador de poluição para aterros sanitários e lixões que costumam ter altas quantidades de cloretos, que são tóxicas para a maioria dos vegetais, inibindo seu crescimento (MANASSÉS, 2009 apud MOTTA & FRINHANI, 2012).

Conforme Pohling, (2009), apud Costa et. al (2012), quando o teor de cloreto está elevado na água e não há influências de fatores geológicos, essa contaminação pode ser proveniente de efluentes domésticos ou industriais.

Os resultados das análises químicas para cloretos mostraram 91% das águas estão dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação, Portaria n. 2.914/2011 que estabelece para as águas potáveis um valor máximo de 250 mg/L para o cloreto. Apenas a água do ponto p10 correspondendo a 9% não está dentro dos padrões de potabilidade da água podendo estar relacionado a algumas das causas supracitadas.

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:  $< 50$  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:  $>300$  mg/L de  $\text{CaCO}_3$  (BRASIL, 2014).

Os valores de  $\text{CaCO}_3$ , que expressam a dureza total, estão expostos na tabela 5. Dos resultados obtidos a água do P11 tem dureza moderada e P1 e P8, podem ser classificadas como muito duras.

**Tabela 5-** Classificação da água quanto à dureza

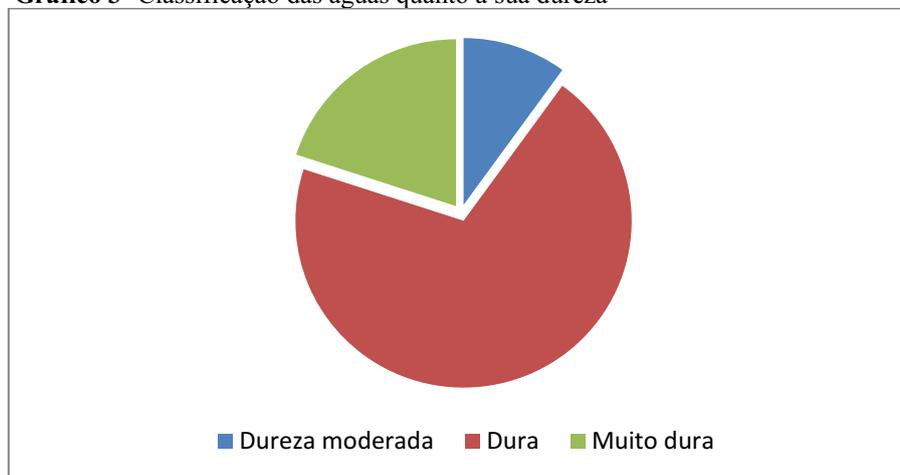
Poço	$\text{CaCO}_3$ mg/L	Classificação
P1	357,5	Muito dura
P2	187,5	Dura
P3	196,2	Dura
P4	224,6	Dura
P5	224,6	Dura
P6	208,6	Dura
P7	208,5	Dura
P8	356,6	Muito dura
P9	241,5	Dura
P10	96,1	Dureza moderada

Fonte: Própria autora, (2019).

Os resultados para águas duras correspondem a 70% das amostras analisadas, corroborando com a característica dos reservatórios analisados, as águas ditas “duras” tem grande quantidade de íons cálcio e magnésio podendo estar em maior quantidade em águas mais profundas devido a sua origem a partir da lixiviação das rochas calcárias.

De acordo com os limites descritos por BRASIL (2014), a classificação das águas analisadas estão expostas no Gráfico 3.

**Gráfico 3-** Classificação das águas quanto a sua dureza



Fonte: Própria autora, (2019).

Esses valores tratam-se de uma classificação quanto a presença de  $\text{CaCO}_3$ , convém ressaltar que todas as amostras estão dentro dos padrões brasileiros, estabelecidos pela Portaria 518, de 25 de março de 2004 – ANVISA – MS e Resolução 396/2008 do CONAMA, onde o limite máximo de dureza total em água potável é de 500 mg L<sup>-1</sup>, indicando portanto, que neste requisito, as águas subterrâneas locais estão de acordo com as normas citadas.

“Águas com elevada concentração de dureza podem ter um sabor desagradável e produzem efeitos laxativos. Reduzem a formação de espumas, implicando um maior consumo de sabão. Causam incrustações nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, tendo seu uso industrial limitado”(VON SPERLING, 1996 apud MOTTA & FRINHANI, 2012). O autor discorre também em relação aos padrões sanitários, citando que não há evidências de que a característica referente a dureza cause problemas, pelo contrário, alguns estudos aponta que, em áreas com maior dureza na água, há uma redução em casos de doenças cardíacas.

Os Serviços Municipalizados de Viana do Castelo (2018), cita que “A ingestão prolongada de águas com dureza muito elevada parece estar relacionada com a maior ocorrência de doenças renais, mas pode contribuir para a saúde com a menor ocorrência de doenças cardiovasculares.” Neste ponto, corroborando com Motta e Frinhani (2012).

#### 4.3 Abordagem didática

A palestra realizada na Escola Municipal de Ensino Infantil e Fundamental Antonio Lacerda Neto, intitulada como: “Vamos cuidar das águas”, abordando a quantidade de água do planeta, as águas subterrâneas e qualidade da água a ser consumida de forma didática na disciplina de Ciências da natureza, direcionada para adolescentes de uma turma do 6º ano da segunda fase do ensino fundamental admitiu coletar a opinião de 20 (vinte) alunos participantes.

Sendo a água um dos recursos naturais essenciais à sobrevivência e sua qualidade intimamente relacionada à saúde, o primeiro questionamento durante a abordagem didática, foi a respeito da água consumida nas suas residências: “*a água consumida em sua residência, é mineral, ou disponível pela Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) ?*”. Nesta segunda opção, se tratada ou não.

Neste ponto, verificou-se que 40% dos alunos ouvidos responderam que a água consumida em seus lares é de fontes minerais e 60 % que a água consumida é da torneira, destas, todos afirmaram ser tratada em casa por meio de filtração.

Ao serem perguntados sobre água subterrânea vinda de poços tubulares profundos: *“Aonde você mora tem algum poço?”* 50% respondeu que foi perfurado um poço nas proximidades de sua residência para o restante a resposta foi negativa.

Quando a questão foi sobre a qualidade da água: *“Você acha que é possível comprovar a qualidade da água apenas por suas características organolépticas: cor, sabor e odor ou há outra forma mais segura para determinar se a água está boa para consumo”?* Ao apresentar 03 (três) assertivas, quanto às características organolépticas e os processos para garantir a qualidade da água, 15% afirmaram que sim, é possível comprovar boas condições da água através destes aspectos, 45% que não e 40%, que a qualidade da água não pode ser comprovada por aparências sensoriais como essas, e não saberia dizer como ocorre uma análise mais segura.

Sobre a qualidade da água de poço para consumo humano foi indagado: *“Você acha que todas as águas de poço podem ser usadas pra consumo humano?”*, a maioria respondeu que não, somando-se 80%, estes, afirmaram que o consumo era impossibilitado pela grande quantidade de sal presente neste tipo de água, enquanto 15% respondeu que todas as águas de poços são próprias para consumo humano, 5% não responderam.

O último questionamento abordado, diz respeito a análises de águas advindas de poços: *“Você acha que é importante analisar a água de poço. Por quê?”*.

As respostas foram afirmativas e algumas delas justificando a possibilidade de contaminação:

*“Sim, porque pode ser que esteja contaminada.”*

*“Sim, para ver se pode beber.”*

*“Sim, porque muitas delas são contaminadas ou não presta pra beber.”*

Os resultados verificados podem estar relacionados, a explanação do conteúdo em sala de aula sobre os resultados das análises físico químicas das águas de poços da cidade de São José de Piranhas - PB, como também pode ser favorável ao conhecimento popular, visto que a maioria justificou o não uso, devido a presença de sal, não sinalizando outras possibilidades de contaminação, bem como a realização de diferentes formas de tratamento.

Conforme Ribeiro et. al (2018), a Educação Ambiental, ao ser inserida no currículo das disciplinas escolares, pode ser um caminho para se chegar a esse conhecimento, visto que possibilita que os envolvidos no processo educacional, alunos e comunidade escolar, tornem-se sujeitos reflexivos diante dos problemas ambientais vivenciados em nosso tempo, sensibilizando-os a reaver seus hábitos e comportamentos.

## 5 Considerações finais

Os estudos realizados na área urbana e rural do município de São José de Piranhas, município paraibano, permitiram ampliar o conhecimento a respeito das características dos reservatórios de água subterrânea destas áreas, e a qualidade físico-química dessas águas, cujas finalidades além da dessedentação de animais, irrigação e higiene, inclui o consumo humano.

Quanto à caracterização dos poços, os mesmos são estruturas recentes, construídas entre 2013 e 2018, com uma média da vazão em torno de 734 l/h, e 62,5 m de profundidade e apenas três possuem registro para a obra e a maioria nunca realizou uma análise da água. Por isso, é de relevada importância o cumprimento dos padrões estabelecidos pelas legislações vigentes: a Portaria n. 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde e a Resolução n. 396 de 2008 do CONAMA bem como a conscientização para o uso seguro.

Em relação aos parâmetros físicos, observou-se que todas as amostras analisadas apresentaram valores de pH, turbidez e sólidos totais dissolvidos, dentro do limite estabelecido pelas legislações. De acordo com a quantidade de STD, as águas analisadas foram classificadas como doce e salobra.

Quanto aos parâmetros químicos, somente uma amostra apresentou concentração acima do valor máximo permitido para o íon cloreto. Nos resultados para dureza, as águas duras corresponderam a 70% das amostras analisadas, sendo uma característica das águas subterrâneas, não excedendo 500 mg/L estabelecidos como parâmetro de potabilidade. Portanto, neste requisito, as águas subterrâneas estão aptas para o consumo.

Os resultados, após exposição em sala de aula a respeito da água e sua utilização nas residências dos alunos participantes, mostram que mais da metade das famílias utilizam água diretamente da torneira realizando o tratamento mínimo de filtração. Dos vinte alunos participantes, metade afirmou que havia poços tubulares profundos nas proximidades de sua residência e 15% que as características organolépticas da água são suficientes para garantir sua potabilidade. Tais achados sinalizam a importância de se considerar o conhecimento ambiental como um contribuinte para a sensibilização e conscientização quanto o uso consciente da água dos mananciais subterrâneos bem como a importância da análise destas águas, tendo em

vista os problemas ambientais e de saúde que podem ser causados pelo uso indevido ou inapropriado.

Em decorrência do uso sem as devidas comprovações de potabilidade os resultados obtidos durante o estudo possibilitam trabalhos futuros para análise completa da água dos poços, incluindo seus aspectos microbiológicos. As análises podem estender-se ainda para a água utilizada por alunos da rede pública de ensino.

A caracterização mais detalhada do acesso legal as águas subterrâneas em virtude da divergência de informações entre responsáveis e Órgão regulador é outro ponto para desmembramento da pesquisa assim como projetos educacionais e sociais para divulgação e conscientização para educação ambiental e hábitos saudáveis podem ser desenvolvidos como trabalhos futuro.

## Referencial Bibliográfico

ABDALLA, KVP; et. al. 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 e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**, 2010 Ago 30- Set 03; São Luiz,MA; 2010. p.1-11.

AMARAL, L.A.; FILHO, A.N.; et al. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Rev. Saúde Pública** vol.37 no. 4 São Paulo Aug. 2003.

BAIRD, Colin. **Química Ambiental**. Bookman, 2. Ed. Prto Alegre 2002.

BARDIN, Laurence. **L'analyse de contenu**. Paris: PUF, 1995

BRASIL. **Águas subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**. Brasília/DF, Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano/Departamento de Recursos Hídricos, 2007. 40 p.

BRASIL. CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução **n. 396 de 04 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. MMA.

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

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. CPRM - Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de São José de Piranhas, estado da Paraíba**, 2005.

BRASIL. **Portaria Ministério da Saúde n 518, DE 25/03/2004** Estabelece as responsabilidades por parte de quem produz a água, a quem cabe o exercício do controle de qualidade da água e das autoridades sanitárias.

BRASIL. **Portaria MS Nº 2914 DE 12/12/2011** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Lei n. n.º 6.308 02 de julho 1996** Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, suas diretrizes e dá outras providências.

CAJAZEIRAS, C. C. A. **Qualidade e uso das águas subterrâneas e a relação com doenças de veiculação hídrica, Região de Crajubar/CE**. 2007. 143 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal Do Ceará, Fortaleza.

CALLISTO, M. e FRANÇA, J. Bioindicadores de Qualidade de Água: transmissão de metodologias para o ensino fundamental e médio. **Anais do 7º Encontro de Extensão**

da **Universidade Federal de Minas Gerais**. Belo Horizonte (CD-Rom). 2004. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/congrest/Meio/Meio6.pdf>>

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. **Semana: Ciências Biológicas e da Saúde**. v. 33, n. 2, p. 171-180, 2012.

DIAS, J. C., LIMA, W. N. de. (2004). Comparação de métodos para a determinação de matéria orgânica em amostras ambientais. **Revista Científica da UFPA**, Belém, v. 4, p.1-16. Disponível em: <[http://www2.ufpa.br/rcientifica/ed\\_anteriores/pdf/ed\\_04\\_jcd.pdf](http://www2.ufpa.br/rcientifica/ed_anteriores/pdf/ed_04_jcd.pdf)>. Acesso em: 3 set. 2014.

DUARTE, M.S.B.; MENDONÇA, A.M.G.D.; et al. Estudo da Qualidade da Água como Referência para Educação Ambiental do Ensino de Química. **Anais do Encontro Nacional de Educação Ciência e Tecnologia**. UEPB. Vol. 1 nº 1. 2012.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila

FREITAS M.B; BRILHANTE O.M; ALMEIDA L.M. importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do estado do Rio de Janeiro: enfoque Para coliformes fecais, Nitrato e alumínio. **Caderno de saúde pública**, Rio de Janeiro v .17. 3 ed.mai-jun 2001.pp651-660.

GRASSI, M.T., Águas do Planeta Terra. **Cadernos temáticos de Química Nova na Escola**. Ed especial. P31-40. Maio, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/censo/> Acesso em: 03 set. 2016.

JÚNIOR, Napoleão Quesado ; et. al; Diagnóstico dos poços e qualidade das águas subterrâneas do município de Quixeré, Estado do Ceará. **Anais do XV Congresso Brasileiro de Água Subterrânea**, 2008.

MAIA, Paulo José Sousa; et al. Estudo da Variação da Salinidade de Águas Subterrâneas do Poço Amazonas (Canindé – Ceará) em função da pluviosidade. **Scientia Amazonia** v.6, p.83-91, julho 2017.

MESTRINHO, Suely Schuartz Pacheco. Qualidade e classificação das águas subterrâneas. In: GIAMPÁ, Carlos Eduardo Quaglia; GONÇALES, Valter Galdiano (Org.). **Águas subterrâneas e poços tubulares profundos**. 2. ed.São Paulo: Oficina de Textos, 2013. Cap. 14. p. 18-496.

MINAYO, M. C. S.; SANCHES, O. Quantitativo-Qualitativo: Oposição ou Complementaridade? **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.9, n. 3, p. 239-262, jul/set, 1993.

MOL G. S.; BARBOSA A.B.; SILVA R.R., Água mole em Pedra Dura. **Química Nova na Escola**. n 2. Novembro de 1995. P 32-33.

MOTTA, Édina; FRINHANI, Eduarda de Magalhães Dias. Qualidade Físico-Química e Microbiológica das Águas Subterrâneas dos Municípios de Ibicaré, Lacerdópolis, Ouro e Capinzal. **Evidência**, Joaçaba v. 12 n. 1, p. 63-82, janeiro/junho 2012.

NETO, M. L. Q. et al. Análise da Qualidade da Água Subterrânea Utilizada no Abastecimento Urbano: Um estudo de Caso em Poços Tubulares no Município de São Rafael/RN. **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 2016. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/VIII-061.pdf>

Organização das Nações Unidas – ONU. **Declaração Universal dos Direitos da água**. 1992.

RIBEIRO, G. K. N.; et. al. Qualidade da Água como Tema Organizador de Aprendizagem no Ensino de Química. **3º Encontro de Licenciaturas e Pesquisa em Educação**. 2018. Disponível em: <https://www.ifgoiano.edu.br/periodicos/index.php/ciclo/article/viewFile/721/553>

SAÚDE, Fundação Nacional de. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014. 112 p.

SILVA, A. B.; et. al. Parâmetros físico-químicos da água utilizada para consumo nas escolas municipais da zona urbana de Esperança/PB **Revista Brasileira de Gestão Ambiental (Pombal - PB - Brasil)**, v. 11, n.01, p.36 - 41, jan-dez, 2017.

SILVA, F.J.A.; ARAÚJO, A.L.; SOUZA, R.O. **Águas** subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade. **Rev. Tecnol. Fortaleza**, v. 28, n. 2, p. 136-159, 2007.

SILVA, T. J. **Cisternas do P1MC a as Ações Emergenciais em Épocas de Estiagem Prolongada no Sertão Paraibano**. 2015. 71f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2015.

TANAJURA D.S; LEITE C.B.B. Quantificação da vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas da sub-bacia hidrográfica Jacaré-Pepira/SP. In: **Águas subterrâneas** 30ª Ed. Associação brasileira de águas subterrâneas, 2016. Pp306-325.