

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE
DO NORTE - CÂMPUS PAU DOS FERROS
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

Lucas Ferreira Gomes

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DOS BEBEDOUROS E DA CAIXA D'ÁGUA DO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE CÂMPUS PAU DOS FERROS-RN**

PAU DOS FERROS/RN

2022

LUCAS FERREIRA GOMES

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DOS BEBEDOUROS E DA CAIXA D'ÁGUA DO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE CÂMPUS PAU DOS FERROS-RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de licenciado em Química.

Orientador: Dr. Thiago Gonçalves das Neves

PAU DOS FERROS/RN

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G633a Gomes, Lucas Ferreira.

Análise físico-química dos bebedouros e da caixa d'água do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte *Campus* Pau dos Ferros-RN / Lucas Ferreira Gomes – Pau dos Ferros, 2022.

55 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Gonçalves das Neves.

Trabalho de conclusão de curso (Superior). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Pau dos Ferros - Curso Superior de Licenciatura Plena em Química, Pau dos Ferros, 2022.

1. Água – análise físico-química. 2. Água – amostragem e análise. 3. Água – armazenamento. I. Neves, Thiago Gonçalves das (orient). II. Título.

IFRN

543.3 CDU

Lucas Ferreira Gomes

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DOS BEBEDOUROS E DA CAIXA D'ÁGUA DO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE CÂMPUS PAU DOS FERROS-RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de licenciado em Química.

Trabalho de Conclusão de curso apresentado e aprovado em 24 /03 /2022, pela seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA

Thiago Gonçalves das Neves, Dr. - Presidente

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN

Savana Barbosa Villar Gonçalves, Dra. - Examinadora

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Alriberto Germano da Silva, Me. - Examinador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN

AGRADECIMENTOS

À DEUS, por sempre me abençoar com saúde e proteção em todos os momentos da minha vida.

À minha mãe Maria de Fatima pela paciência, compreensão apoio e dedicação.

À minha irmã Luana Ferreira pela amizade, carinho e apoio nos momentos mais difíceis.

À minha sobrinha Maria Valentina.

À minha prima Amanda Ferreira pelo o apoio e carinho.

Aos meus tios (a) Aparecida Tavares, Antônio Erisma, Edilson Tavares, Edmar Tavares e Tarcísio Tavares.

Ao meu orientador Professor Dr. - Thiago Gonçalves das Neves, pela oportunidade, confiança e paciência com que conduziu a orientação, pela dedicação, estímulo pelo tempo dedicado que colaborou tanto para o meu crescimento pessoal quanto para o aprimoramento da pesquisa.

Não se esquecendo dos colegas e amigos, em especial Jadson Fernandes, que sempre me auxiliou com palavras amiga e torceu pelo o sucesso desse trabalho.

Agradeço a todos os professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Grande do Norte câmpus Pau dos Ferros – RN, especialmente aqueles ligados ao curso de licenciatura em Química por todo o conhecimento e dedicação que foram nos passados.

RESUMO

A água é essencial à existência de todos os seres vivos, ela se caracteriza como substância fundamental na manutenção e preservação da vida. Mas ela pode trazer risco à saúde se houver comprometimento de sua qualidade, além disso o seu uso desordenado pode comprometer de forma irreversível a estabilidade físico-química e o equilíbrio ecológico desses corpos d'água. O presente estudo tem por objetivo analisar a condição da qualidade da água dos bebedouros e da caixa d'água do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Grande do Norte campus Pau dos Ferros – RN, por meio de verificação de alguns parâmetros físico-químicos. Os resultados obtidos foram comparados com da Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, os níveis de alcalinidade, cor, gás carbônico livre, turbidez, pH, dureza total e cloreto da água dos bebedouros e da caixa d'água do (IFRN). Todas as análises foram realizadas no laboratório do (IFRN), campus Pau dos Ferros – RN. Os dados do monitoramento da qualidade das águas das instituições de ensino devem ser levados a sociedade. O IFRN é um local onde os estudantes passam muito tempo, com isso é de suma importância que seja realizado um acompanhamento da qualidade da água fornecida. Os resultados obtidos mostraram-se de caráter satisfatório comparados com a Portaria do Ministério da Saúde, exceto o pH do mês de setembro da caixa d'água que foi relativamente baixo comparando com o limite permitido.

Palavras Chave: Água. Análise físico-química. Monitoramento. Qualidade.

ABSTRACT

Water is essential to the existence of all living beings, it is characterized as a fundamental substance in the maintenance and preservation of life. But it can pose a health risk if its quality is compromised, and its disordered use can irreversibly compromise the physical-chemical stability and ecological balance of these water bodies. The present study aims to analyze the condition of the water quality of the drinking fountains and the water tank of the Federal Institute of Education, Science and Technology of the Grande do Norte campus Pau dos Ferros - RN, by means of verification of some physical parameters chemicals. The results obtained were compared with the Ordinance n° 2.914/2011 of the Ministry of Health, the levels of alkalinity, color, free carbon dioxide, turbidity, pH, total hardness and chloride of the water of the drinking fountains and the water tank of the (IFRN). All analyzes were performed at the (IFRN) laboratory, Pau dos Ferros – RN campus. The water quality monitoring data of educational institutions must be taken to society. The IFRN is a place where students spend a lot of time, so it is extremely important to monitor the quality of the water supplied. The results obtained were satisfactory compared to the Ordinance of the Ministry of Health, except for the pH of the water tank in September, which was relatively low compared to the allowed limit.

Keywords: Water. Chemical physical analysis. Monitoring. Quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distribuição de água doce no mundo.....	17
Figura 2 - Localização do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte câmpus Pau dos Ferros.....	27
Figura 3 - Bebedouro do bloco principal.....	29
Figura 4 - Bebedouro do bloco do laboratório.....	29
Figura 5 - Bebedouro do bloco do de apoio às atividades acadêmicas, artísticas e culturais bloco anexo (bloco III).....	30
Figura 6 - Caixa d'água.....	30
Figura 7 - Medidor de cor para água.....	32
Figura 8 - Resultados das análises de alcalinidade total.....	37
Figura 9 - Resultados das análises de cor.....	39
Figura 10 - Resultados das análises de gás carbônico livre.....	40
Figura 11 - Método de titulometria de gás carbônico livre (CO ₂).....	41
Figura 12 - Método de turbidez.....	41
Figura 13 - Resultados das análises de turbidez.....	42
Figura 14 - Resultados das análises de potencial hidrogeniônico (pH).....	43
Figura 15 - Método de potencial hidrogeniônico (pH).....	44
Figura 16 - Resultados das análises de dureza total.....	45
Figura 17 - Método de titulometria de dureza total.....	46
Figura 18 - Resultados das análises de cloreto.....	47

Figura 19 - Método de titulometria de cloreto..... 48

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Tabela padrão de aceitação para consumo humano.....	20
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

APHA – American Public Health Association (Associação Americana de Saúde Pública)

AWW – American Water Works Association (Associação Americana de Obras e Água)

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

EEHC – European Environment and Health Committee (Comitê Europeu de Saúde e Ambiente)

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

IFRN - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

MS – Ministério da Saúde

NMP – Número Mais Provável

NTU – Unidade Nefelométrica de Turbidez

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

pH – Potencial Hidrogeniônico

PNUD – Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento

PNUMA – Programa Das Nações Unidas para o Meio Ambiente

RN – Rio Grande do Norte

SISAGUA – Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para o Consumo humano

UNICAMP – Universidade de Campinas

UNIÁGUA – Universidade da Água

uC – Unidade de Cor

uH – Unidade de Hazen

VIGIAGUA – Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo humano

VMP – Valores Máximo Permitido

LISTA DE SÍMBOLOS

AgNO_3	Nitrato de prata
CaCO_3	Carbonato de cálcio
CO_2	Dióxido de carbono
$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$	Ácido etilenodiamino tetra-acético
$\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$	Fenolftaleína
H_2O	Água
H_2SO_4	Ácido sulfúrico
NaOH	Hidróxido de sódio
NH_4Cl	Cloreto de amônio
NH_4OH	Hidróxido de amônio
$\text{HOCOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$	Biftalato de potássio
K_2CrO_4	Cromato de potássio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 GERAL	15
2.2 ESPECÍFICOS	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
3.1 DISTRIBUIÇÃO E QUALIDADE DE ÁGUA NA TERRA.....	16
3.2 A ÁGUA E AS DOENÇAS.....	18
3.3 PORTARIA 2.914/2011 DO MINISTÉRIO DA SAÚDE.....	19
3.3.1 ALCALINIDADE TOTAL.....	21
3.3.2 COR.....	21
3.3.3 GÁS CARBÔNICO LIVRE.....	22
3.3.4 TURBIDEZ	22
3.3.5 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)	23
3.3.6 DUREZA TOTAL.....	23
3.3.7 CLORETO.....	24
4. ÁGUA NA ESCOLA	25
5. METODOLOGIA.....	27
5.1 DETERMINAÇÃO DE ALCALINIDADE TOTAL	31
5.2 DETERMINAÇÃO DE COR	31
5.3 DETERMINAÇÃO DE GÁS CARBÔNICO LIVRE.....	32
5.4 DETERMINAÇÃO DE TURBIDEZ.....	33
5.5 DETERMINAÇÃO DE POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH).....	33
5.6 DETERMINAÇÃO DE DUREZ TOTAL.....	34
5.7 DETERMINAÇÃO DE CLORETO	35

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
6.1 ALCALINIDADE TOTAL.....	37
6.2 COR	38
6.3 GÁS CARBÔNICO LIVRE	39
6.4 TURBIDEZ.....	41
6.5 POTENCIAL HIDRODINIÔNICO (pH)	43
6.6 DUREZA TOTAL	44
6.7 CLORETO	46
7. CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação do uso adequado dos recursos hídricos vem aumentando, principalmente em relação à qualidade e potabilidade desses mananciais. A água é um recurso natural essencial à vida, é de direito de todos independentemente de suas condições econômicas (MATTOS; SILVA, 2002).

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) (2004 apud ROHDEN et al. 2009) a disponibilidade de água potável para a população não está igualmente distribuída, sendo que 1,1 bilhões de pessoas não possuem acesso.

Sob essa ótica, a qualidade física, química e microbiológica da água é indispensável para a manutenção da saúde da população, pois pode oferecer riscos à saúde de seus consumidores, caso a qualidade esteja comprometida, servindo de veículo para vários agentes biológicos e químicos (WALDMAN et al., 1997; BARCELOS et al., 1998; MOZA et al., 1998; SOARES et al., 2002, HELLER et al., 2003). Por isso, é preciso estar atento aos fatores que podem interferir negativamente na qualidade da água para o consumo humano.

Nesse contexto, destaca-se a necessidade de se conhecer as substâncias presentes na água destinadas para consumo humano e as que podem vir a contaminá-las, além de suas concentrações limites e reações em organismos vivos. Também é extrema importância que autoridades sanitárias, ambientais e de planejamento urbano desenvolva políticas que priorizem a realização do monitoramento desses parâmetros, evitando-se, assim, que casos de epidemias e acidentes ambientais ligados aos recursos hídricos possam colocar em riscos à saúde da população (DIAS, 2006).

A questão das relações entre água e saúde precisa focalizar certas condições básicas como o suprimento de água na quantidade e qualidade adequadas; a conservação da água, mediante a promoção de políticas orientadas para reduzir, reutilizar e reciclar; a determinação do uso de mais altas prioridades, para dar força ao conceito do direito de uma água pura; a promoção da participação do público; a garantia da equidade no acesso à água e ao saneamento; a priorização da saúde e do bem-estar, estabelecendo-se indicadores de eficiência para avaliar os projetos de suprimento de água; e a busca de abordagens alternativas para o tratamento da água que possam ser custeadas pelos os países em desenvolvimento e que reflitam as práticas culturais (SELBORNE, 2001).

Para a Organização Mundial da Saúde (OMS) e seus países membros, “todas as pessoas, em qualquer estágio de desenvolvimento e condições socioeconômicas têm o direito de ter

acesso a um suprimento adequado de água potável é seguro”, neste contexto, refere-se a uma oferta de água que não represente um risco significativo à saúde, que tenha quantidade suficiente para atender a todas as necessidades domésticas, que seja disponível continuamente e que tenha um custo acessível (ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE, 2009).

A adoção de práticas adequadas de manejo e a sensibilização da população auxiliam na preservação da qualidade das águas, porém, como a nos corpos hídricos é realizada de forma desordenada, o ecossistema não consegue dar uma rápida resposta de recuperação, muitas vezes ocasionando, por exemplo, problema no sistema de abastecimento de água para a população, de acordo com a portaria 2.914/2011 - Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Com base nessas características, existe a preocupação de monitorar as águas de abastecimento público e verificar se elas se encontram em condições de potabilidade de forma que não ofereça nenhum risco à saúde da população (FREITAS, 2002).

De acordo com o Ministério da Saúde, são grandes os desafios relacionados às áreas urbanas e rurais, principalmente, em cidades com baixo índice de desenvolvimento econômico, onde há ainda surtos de hepatites, esquistossomose, enterovirose, entre outras (BRASIL, 2011).

O Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua) é um programa que consiste no conjunto de ações adotadas continuamente pelas autoridades de saúde pública para garantir à população o acesso à água em quantidades suficientes e qualidade compatível com o padrão de potabilidade, estabelecendo na legislação vigente da Portaria MS nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011).

O Sisagua é um instrumento do Vigiagua que tem como finalidade auxiliar o gerenciamento de risco à saúde a partir dos dados gerados rotineiramente pelos profissionais do setor da saúde (Vigilância) e responsável pelo serviço de abastecimento de água (Controle) e da geração de informações em tempo hábil para o planejamento, tomada de decisões e execução de ações de saúde relacionadas à água para consumo humano (BRASIL, 2011).

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

O presente estudo tem por objetivo analisar a condição da qualidade da água dos bebedouros e da caixa d'água do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Grande do Norte câmpus Pau dos Ferros – RN, por meio de verificação de alguns parâmetros físico-químicos.

2.2 ESPECÍFICOS

- Avaliar a qualidade físico-química da água que saem dos bebedouros onde tem o maior fluxo de alunos e da caixa d'água;
- Comparar os resultados obtidos das análises físico-químicas com os parâmetros da Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde;
- Determinar a Alcalinidade total das amostras de água;
- Determinar a cor das amostras de água;
- Quantificar a presença de gás carbônico (CO₂) livre nas amostras de água;
- Determinar a turbidez das amostras de água;
- Determinar o pH das amostras de água;
- Quantificar a dureza total das amostras de água;
- Analisar a quantidade de cloreto nas amostras de água.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 DISTRIBUIÇÃO E QUALIDADE DE ÁGUA NA TERRA

A água é um dos elementos mais indispensáveis à vida, sendo uma das principais substâncias ingeridas pelo ser humano (OKURA; SIQUEIRA, 2005; NETO *et al.*, 2006). A água doce corresponde a 3% de toda água do planeta e, em seu estado natural, representa um dos componentes mais puros, porém esta característica vem é um importante veículo de transmissão de inúmeras doenças (REIS; HOFFMANN, 2006).

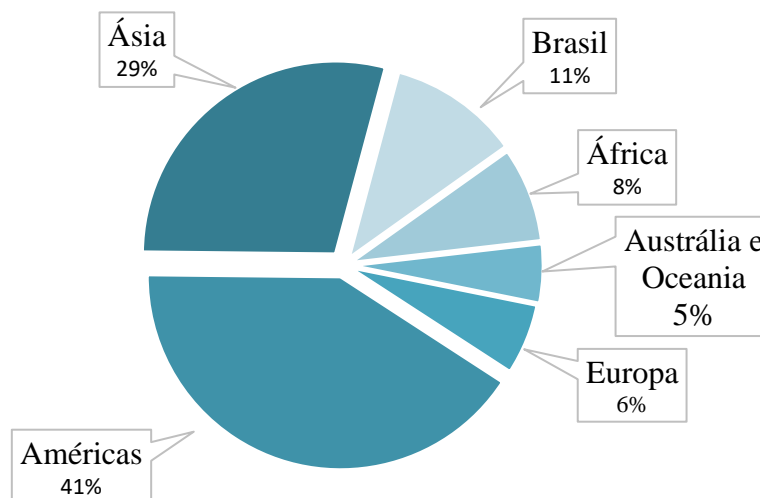
Contudo considerando que 97,5% da água existente no planeta são salgadas (oceanos e mares) e dos 3% restantes, 2,493% da água doce está em geleiras ou regiões subterrâneas de difícil acesso, restando apenas 0,007% da água doce disponível para o consumo em rios, lagos e atmosfera (ALVES, *et. al.*, 2002).

A água no estado líquido está presente nos rios, nos lagos e nas represas, infiltrada nos espaços entre as partículas do solo e entre as rochas do subsolo, nos chamados lençóis subterrâneos ou lençóis freáticos, nas nuvens e no corpo dos seres vivos. Nesses casos ela apresenta uma concentração de sais bem inferior à da água do mar.

A água é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva; no homem, mais de 60 % do seu peso é constituído por água, e em certos animais aquáticos esta porcentagem sobe a 98%. A água é fundamental para a manutenção da vida; razão pela qual é importante saber como ela se distribui no nosso planeta, e como ela circula de um meio para o outro. (VON SPERLING, 2005, p. 17)

O Brasil é um país privilegiado em relação a recursos naturais, cerca de 11,6% da água doce superficial do mundo; desse total, 70% estão na região Amazônica com 7% da população brasileira enquanto os 30% restantes estão distribuídos desigualmente para atender a 93% da população (UNIVERSIDADE DA ÁGUA, 2004), como mostra a Figura 1.

Figura 1- Distribuição de água doce no mundo



Fonte: UNESCO, 2003 - Adaptado de ANA, 2007.

De acordo com relatório anual das Nações Unidas (ONU), no mundo existe cerca de 1,1 bilhão de pessoas praticamente sem acesso à água doce, e três principais problemas agravam o quadro de disponibilidade de água doce no mundo: a degradação dos mananciais; o aumento exponencial e desordenado da demanda; e o descompasso entre a distribuição das disponibilidades hídricas e a localização das demandas, pois as águas estão distribuídas de forma heterogênea, tanto no tempo como no espaço geográfico (AYIBOTELE, 1992).

Não obstante, a utilização da água subterrânea, no Brasil, continua sendo feita de forma empírica, improvisada e não controlada, resultando em frequentes problemas de interferência entre poços, redução dos fluxos de base dos rios, impactos em áreas encharcadas ou pantanais e redução das descargas de fontes ou nascentes. Além disso, os poços construídos, operados e abandonados sem controle - Federal, Estaduais ou Municipais - se transformam em verdadeiros focos de poluição das águas subterrâneas que são extraídas, sobretudo daqueles localizados no meio urbano (PACHECO; REBOLÇAS, 1982).

Portanto, o Valor Máximo Permitido (VMP), estabelecido nos anexos VII e VIII da Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, devem ser atendidos no caso de soluções alternativas coletivas. Segundo o Capítulo V do Padrão de Potabilidade do Artigo 37º “a água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representem risco à saúde e cianotoxinas, expressos nos Anexos VII e VIII e demais disposições desta Portaria” (BRASIL, 2011).

3.2 A ÁGUA E AS DOENÇAS

Um dos compostos mais importantes para a procriação dos seres vivos na terra é a água, uma substância indispensável ao ser humano, sem a qual ele não sobrevive. O homem precisa ingerir água, e, por isso, pode ela constituir um importante meio de transmissão de doenças. A disponibilidade de água de boa qualidade é uma condição indispensável para a própria vida e mais que qualquer outro fator, a qualidade da água condiciona a qualidade de vida. Água doce limpa, apropriada e em quantidade adequada é de vital importância para a sobrevivência de todos os organismos vivos, bem como para o funcionamento adequado de ecossistemas, comunidades e economias (Agência Nacional de Águas (ANA) e Programa Das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2011).

O consumo de água contaminada por agentes biológicos ou físico-químicos tem sido associado a diversos problemas de saúde. Algumas epidemias de doenças gastrointestinais, por exemplo, têm como via de transmissão a água contaminada. Essas infecções representam causa elevada taxa de mortalidade em indivíduos com baixa resistência, atingindo especialmente idosos e crianças menores de cinco anos. (ORGANIZACION PANAMERICA DE LA SALUD, 2000, p. 298)

Um terço da população mundial vive em países com algum nível de estresse hídrico e escassez de água, sendo esperado um aumento nos próximos anos devido ao aumento da população humana, consumo per capita e os impactos resultantes da atividade humana sobre o ambiente. Portanto, a disponibilidade de fontes de água de boa qualidade está ficando cada vez mais limitada e o impacto das doenças transmitidas é significativo, o que torna de fundamental importância trabalhos que discutam a relevância da contribuição da água para a transmissão de microrganismos patogênicos (PNUD, 2006).

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, o Ministério da Saúde publicou na Portaria nº 2.914/2011 em 12 de Dezembro de 2011 (BRASIL, 2011).

A quantidade e a qualidade da água são fatores importantes para o estabelecimento dos benefícios à saúde relacionados à redução da incidência e prevalência de diversas doenças. Deste modo, preocupados com a crescente preocupação com o tratamento, controle e vigilância da qualidade da água e de avaliação de risco à saúde, órgãos governamentais estão procurando

soluções para combater a poluição dos mananciais, e em 12 de Dezembro de 2011 o Ministério da Saúde publicou a Portaria nº 2.914, que estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011).

Sabemos que a água não tratada não é adequada para o consumo, causando inúmeras doenças ao ser humano, sendo essa contaminada por diferentes meios, tais como: esgotos lançados em rios e lagos; aterros sanitários; defensivos agrícolas que escoam com a chuva nos rios e lagos; as indústrias que usam os rios como depósitos de seus resíduos tóxicos. Logo, é importante a água receber tratamento antes de consumo (EMPRAPA, 1994).

Muitas doenças transmitidas através da veiculação hídrica podem acometer o homem acarretando patologias como febre tifóide, paratifóide, disenteria bacilar, cólera gastroenterites agudas, crônicas e diarreicas, Hepatite A e B, Poliomielite, disenteria amebiana, giardíase (FUNASA, 2013). O tratamento da água ocorre devido à remoção de microrganismo e substâncias possivelmente deletérias à saúde humana presente na água. Esta pode ser tratada através de muitos processos entre eles decantação, filtração e uso de produtos químicos como hipoclorito e sulfato de alumínio (TORTORA, 2011).

3.3 PORTARIA 2.914/2011 DO MINISTÉRIO DA SAÚDE

Para a água ser considerada de qualidade e potável, ela tem que obedecer a alguns parâmetros regidos pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

A qualidade de uma água é determinada por sua composição química, física e bacteriológica. Para consumo humano tem-se a necessidade de uma água pura e saudável, isto é, livre de matéria suspensa visível, cor, gosto, odor, organismos capazes de provocar enfermidades e de quaisquer substâncias orgânicas ou inorgânicas que possam produzir efeitos fisiológicos prejudiciais (RICHTER; NETTO, 1991, P. 25).

O conjunto dos parâmetros é estabelecido por normas e legislações sanitárias, que, por sua vez, definem um valor ou concentração a partir do qual seu consumo pode induzir danos à saúde. Deste modo, a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. De acordo com o Art. 16 da Portaria supracitada, a água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo e deve estar em concordância com os parâmetros da Tabela 1.

Tabela 1 - Tabela padrão de aceitação para consumo humano

Parâmetro	Unidade	VMP¹
Alumínio	mg/l	0,2
Amônia (NH ₃)	mg/l	1,5
Cloreto	mg/l	250
Cor Aparente	uH	15
Dureza	mg/l	500
Etilbenzeno	mg/l	0,2
Ferro	mg/l	0,3
Manganês	mg/l	0,4
Monoclorobenzeno	mg/l	0,12
Odor	-	Não objetável
Gosto	-	Não objetável
Sódio	mg/l	200
Sólidos Dissolvidos	mg/l	1.000
Totais		
Sulfato	mg/l	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/l	0,05
Surfactantes	mg/l	0,5
Tolueno	mg/l	0,17
Turbidez	UT	5
Zinco	mg/l	5
Xileno	mg/l	0,3

Fonte: PORTARIA N° 2.914/2011

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), alguns parâmetros físico-químicos são considerados essenciais para a avaliação de águas afim de que se possa ter uma água de qualidade, tais como: alcalinidade total, cor, gás carbônico livre, turbidez, pH, dureza total e cloreto. Esses parâmetros serão tradados com mais detalhes a seguir.

¹ Valor máximo permitido

3.3.1 ALCALINIDADE TOTAL

A alcalinidade total de uma água é dada pelo somatório das diferentes formas de alcalinidade existentes. A medida da alcalinidade é fundamental importância durante o processo de tratamento de água, pois é em função do seu teor que se estabelece a dosagem dos produtos químicos utilizados. Normalmente as águas superficiais possuem alcalinidade natural em concentração suficiente para reagir com sulfato de alumínio nos processos de tratamento (BAIRD; EATON; RICE, 2017).

A alcalinidade refere-se à quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. Sua utilização mais frequente é caracterizar águas de abastecimento brutas e tratadas, águas residuárias brutas, controle da operação de estações de tratamento de água. Quanto à origem natural pela dissolução de rochas, reação de CO₂ com água. De origem antropológica refere-se aos despejos indústrias (VON SPERLING, 2005).

Além disso, na maioria das águas naturais de superfícies, a alcalinidade é devida à presença de bicarbonatos com o cálcio e magnésio. As águas naturais de superfícies em nosso país apresentam alcalinidade inferior a 100 mg L⁻¹ de CaCO₃, sendo que valores superiores estão associados a processos de decomposição da matéria orgânica, à atividade respiratória de microrganismos com liberação de gás carbônico na água e lançamento de efluentes industriais (LIBÂNIO, 2010).

3.3.2 COR

A cor é responsável pela coloração da água e está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2010).

A cor da água pode ser natural ou resultado de uma fonte de contaminação, por exemplo, por corantes industriais e esgotos domésticos se a cor for natural chama-se de aparente ou verdadeira. A cor aparente é resultado de substâncias em suspensão ou em estado coloidal (quando há presença de bactérias e vírus, por exemplo), enquanto a cor verdadeira é consequência de outros fatores: decomposição da matéria orgânica, ácidos húmicos, presença de íons de ferro. Além disso, a cor da água está relacionada ao potencial hidrogeniônico (pH), se intensificado conforme este aumenta (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009).

Quando a água, além da cor, apresenta uma turbidez adicional que pode ser removida por centrifugação, diz-se que a cor é aparente. Removida a turbidez, o residual que se mede é a

cor verdadeira, devido a partículas coloidais carregadas negativamente. Em alguns casos de cor extremamente elevada, a remoção pode ser auxiliada ou realizada integralmente através do processo de oxidação química, utilizando-se permanganato de potássio, cloro, ozônio, ou qualquer outro oxidante poderoso (RICHTTER E AZEVEDO NETO, 2002).

A cor é medida em uH, unidade de escala de Hazen – platina/cobalto e a cor aparente em NTU – unidade nefelométrica de turbidez (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1998).

3.3.3 GÁS CARBÔNICO LIVRE

Gás carbônico é um dos mais importantes ácidos fracos presentes na água, e pode ter origem atmosférica ou de processos microbiológicos de ocorrência espontânea nos corpos hídricos. A quantificação e controle deste parâmetro devem ser realizados para que corrosões sejam evitadas nas estruturas de metal ou de cimento em um sistema de abastecimento (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009; FUNASA, 2013).

Para o Ministério da Saúde (2011), a origem da acidez tanto pode ser natural (CO_2) absorvido da atmosfera ou resultante da decomposição de matéria orgânica ou antropogênica (despejos industriais, passagem da água por minas abandonadas). A distribuição das formas de acidez é função do pH da água, onde um pH maior que 8,2 indica CO_2 livre ausente; pH entre 4,5 e 8,2 indica pH influenciado por gás carbônico e um pH menor que 4,5 indica acidez por ácidos minerais fortes, geralmente resultantes de despejos industriais.

O princípio químico para a determinação de gás carbônico é similar ao da alcalinidade, no qual se utilizam ácidos e bases fortes em titulações de neutralização por reagirem de forma completa com o analito (SKOOG et al., 2010).

3.3.4 TURBIDEZ

A Turbidez se origina de partículas que geram uma aparência turva na água, ocasionada pela passagem da luz. De acordo com Branco, 1983, a precipitação dessas partículas perturba o ecossistema aquático. Por ser de origem natural, não traz inconvenientes sanitários diretos, mas é estatisticamente desagradável na água potável, e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismo patogênico. “A turbidez é atribuída a partículas sólidas em suspensão, que pode ser provocada por plâncton, detritos orgânicos e outras substâncias como

zinco, ferro, composto de manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão, ou adição de despejos domésticos ou industriais.” (BATALHA; PARLATORE, 1977).

A turbidez em excesso afeta a qualidade estética da água e a qualidade sanitária, pois alguns vírus e bactérias podem se alojar nas partículas em suspensão se protegendo da ação desinfetante do cloro utilizada na desinfecção da água (GUARIROBA, 2011).

A turbidez é um dos parâmetros de qualidade para avaliação das características físicas da água bruta e água tratada. O valor máximo permitido para água tratada é de 1 NTU (unidade nefelométrica de turbidez), na saída das estações de tratamento de água é 5 NTU em qualquer ponto da rede de distribuição. A turbidez pode ser entendida como a medida do espalhamento de luz produzido pela presença de partículas em suspensão ou coloidais, sendo expressa como Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU – *Nephelometric Turbidity Unity*).

3.3.5 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

O pH representa a concentração de íons hidrogênio H^+ , dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Um pH baixo representa potencial de corrosividade e agressividade às tubulações ou peças de abastecimento de água. Quando o pH estiver alto, há possibilidade de incrustações nas peças de abastecimento. É importante avaliar o potencial hidrogeniônico em diversas etapas de tratamento de água (SPERLING, 2005; LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009). O pH pode variar de 1 a 14, indica ser uma água ácida quando o pH for inferior a 7, é neutro quando o pH for igual a 7 ou alcalina se o pH estiver maior do que 7.

A sua quantificação é importante para águas destinadas ao consumo humano por ser um fator preponderante de reações e solubilização de várias substâncias. Valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para corrosão dos sistemas de distribuição de água, ocorrendo com isso, uma possível extração de ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio, e dificultar a despoluição das águas (CASALI, 2008).

Na questão sanitária, somente águas extremamente ácidas ou básicas, poderiam causar algum tipo de irritação a pele e nos olhos (SPERLING, 2005).

3.3.6 DUREZA TOTAL

É a característica dada à água por apresentar sais de metais alcalino-terrosos como cálcio e magnésio, indicando a concentração de cátions multivalentes na água (LIBÂNIO, 2010). A

dureza é caracterizada pela extinção da espuma formada pelo sabão, índice de uma reação mais complexa que dificulta o banho e a lavagem de utensílios domésticos e roupas, criando problemas higiênicos (BRAGA et al., 2003).

A dureza pode ser classificada como dureza carbonato ou dureza não carbonato, dependendo do ânion com o qual ela está associada. A dureza carbonato corresponde à alcalinidade, estando, portanto, em condições de indicar a capacidade de tamponamento de uma água. A dureza de uma água pode ter origem natural ou antropogênica (UNICAMP, 2008).

Todavia a dureza não caracteriza nenhum problema quanto a potabilidade da água se não ultrapassar 500 mg/L (CaCO_3), porém para a indústria está é uma característica indesejável e deve ser tratada, uma vez que em temperaturas elevadas, esses minerais acabam formando incrustações, se tornando um perigo para as caldeiras e outros equipamentos, também causam problemas na parte da higienização, podendo reagir com sabões e detergente, diminuindo sua eficiência (FIGUEIREDO, 1999).

3.3.7 CLORETO

Durante o processo de tratamento de água podem ser utilizados diferentes agentes oxidantes. Dentre os mais utilizados pode-se citar o cloro, cloraminas, dióxido de cloro, permanganato de potássio, peróxido de hidrogênio e ozônio, entre outros. A metodologia utilizada na análise de cloreto se baseia na volumetria de precipitação, usando o Dicromato de Potássio (K_2CrO_4) como indicador e o Nitrato de prata (AgNO_3) como titulante, baseando-se no método de Mohr. “Variações de cloretos em águas naturais devem ser investigadas, pois ele é altamente poluidor” (NETTO, 1966, apud SANTOS, 2010).

De acordo com Andrade e Macedo (2008), os cloretos podem estar presentes na forma de sais de cálcio, ferro e magnésio. E se, em concentrações altas, esses íons podem causar corrosão em tubulações e caldeiras, equipamentos de aço inoxidável, forma incrustações em pisos, paredes e equipamentos.

Assim fica clara a importância do uso da água com baixo nível de cloretos, pois esse parâmetro é um fator de grande importância, podendo causar problemas em equipamentos, prejudicando o andamento do processo na indústria.

4. ÁGUA NA ESCOLA

Dentre as principais necessidades sociais, destacando a educação, a saúde e o bem-estar, todas estão inteiramente ligadas com o consumo de água potável e a higiene (PNUD, 2006).

As escolas são locais onde as crianças e adolescentes passam grande parte de seu tempo durante o dia, com pelo menos 200 dias letivos anuais. Esta permanência na escola determina que sejam ingeridos relevantes quantidades de água. Por isso, a água distribuída nos estabelecimentos escolares obrigatoriamente deve ter qualidade potável de acordo com o preconizado pela legislação do Ministério da Saúde.

Segundo *European Environment and health Committee* (1999), quando se trata de crianças, essas devem receber uma proteção especial, por serem mais vulneráveis aos danos causados pelo meio ambientes. E, para as águas sejam próprias para consumo, seus reservatórios devem ser edificados ou com revestimentos de matérias que não comprometam a qualidade da água a ser consumida no ambiente escolar e serem higienizados a cada semestre.

Tem-se como água de qualidade aquela que atende aos padrões de potabilidade estabelecido por órgãos responsáveis. Assim, toda a água consumida nas escolas ou em outros estabelecimentos deve ser potável, sendo própria para consumo humano (SILVA, 2004).

Diante da importância da qualidade da água consumida pelas crianças nas escolas, ainda há a necessidade de realizar pesquisas relacionadas à saúde infantil, avaliando qualidade dessas águas que abastecem as unidades de ensino, pois as escolas são consideradas umas extensões de seus lares, por passarem grande parte de seu dia nessas unidades, sendo assim as crianças consomem grande quantidade de água e essas precisam ser adequadas ao consumo (CALAZANS et al., 2002).

Conforme Brasil (2001), as instituições escolares devem ter um ambiente adequado para a preparação dos alimentos oferecidos na merenda escolar e utilizado em sua preparação água potável, evitando assim maior número possível à saúde.

Afirmam D'Aguila e outros (2000) que o consumo de água contaminada por resíduos de origem fecal representa risco de aquisição de doenças principalmente nas crianças por serem mais vulneráveis como: enterites, diarreias e doenças epidêmicas, podendo causar a morte.

Conforme Caincross (2010) em pesquisa realizadas pela OMS, 88% das doenças diarreicas são cometidas pela falta de saneamento e higiene, assim como o abastecimento sem segurança, pois segundo este autor melhorar a qualidade da água diminui os episódios de diarreias nas crianças em cerca de 17%.

A contaminação das águas nas escolas pode ser originada por diversos fatores, entre os principais destacam-se as más condições sócio-econômicas, ausência de saneamento e poluição ambiental no ambiente onde se encontra a escola (COSTA et al. 2005).

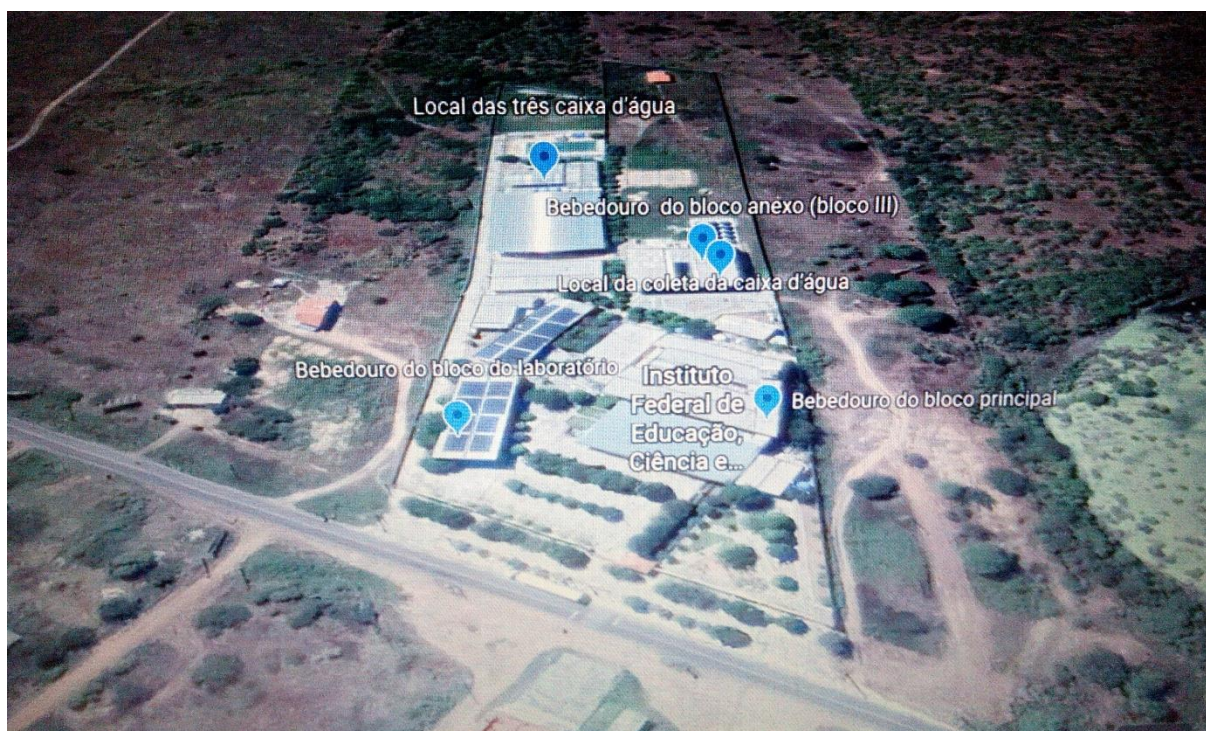
5. METODOLOGIA

O trabalho se caracteriza como uma pesquisa experimental e estudo de caso, onde há o confronto dos resultados obtidos com os estimados pela literatura. Tais resultados são frutos das análises físico-químicas da água.

O local de estudo foi no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte câmpus Pau dos Ferros – RN, situada na BR 405, KM 154, Bairro Chico Cajá, na cidade de Pau dos Ferros – RN.

O município de Pau dos Ferros está localizado no Estado do Rio Grande do Norte, Latitude $-06^{\circ} 08' 45,4''$ Longitude $-38^{\circ} 12' 17,8''$ W. A Figura 2 ilustra a localização do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte câmpus Pau dos Ferros. A escolha tomara como base o campo de abrangência da escola-piloto como também a sua localidade. A pesquisa foi iniciada após a autorização dos responsáveis do instituto.

Figura 2 - Localização do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte câmpus Pau dos Ferros



Fonte: Google Earth (2022).

As coletas de água para a sua análise físico-química foram feitas no bebedouro do bloco principal de aulas, no bebedouro no bloco do laboratório, no bebedouro no bloco de

apoio às atividades acadêmicas, artísticas e culturais bloco anexo (bloco III) e em uma caixa d'água conforme ilustra a Figura 2.

A rede de distribuição que abastece o câmpus é a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN).

Para as coletas das amostras da água nos bebedouros e na caixa d'água do IFRN, foram utilizados frascos de polietileno, com capacidade de 500 mL. Esses frascos foram lavados com água e sabão neutro e previamente higienizados com água destilada. Após a coleta, o material foi levado ao laboratório do IFRN, onde foram feitas as análises de gás carbônico livre, cor, pH, turbidez, dureza total, cloreto e alcalinidade total, que foram realizadas nos meses de setembro, outubro e novembro de 2019.

Tem-se um intervalo de aproximadamente 15 minutos entre o momento da coleta e a análise da água no laboratório. Em seguida foram iniciadas as análises, sendo que a preparação dos reagentes e suas respectivas padronizações foram feitas previamente.

Os resultados das análises obtidos foram comparados com as orientações da portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.

As assepsias das torneiras do bebedouro foram realizadas com álcool 70%, pulverizando-as por dentro e por fora e em seguida foram feitas as coletas.

As coletas da água dos bebedouros foram procedidas da seguinte forma: abriu-se a torneira e deixou-se escorrer a água por aproximadamente 30 segundos, conforme as Figuras 3, 4, 5 e 6 da caixa d'água.

Figura 3 - Bebedouro do bloco principal



Fonte: Elaboração própria em 2019.

Figura 4 - Bebedouro do bloco do laboratório



Fonte: Elaboração própria em 2019.

Figura 5 - Bebedouro do bloco do de apoio às atividades acadêmicas, artísticas e culturais
bloco anexo (bloco III)



Fonte: Elaboração própria em 2019.

Figura 6 - Caixa d'água



Fonte: Elaboração própria em 2019.

5.1 DETERMINAÇÃO DE ALCALINIDADE TOTAL

Foram feitas as preparações e as padronizações das soluções e dos seus indicadores. Inicialmente preparou-se a solução de ácido sulfúrico a 0,1 N. Para fazer isso, transferiu-se, como uma pipeta, lentamente, 10 mL de ácido sulfúrico concentrado (96% e $d = 1,84 \text{ g/ml}$), para um balão volumétrico de 1000 mL, contendo cerca de 500 mL de água destilada. Posteriormente, mais água destilada foi adicionada até o traço de aferição. A partir dessa solução de ácido sulfúrico a 0,1 N, pipetou-se 200 ml da solução que foi transferida para outro balão volumétrico de 1000 mL e completado o volume com água destilada a fim de se obter uma solução de aproximadamente 0,02 N.

A Padronização da solução final de ácido sulfúrico a fim de encontrar o fator de correção, F_{c1} , foi feita com a solução já padronizada de Hidróxido de sódio.

A mistura indicadora de verde de bromocresol/vermelho de metila foi utilizada como indicador. Para prepará-la, foram pesados 20 mg de vermelho de metila e 100 mg de verde de bromocresol, dissolvendo-os em 100 ml de água destilada.

Para a determinação de alcalinidade total foi usado o método de titulação com Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) e a quantificação foi feita utilizando a Equação 1.

$$\text{Alcalinidade total em } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de } \text{CaCO}_3 = V \times 20 \times F_{c1} \quad (1)$$

Foram utilizados 50 mL da amostra e em seguida colocado em um *Erlenmeyer* que recebeu 03 gotas da solução indicadora, e em seguida foi titulado com a solução de ácido sulfúrico 0,02 N, contido em uma bureta de 50 ml, até a mudança da cor azul-esverdeada para amarelo; anotando-se o volume total de H_2SO_4 gasto (V) em mL.

A medida da alcalinidade é fundamental importância durante o processo de tratamento da água, pois é em função do seu teor que se estabelece a dosagem dos produtos químicos utilizados. Quando a alcalinidade é muito elevada, procede-se ao contrário, acidificando-se a água até que se obtenha um teor de alcalinidade suficiente para reagir com o sulfato de alumínio ou outro produto utilizado no tratamento da água (FUNASA, 2013).

5.2 DETERMINAÇÃO DE COR

A cor da água é proveniente da matéria orgânica como, por exemplo, substâncias húmicas, taninos e por metais como ferro e manganês e resíduos industriais fortemente

coloridos. A cor, em sistemas públicos de abastecimento de água, é esteticamente indesejável. A sua medida é de fundamental importância, visto que, água de cor elevada provoca a sua rejeição por parte do consumidor e o leva a procurar outras fontes de suprimento muitas vezes inseguras (FUNASA, 2013).

Para a determinação de cor foi utilizado o aparelho PoliControl Instrumentos analíticos AquaColor Cor como mostra a Figura 7.

As amostras da água foram colocadas lentamente em uma cubeta de vidro apropriada e introduzida no aparelho, sempre observando a marcação que indica o posicionamento correto. A faixa de medição do aparelho utilizado é de 0 a 500 uC, onde a leitura 1 unidade de cor (uC)² é igual há 1 unidade de Hazen platina-cobalto (uH,) que é igual há 1 mg pt Co/L.

Figura 7 - Medidor de cor para água



Fonte: (POLICONTROL, 2014.)

5.3 DETERMINAÇÃO DE GÁS CARBÔNICO LIVRE

O nível de acidez caracterizado pelo grau de gás carbônico (CO₂) livre foi determinado segundo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2006). Foi utilizado o método volumétrico de titulação ácido-base, utilizando o hidróxido de sódio (NaOH) como agente titulante sobre a alíquota da amostra com fenolftaleína (C₂₀H₁₄O₄) para detecção visual do ponto de viragem.

² Unidade de cor (uC) é determinado pela (APHA) Associação American Public Health Association (Associação Americana de Saúde Pública).

Inicialmente preparou-se a solução de hidróxido de sódio 0,02 mol/L, padronizando-a com o Biftalato de potássio (HOCOC₆H₄COOK) 0,05 mol/L a fim de encontrar o fator de correção (Fc₂).

Para a determinação do gás carbônico livre, foram utilizados 50 ml de amostra (sem agitar) em um *Erlenmeyer*, e em seguida foram adicionadas 05 gotas de fenolftaleína. A amostra foi titulada com a solução com hidróxido de sódio (NaOH) 0,02 N lentamente até o aparecimento de leve coloração rósea persistindo por pelo menos 30 segundos. Ao detectar a mudança de coloração, a titulação foi finalizada, anotou-se o volume em ml de NaOH gasto (V) e foi usada a Equação 2.

$$\frac{mg}{L} de CO_2 = V \times 20 \times Fc_2 \quad (2)$$

5.4 DETERMINAÇÃO DE TURBIDEZ

A turbidez tem sua importância no processo de tratamento da água. Água com turbidez elevada e dependendo de sua natureza, forma flocos pesados que decantem 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 (FUNASA, 2013).

O papel do engenheiro ou técnico nas estações de tratamento ou de empresas/consultorias responsáveis pelo tratamento das águas de lagos, lagoas, açudes e represas, sendo ela destinada para abastecimento público ou não, é realizar as análises exigidas pela Portaria MS 2.914/2011, de forma a garantir o bem-estar e saúde da população e a todos que direta ou indiretamente irão utilizar esta água, seja para consumo ou lazer.

Para determinação de turbidez foi utilizado o medidor de turbidez da marca Digimed DM-TU As amostras de água eram colocadas na cubeta de vidro apropriada, introduzida lentamente e posicionada de acordo com a marca existente. A leitura forneceu os resultados em Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU – *Nephelometric Turbidity Unity*).

5.5 DETERMINAÇÃO DE POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

O termo pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução. Na água, este fator é de excepcional importância, principalmente nos processos de tratamento. Na rotina

dos laboratórios das estações de tratamento ele é medido e ajustado sempre que necessário para melhorar o processo de coagulação/floculação da água e o controle da desinfecção.

Para análise do pH foi utilizado o aparelho medidor de pH TECNAL - 5 de bancada sendo que esse equipamento foi antecipadamente calibrado com soluções padrão de pH (pH 4 – 7). Ao ligar o aparelho, esperou-se sua estabilização, e antes da medição, os eletrodos foram lavados com água destilada e enxugados lentamente com papel absorvente. Depois desse procedimento introduziu-se os eletrodos na amostra a ser examinada e fez-se a leitura (FUNASA, 2013).

5.6 DETERMINAÇÃO DE DUREZA TOTAL

Para preparar a solução de EDTA 0,01 M, inicialmente pesaram-se 3,723 gramas de EDTA (sal di-sódio do ácido etilenodiamino tetra-acético). Essa massa foi dissolvida em água destilada e a solução diluída a 1000 ml. A padronização foi feita contra uma solução-padrão de carbonato de cálcio que foi preparada pesando-se 1,0 grama de carbonato de cálcio anidro (CaCO_3) padrão primário, transferido para um frasco *Erlenmeyer* de 250 mL, em seguida, foi adicionado aos poucos com auxílio de um funil, HCl 1:1 até dissolver todo CaCO_3 . Ao adicionar o ácido, a mistura recebeu mais 200 ml de água destilada e levada para ferver por alguns minutos para eliminar o CO_2 . Foi preciso esperar esfriar por alguns minutos e depois foi adicionado algumas gotas de vermelho de metila até ajustar para a cor laranja intermediária por adição de NH_4OH 3N ou HCl 1:1. Feito isso, a solução foi transferida para um balão volumétrico de 1000 mL que foi completado o volume com água destilada (1 mL desta solução = 1,0 mg de CaCO_3)

Para padronizar a solução de EDTA, foram medidos 25 ml da solução-padrão de carbonato de cálcio e depois foram diluídos para 50 mL com água destilada em frasco *Erlenmeyer* de 250 mL, em seguida, foi adicionado 1 a 2 mL da solução tampão para obter o pH em torno de $10 \pm 0,1$, foi adicionado 0,05 gramas do indicador *Eriochrome Black T*, depois disso foi titulado com EDTA 0,01 M, gota a gota até desaparecer a última coloração violácea, e aparecer à cor azul indicando o ponto final da titulação. Dessa forma o volume de EDTA gasto na titulação (V_p) foi anotado e o fator de correção (F_{c3}) pode ser calculado de acordo com a Equação 3.

$$Fc_3 = \frac{25}{Vp} \quad (3)$$

A solução tampão foi preparada pesando-se 16,9 gramas de cloreto de amônia (NH₄Cl) que foram dissolvidos em 143 mL de hidróxido de amônia concentrado (NH₄OH), e em seguida, foi adicionado 1,25 gramas do sal de magnésio do EDTA e diluído a 250 mL com água destilada.

Para o indicador *Eriochromo Black T*, pesaram-se 0,5 gramas de negro eriocromo T em um vidro relógio e 100 gramas de cloreto de sódio P.A em um becker. Os dois foram transferidos e triturados em um almofariz até se transformar em pó.

A fim de quantificar a dureza total, utilizou-se de 25 ml da amostra de água que foi diluída para 50 ml com água destilada em um balão volumétrico e depois transferida lentamente para um becker de 100 mL a fim de receber 1 a 2 mL da solução tampão para elevar o pH a 10 ± 0,1. Uma vez corrigido o pH, a mistura foi transferida para um frasco *Erlenmeyer* de 250 ml que recebeu aproximadamente 0,05 gramas do Indicador negro de eriocromo Black T. Em seguida a titulação foi iniciada com EDTA 0,01 M, contido em uma bureta. O Erlenmeyer foi agitando continuamente até o desaparecimento da cor púrpura avermelhada e o aparecimento da cor azul. Além disso, o procedimento de titulação foi repetido com o branco de água destilada e os cálculos realizados de acordo com a Equação 4 (FUNASA, 2013).

$$Dureza\ Total\ em\ \frac{mg}{l}\ de\ CaCO_3 = \frac{ml\ de\ EDTA\ x\ 1000\ x\ Fc_3}{ml\ da\ amostra} \quad (4)$$

5.7 DETERMINAÇÃO DE CLORETO

Para fazer a determinação dos cloretos na amostra, preparou-se uma solução-padrão de nitrato de prata (AgNO₃) 0,0140 N, solução de cloreto de sódio 0,0141 e solução indicadora de cromato de potássio (K₂CrO₄).

Com relação a preparação da solução de nitrato de prata, pesaram-se 2,395 gramas de AgNO₃ que foram dissolvidos em um pouco de água destilada dentro de um becker, após isso a solução foi transferida para um balão volumétrico adicionando-se mais água até completar o volume de 1 litro.

Para preparar a solução indicadora de cromato de potássio (K₂CrO₄), inicialmente foram pesados 10 gramas de K₂CrO₄ e depois dissolvidos em um pouco de água destilada. Feito isso,

foi adicionada a solução de AgNO_3 0,0141 N, até formar um precipitado vermelho, deixando em repouso por 12 horas. Depois desse tempo, a mistura foi filtrada e completou-se o volume para 200 mL com água destilada.

A solução de Cloreto de sódio 0,0141 N foi preparada dissolvendo-se 824,1 mg de cloreto de sódio seco a 140 °C em água livre de cloretos e foi diluído para 1000 mL. Em seguida foi feita a padronização da solução de nitrato de prata 0,0141 N, transferindo-se 100 mL da solução de NaCl para um Erlenmeyer, e ajustou-se o pH com NaOH ou H_2SO_4 , ambas as soluções a 1 N, para ficar com pH entre 7 e 10. Depois disso foi adicionado 1 mL de K_2CrO_4 (cromato de potássio) e a solução foi titulada com a nitrato de prata até o aparecimento da cor amarelo avermelhado. Após a detecção do fim da titulação, o volume gasto de nitrato de prata foi anotado (V_p) e calculou-se o fator de correção (F_{c_4}), usando a Equação 5.

$$F_{c_4} = \frac{100}{V_p} \quad (5)$$

Para a determinação dos cloretos, foram utilizados 50 ml de amostra no *Erlenmeyer*, depois disso foi ajustado o pH entre 7 e 10, e adicionado 1 mL da solução indicadora de K_2CrO_4 . Após o preparo da amostra, titulou-se com a solução-padrão de nitrato de prata até a viragem para amarelo avermelhado que é o ponto final da titulação. Um branco foi feito da mesma forma que a amostra e o procedimento de titulação repetido (FUNASA, 2013). A Equação 6 foi utilizada para o cálculo da quantidade de cloreto.

$$\frac{mg\ cl}{l} = \frac{(A - B) \times N \times 35.45}{ml\ da\ amostra} \quad (6)$$

onde A é o volume em ml do titulante gasto na amostra, B é o volume em ml do titulante gasto no branco e N é a normalidade do titulante.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

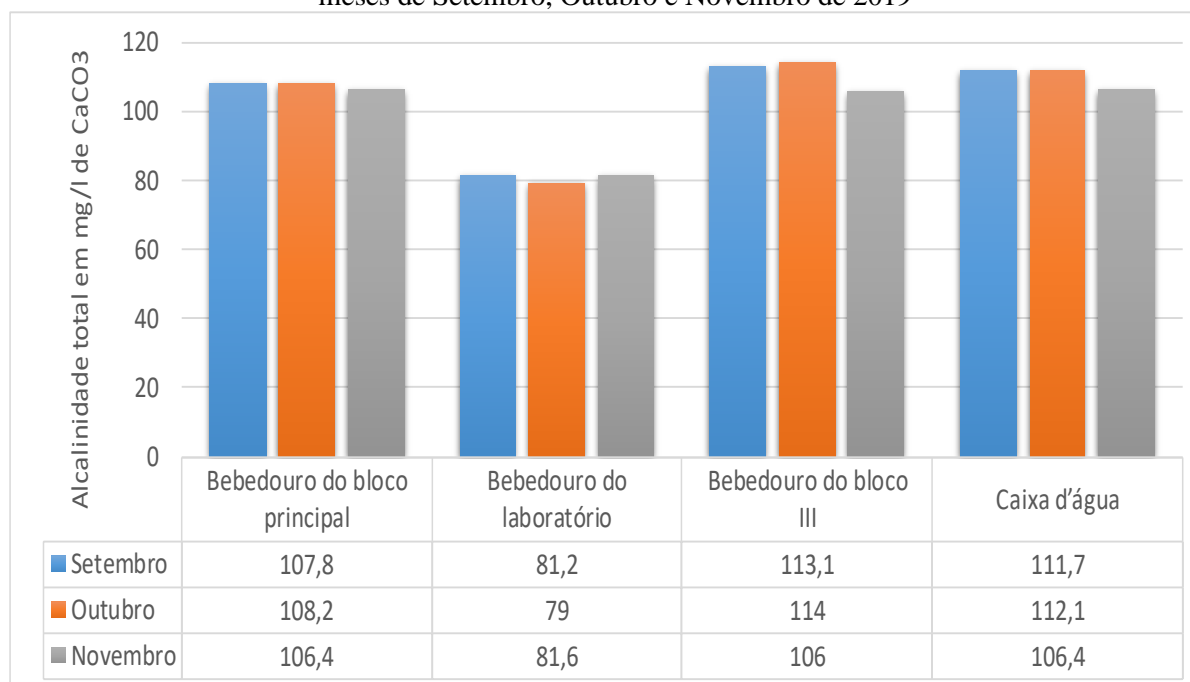
Os resultados obtidos serão comparados com o valor padrão de potabilidade fixado pelo Ministério da Saúde nº 2.914/2011, verificando a qualidade da água dos bebedouros e da caixa d'água do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte câmpus Pau dos Ferros – RN. Resultados apresentados do estudo conforme os objetivos propostos, a fim de poder comparar com os parâmetros permitidos pelo ministério da saúde. As análises de gás carbônico livre (CO₂), dureza total, cloreto e alcalinidade total foram feitas em triplicatas e retiradas suas respectivas médias.

6.1 ALCALINIDADE TOTAL

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde a alcalinidade total de uma água é dada pelo somatório das diferentes formas de alcalinidade existentes, ou seja, é a concentração de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, expressa em termos de carbonato de cálcio (FUNASA, 2013).

A Figura 8 representa os resultados que foram obtidos após a execução das análises dos parâmetros físico-químicos de alcalinidade total, referente aos bebedouros e à caixa d'água.

Figura 8 - Resultado das coletas das amostras dos parâmetros de alcalinidade total analisados nos meses de Setembro, Outubro e Novembro de 2019



Fonte: elaboração própria em 2020

De acordo com os valores obtidos para a alcalinidade nas águas coletadas dos 03 bebedouros e da caixa d'água, o valor mínimo foi de 79 mg/L e o valor máximo foi de 114 mg/L. Segundo a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011, o Valor Máximo Permitido (VMP) para alcalinidade não deve ser superior a 500 mg/L. Logo, os resultados das análises referentes aos meses de setembro, outubro e novembro mostraram-se de caráter satisfatório comparados com o Ministério da Saúde.

A alcalinidade está relacionada ao pH, águas que apresentam o valor para pH entre 4,4 e 8,3 significa que a alcalinidade será devido apenas bicarbonatos, o pH entre 8,3 e 9,4 significa que a alcalinidade será devido aos carbonatos e bicarbonatos e pH maior que 9,4 significa que a alcalinidade será de hidróxidos e carbonatos (LIBÂNIO, 2010).

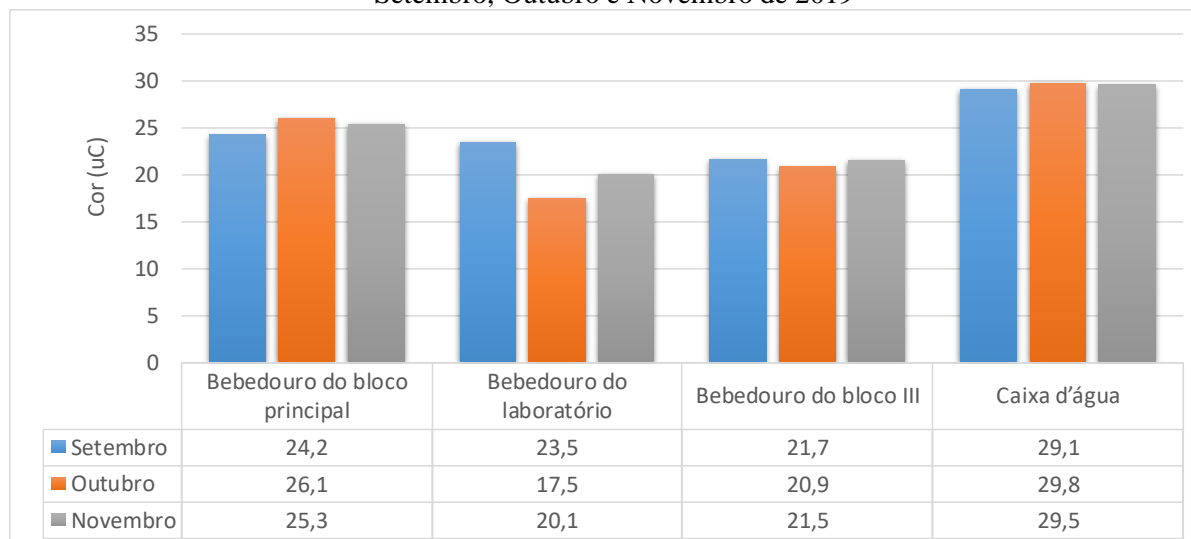
A alcalinidade é um parâmetro importante na caracterização das águas, sendo responsável na interferência no processo de coagulação-precipitação química durante o tratamento da água, na corrosão de tubulações e equipamentos, no crescimento microbiano dos sistemas biológicos de tratamentos, na toxidez de certos compostos e nos constituintes da alcalinidade e acidez da água (SPRELING, 2005; LIMA; GARCIA, 2008).

6.2 COR

Segundo a Legislação vigente para cor aparente o Valor Máximo Permitido é de 15 (quinze) unidade de Hazen platina-cobalto (uH). Para as água das amostras dos bebedouros e há caixa d'água, e foram comparadas com água deionizada. A unidade de cor (uC) é determinada pela Associação Americana de Saúde Pública (APHA). A faixa de medição do aparelho utilizado foi de 0 a 500 uC.

Figura 9 representa os resultados que foram obtidos após a execução das análises dos parâmetros físico-químicos de cor, referente aos bebedouros e à caixa d'água.

Figura 9 - Resultado das coletas das amostras dos parâmetros de cor analisados nos meses de Setembro, Outubro e Novembro de 2019



Fonte: elaboração própria em 2020

O valor mínimo e máximo da cor nas águas dos 03 bebedouros e da caixa d'água foi de 17,5 uC e 29,8 uC, respectivamente. As análises que foram realizadas nos meses de setembro, outubro e novembro mostraram-se de caráter satisfatório. Quanto aos resultados do parâmetro cor, Libânio (2010) afirma que os compostos orgânicos que conferem cor às águas naturais são provenientes da decomposição de matéria orgânicas vegetal, resultado do metabolismo de microrganismos presentes no solo e das atividades antrópicas.

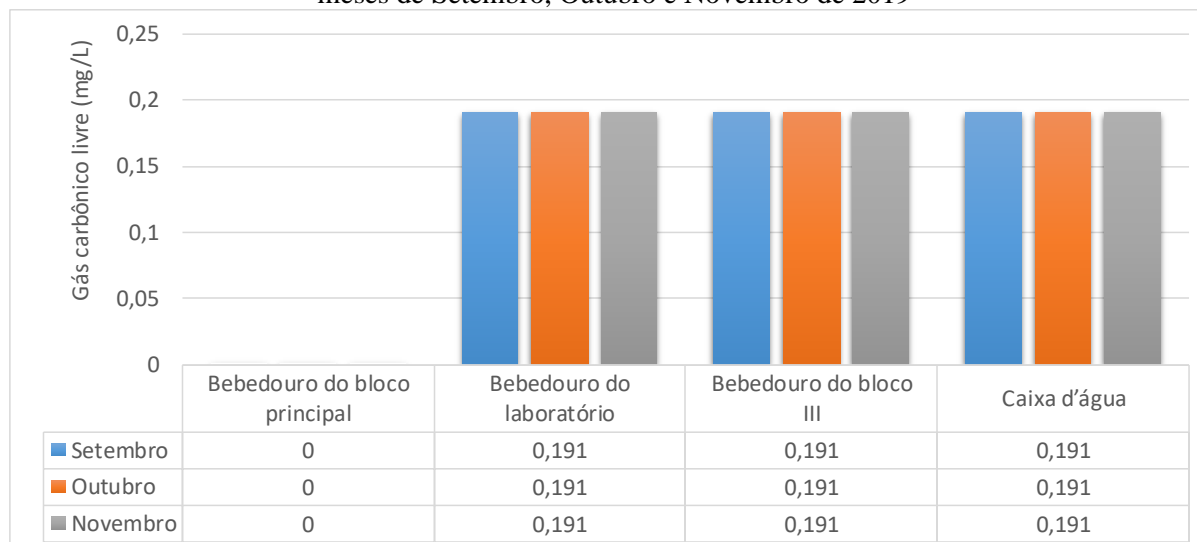
A cor é um parâmetro medido sem remoção de partículas suspensas na água e cor verdadeira aquela que não sofre interferência de partículas suspensas, sendo obtida após a centrifugação ou filtração da amostra (DI BERNADO et, al., 2005).

6.3 GÁS CARBÔNICO LIVRE

O gás carbônico livre (CO₂), existente em águas superficiais normalmente está em concentração menor do que 10 mg/L, enquanto em águas subterrâneas pode existir em maior concentração (FUNASA, 2013).

Figura 10 representa os resultados que foram obtidos após a execução das análises dos parâmetros físico-químicos de gás carbônico livre, referente aos bebedouros e da caixa d'água.

Figura 10 - Resultado das coletas das amostras dos parâmetros de gás carbônico livre analisado nos meses de Setembro, Outubro e Novembro de 2019



Fonte: elaboração própria em 2020

As amostras de água do bebedouro do laboratório, do bloco III e da caixa d'água não sofreram alteração de coloração com a adição de fenolftaleína, logo foram tituladas com a solução de hidróxido de sódio até o ponto de viragem apresentar uma coloração levemente rósea, conforme pode ser observado na Figura 11. As amostras referentes ao bebedouro do bloco principal não apresentaram gás carbônico livre já que tiveram mudança de coloração imediatamente após a adição da fenolftaleína (BAIRD et al., 2017).

O valor máximo permitido (VMP) de CO_2 é de 10 mg/L, sendo que os valores dos 02 bebedouros do bloco do laboratório, do bloco das atividades acadêmicas e da caixa d'água obtiveram suas concentrações de 0,191 mg/L de CO_2 nos meses de setembro, outubro e novembro, habitualmente as concentrações foram inferiores a 10 mg/L, mostrando-se de caráter satisfatório.

Segundo o Ministério da Saúde (2011), a presença desse gás em grandes quantidades poderá ocasionar problemas para as tubulações de abastecimento. O dióxido de carbono em contato com os tubos de fibrocimentos reagirá, produzindo carbonato de cálcio (CaCO_3), o qual é insolúvel em água e contribui significativamente para a corrosão das estruturas metálicas e matérias a base de cimento (tubos de fibrocimento) do sistema de abastecimento de água na cidade.

Figura 11 - Método de titulometria de gás carbônico livre (CO₂)



Fonte: Elaboração própria em 2019.

6.4 TURBIDEZ

Os turbidímetros ou medidores de turbidez são desenvolvidos para aplicações de campo e laboratório (bancada e portátil), como mostra a Figura 12.

Figura 12 - Turbidímetro

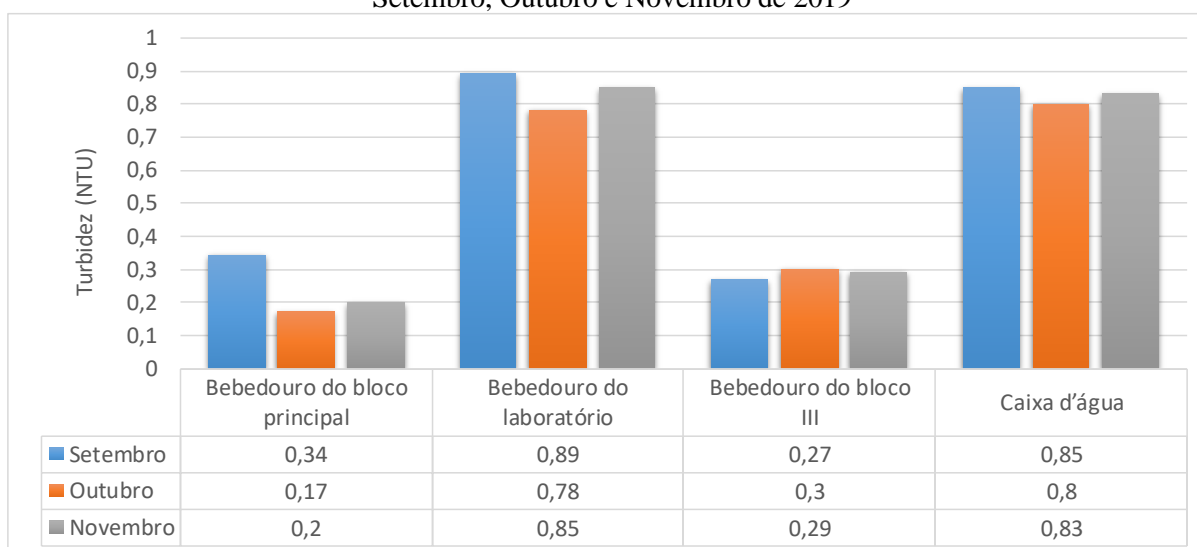


Fonte: Elaboração própria em 2019.

A turbidez é um parâmetro de aspecto estético dos produtos, no caso da água distribuída para o consumo é definida pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. O valor máximo permitido (VMP) para água tratada é de 1 NTU, e nas estações de tratamento água bruta é de 5 NTU, Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU – *Nephelometric Turbidity Unity*).

Figura 13 representa os resultados que foram obtidos após a execução das análises dos parâmetros físico-químicos de turbidez, referente aos bebedouros e da caixa d'água.

Figura 13 - Resultado das coletas das amostras dos parâmetros de turbidez analisados nos meses de Setembro, Outubro e Novembro de 2019



Fonte: elaboração própria em 2020

Fazendo uma análise dos resultados, pode-se observar que os bebedouros do bloco do laboratório e da caixa d'água apresentaram valores superiores quando comparados aos do bloco principal e do bloco de atividades acadêmicas.

De acordo com Oliveira et al. (2008), em águas que apresentam elevada turbidez, as partículas podem acomodar uma grande quantidade de poluentes e até microrganismos patogênicos, o que torna de suma importância a determinação desse parâmetro.

Os resultados das análises deste presente trabalho também estão de acordo com o de Oliveira et al. (2012), que em estudo realizado com a água para consumo humano em Guarabira – PB, obtiveram resultado semelhante.

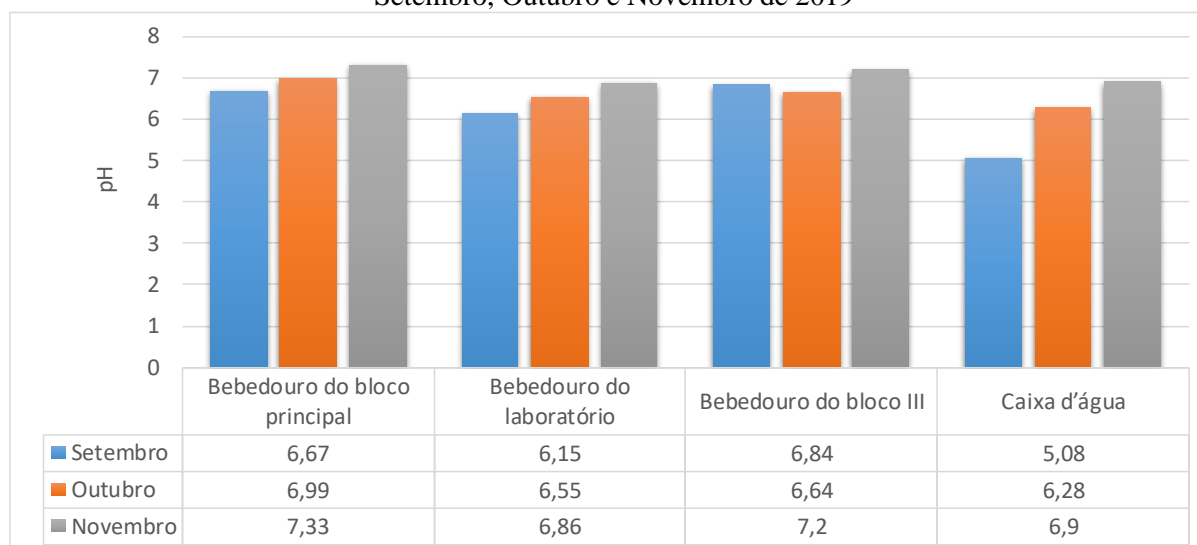
Analisando os resultados obtidos, podemos observar que todas as amostras estão entre a faixa de limite permitido para água tratada que é de 1 NTU Segundo a Portaria do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

6.5 POTENCIAL HIDRODINIÔNICO (pH)

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, 2011).

Figura 14 representa os resultados que foram obtidos após a execução das análises dos parâmetros físico-químicos de pH, referente aos bebedouros e da caixa d'água.

Figura 14 - Resultado das coletas das amostras dos parâmetros de pH analisados nos meses de Setembro, Outubro e Novembro de 2019



Fonte: elaboração própria em 2020

Segundo Macêdo (2003), o conhecimento do pH de uma água permite o monitoramento do poder de corrosão da mesma, da quantidade de reagentes necessários à coagulação durante seu tratamento em uma estação de tratamento de AGU (ETA) e do processo de desinfecção.

Valores acima de 8,5 para o pH da água podem estar associados à incrustação de carbonatos de cálcio, enquanto valores inferiores a 6,0 como foi o caso do resultado do mês de setembro referente à caixa d'água, mesmo que seja favorável para a ação bactericida do cloro, a água apresenta grandes poderes de agressividade contra os materiais que constituem as tubulações, desta forma diminuindo sua vida útil, chegando até deteriorar a qualidade da água tratada pela dissolução de produtos oriundos da própria corrosão e/ou do meio externo, assim afetando possíveis resultados de futuras análises físicas-químicas. Sendo assim, tais valores podem ser explicados provavelmente pelo fato dessas águas passarem pelo processo de correção de pH em uma estação de tratamento de água (FUNASA, 2007).

O pH das amostras foi determinado pelo método potenciométrico, utilizando pelo equipamento TECNAL como mostrado na Figura 15. De acordo com uma pesquisa realizada,

o pH de todas as amostras dos bebedouros estavam dentro do padrão da legislação. Resultados semelhantes aos do presente estudo também foram encontrados nas pesquisas de Antunes, Castro e Guarda (2004) e Campos et al. (2004), que apresentaram amostras dentro do padrão recomendado pela portaria 2.914/11 (BRASIL, 2011).

Figura 15 - Método de pH



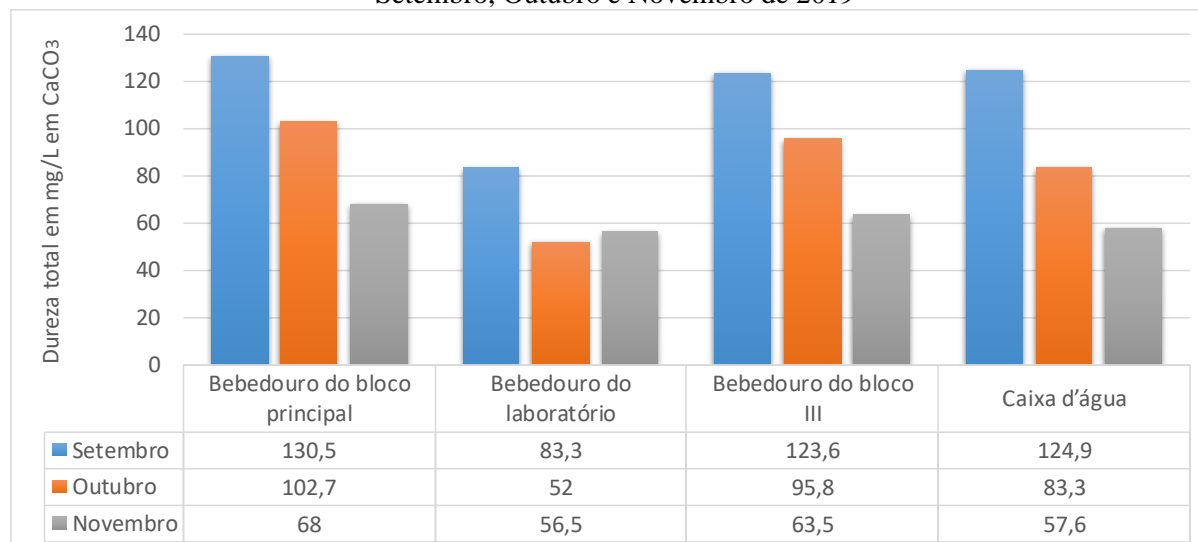
Fonte: Elaboração própria em 2019.

6.6 DUREZA TOTAL

A portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece para a dureza total o teor de 500 mg/L como valor máximo permitido (VMP), em termos de CaCO_3 para água potável.

A Figura 16 representa os resultados que foram obtidos após a execução das análises dos parâmetros físico-químicos de dureza total, referente aos bebedouros e da caixa d'água.

Figura 16 - Resultado das coletas das amostras dos parâmetros de dureza total analisados nos meses de Setembro, Outubro e Novembro de 2019



Fonte: elaboração própria em 2020

Pelos resultados obtidos observa-se que todas as amostras estão entre os valores permitidos pela legislação, sendo que todas as amostras estão classificadas como água com dureza moderada, pois sua faixa de dureza está entre 50 à 150 mg/L segundo Richter (2009).

As amostras eram tituladas com EDTA até o desaparecimento da cor púrpura avermelhada e o aparecimento da cor azul ponto final da titulação como mostra a Figura 17.

A água moderadamente dura, não causa danos à saúde, porém, na situação da água para abastecimento urbano, uma água com níveis elevados de dureza pode causar um estranhamento e a não aceitação dessa água pela população, devido a presença de gosto salobra e pela baixa formação de espuma em processos de lavagens domésticas.

De acordo com a descrição de dureza de Alves et al. (2010), a dureza é um parâmetro característico da qualidade de águas de abastecimento industrial e doméstico, sendo admitidos valores relativamente altos quando comparados à água potável.

Figura 17 - Método de titulometria de dureza total



Fonte: Elaboração própria em 2019.

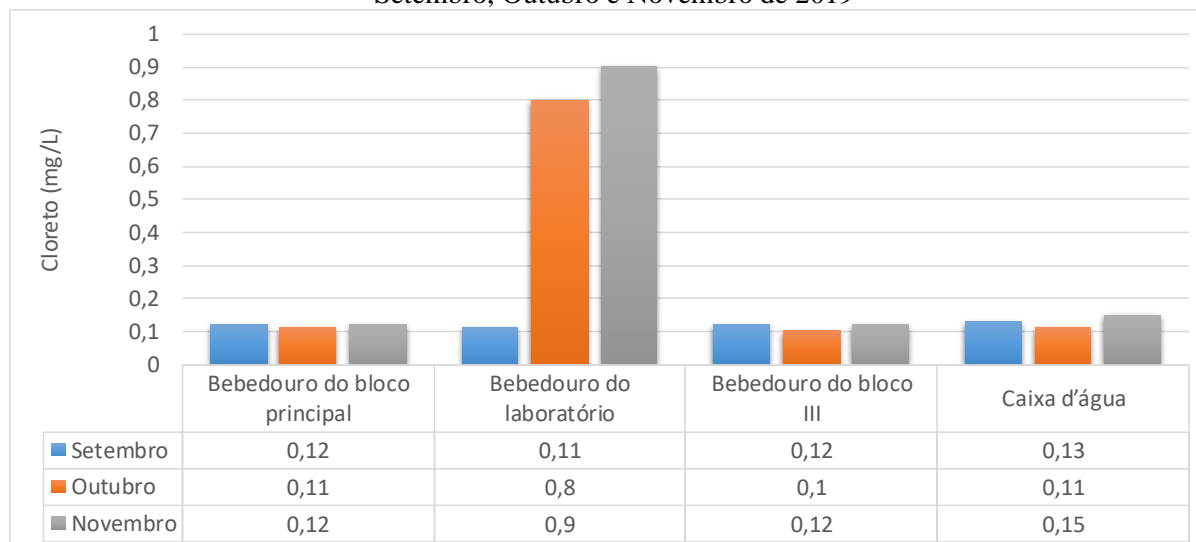
A dureza total é calculada como sendo a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expresso como carbonato de cálcio. A dureza temporária, também chamada de dureza de carbonatos, é causada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio. Esse tipo de dureza resiste à ação dos sabões e provocando incrustações. É denominada de temporária porque os bicarbonatos, pela ação do calor, se decompõem em gás carbônico, água e carbonatos insolúveis que se precipitam. A dureza permanente, também chamada de dureza de não carbonatos, é devido à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio, resiste também à ação dos sabões, mas não produz incrustações por serem seus sais muito solúveis na água.

6.7 CLORETO

A portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece o teor de 250 mg/L como valor máximo permitido (VMP), para água potável (BRASIL, 2011).

A Figura 18 representa os resultados que foram obtidos após a execução das análises dos parâmetros físico-químicos de cloreto, referente aos bebedouros e da caixa d'água.

Figura 18 - Resultado das coletas das amostras dos parâmetros de cloreto analisados nos meses de Setembro, Outubro e Novembro de 2019



Fonte: elaboração própria em 2020

A importância de se determinar o teor de cloreto em uma água consiste no fato desses íons serem sugestivos do grau de mineralização e indicarem sinais de poluição por meio de resíduos industriais ou esgotos domésticos (MACÊDO, 2003).

Os resultados das análises de cloretos, as amostras ficaram de acordo com a literatura e com os limites permitidos pelo Ministério da Saúde, regida na Portaria 2.914/11 (BRASIL, 2011), para este parâmetro, notasse que todas as amostras se encontram dentro dos padrões de potabilidade permitido para água potável.

Quando se analisa a tabela observa-se que todos os valores encontrados para esta variável estão consideravelmente abaixo do valor máximo permitido. Esse parâmetro é importante por definir se água pode ser consumida sem causar danos à saúde humana, pois variações de cloretos em águas naturais é altamente poluidor (HARRIS, 2005).

Medeiros et al (2003), ao analisar o teor de cloreto em águas subterrâneas usadas para irrigação, garantem que, nessas águas, os valores encontrados para este íons são superiores em relação a águas superficiais. Deste modo, o excesso de cloretos pode afetar o rendimento de culturas sensíveis. As redes de captação das águas analisadas se encontram presentes em locais superficiais, isto explica os valores relativamente baixos encontrados para esta variável. Valores

de cloreto fora dos padrões permissíveis em águas de consumo humano podem causar sabor desagradável e efeito laxativo (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2006).

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 cloreto de sódio, cálcio e magnésio. A água do mar possui concentrações elevada de cloretos que está em torno de 26.000 mg/L. Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles confere e pelo efeito laxativo que eles podem provocar. Os métodos convencionais de tratamento de água não removem cloretos. A sua remoção pode ser feita por desmineralização (deionização) ou evaporação.

Na Figura 19 pode-se observar a solução de nitrato de prata com o indicador cromato de potássio, formando-se uma coloração amarela. A titulação foi realizada até o ponto de viragem para amarelo avermelhado que é o ponto final da titulação.

Figura 19 - Método de titulometria de cloreto



Fonte: Elaboração própria em 2019

7. CONCLUSÃO

É preciso salientar que o monitoramento da qualidade da água destinada para o consumo humano é um pré-requisito para que se tenha uma qualidade de vida adequada para todos os seres humanos, pois o seu controle mensal pode prevenir o aparecimento de várias doenças, auxiliando no diagnóstico das principais formas de contaminação e indicando um conjunto de práticas de manejos dos recursos naturais que possibilitem o controle da poluição e um aumento da qualidade de vida aos usuários da mesma.

A partir do estudo realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte câmpus Pau dos Ferros – RN, das análises físico-químicas da água dos 03 bebedouros e da caixa d'água, concluiu-se que a rede de abastecimento que abastece o (IFRN), é a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN).

O IFRN tem o compromisso de oferecer não só uma formação educacional, mas também segurança, oferecendo aos alunos uma infraestrutura de qualidade, onde a limpeza do âmbito escolar é imprescindível para se manter a saúde e bem-estar de todos que frequentam esse espaço.

De acordo com os resultados obtidos para as análises físico-químicas, observou-se que todas as amostras estão de acordo com os valores preconizados pela portaria do Ministério da Saúde nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dando ênfase para os resultados de pH do mês de setembro da caixa d'água que deu 5,08, o que foi relativamente baixo comparando com os limites permitidos.

Assim, a avaliação da qualidade da água deve ser feita de forma integrada, considerando-se o conjunto das informações de caráter físico-químicos. Embora esse estudo não possa confirmar a potabilidade precisa das águas, de um modo geral, esse estudo revela que as análises feitas no IFRN câmpus Pau dos ferros estão dentro dos padrões de potabilidade de acordo com a legislação vigente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA), Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2011. **Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos**. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2013/CuidandoDasAgua-s-Solucao2aEd.pdf>> Acesso em 20/12/2021.

ABASTECIMENTO DE ÁGUA. In: **ÁGUA GUARIROBA**. Campo Grande-MS: [s.n.], [201]. Disponível em: <<http://www.aguaguariroba.com.br/sagua/info2.php>> Acesso em 12/01/2022.

ALVES, Maria da Glória. et al. **Qualidade das Águas de Poços Rasos Provenientes de Áreas Urbanas e Rurais de Campos dos Goytacazes (RJ)**. In: XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, São Paulo/SP, 2010.

ALVES, N. C.; ODORIZZI, A. C.; GOULART, F. C. Análise Microbiológica de águas AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standart methods for the examination of water and wastewater**, 16. ed., New York, 1992.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 15th ed. New York, 1998. 1134p.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA. **Water quality and treatment: a handbook of community water supplies**. New York: Mcgraw Hill. 1990.

ANDRADE, N.J.; MACEDO, J.A.B. **Higienização na Indústria de Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2008. P. 182.

ANTUNES, C.A.; CASTRO, M.C.F.M.; GUARDA, V.L.M. Influência da qualidade da água destinada ao consumo humano no estado nutricional de crianças com idades entre 3 e 6 anos, no município de Ouro Preto – MG. **Alim. Nutr., Araraquara**, v. 15, n. 3, p. 221-226, 2004.

AYIBOTELE, N.B. 1992. **The world water: assessing there source**.

BATALHA, B.L.; PARLATORE, A.C. **Controle da qualidade da água para o consumo humano: bases conceituais e operacionais**. São Paulo: CETESB, 1977. 198p.

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

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 2.ed. São Paulo: CETESB, 1983.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF: Senado, 1998.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Guia de vigilância epidemiológica.** Série A. Normas e manuais técnicos, 8. ed. Brasília; Ministério da Saúde, 2010, p. 90, p.153- 155.

BRASIL. **Portaria Nº 2.914, d 12 de dezembro de 2011.** Disponível em:
<http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html.>
Acesso em: 20/01/2022.

CAINCROSS, S. et al. Water, sanitation and hygiene for the prevention of diarrhea. **International Journal of Epidemiology**, v. 39, pp. 193-205, 2010.

CALAZANS, G. M. T.; MOURA, G. J. B.; ARAUJO, J. M.; SOUSA, M. F. V. Q. Análises bacteriológicas da água em escolas públicas. In: **I Congresso Brasileiro de Extensão Universitária.** João Pessoa, v. 01, 2002.

CAMPOS, J. A. D. B.; FARACHE FILHO, A.; FARIA, J. B. Uso de reservatórios domiciliares e conhecimento da população. **Rev. Alim. Nutr.**, v. 14, n.2, p. 171- 175, 2003.

CASALI, Carlos Alberto. **Qualidade Da Água Para Consumo Humano Ofertada Em Escolas E Comunidades Rurais Da Região Central Do Rio Grande Do Sul.** 2008. 173p. Dissertação. Pós-Graduação em Ciências do Solo. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, 2008.

COMPANHIA SANEAMENTO BÁSICO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. **Qualidade da água.** Disponível em:
<<http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?Proj=sabesp&Pub=T&Temp=0>.> Acesso em 03/12/2021.

COSTA, S. S. et al. Indicadores epidemiológicos aplicáveis a estudos sobre a associação entre saneamento e saúde de base municipal. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 10, n. 02, pp. 118-127, 2005.

D'ÁGUILA O. S.; ROQUE O. C. C.; MIRANDA C. A. S.; FERREIRA A. P. Avaliação da qualidade de água para o abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. **Cad. Saúde pública**, v.16, n.3, p. 791-798, 2000.

DIAS, L. F. S. **Estudo da localização otimizada de equipamentos para detecção de contaminação em redes de distribuição de água.** 2006. 144f. Dissertação (mestrado em Hidráulica e Saneamento). Escolar de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2006.

SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DE SÃO PAULO – SES/SP. **Doenças relacionadas à água ou de transmissão hídrica** – perguntas e respostas e dados estatísticos. Disponível em:
<https://ftp.cve.saude.sp.gov.br/doc_tec/hidrica/doc/dta09_pergresp.pdf.> Acesso em 07/01/2022.

BAIRD , R. B.; EATON, A. D.; RICE, E. W. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 23. ed. Washington (DC): American Public Health Association, 2017.

BRASIL. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para o consumo humano.** Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_procedimentos_agua_consumo_humano.pdf> Acesso em 10/01/2022.

BRASIL. **Portaria Nº 2.914, d 12 de dezembro de 2011.** Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/kit_arsesp_portaria2914.pdf> Acesso em 17/01/2022.

POLICONTROL. **Manual AquaColor Cor Versão 3.23B 06-2014.** Disponível em: <<https://xdocs.com.br/doc/manual-aquacolor-cor-versao-323b-06-2014-jozmm0qr3wnz>> Acesso em 15/02/2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMPRAPA). **Atlas do meio ambiente do Brasil.** Brasília, DF: Terra Viva, 1994. p. 138.

EUROPEAN ENVIRONMENT AND HEALTH COMMITTEE (EEHC). **Childrens' health and the environment.** EUR/ICP/EHCO, pp. 3-12, 1999.

FIGUEIREDO, R.M. Programa de Redução de patógenos e Padrões e Procedimentos Operacionais de Sanitização. **Coleção Higiene dos Alimentos** – vol. 01. São Paulo: Manole, 1999. p. 73-78.

FREITAS, V. P. S. Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, Campinas , v.61, n.1, p.51-58, 2002.

FUNASA, FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual prático de análise de água**, Brasília, 2004. 2ª ed. rev. -Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.146 p.

FUNASA. **Manual Prático de Análise de água.** 4ª Ed, Brasília. Copyright C 2004, p.150, 2013.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. **Manual de Saneamento.** 4ª ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, FUNASA, 2007.

HARRIS, D. C. Análise Química Quantitativa. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005. 876p. minerais e de água potável de abastecimento. **Rev. Saúde Pública**, Marília, São Paulo, v. 36. n.6. dez. 2002.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Doenças infecciosas e parasitárias**. Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_bolso_4ed.pdf> Acesso em: 17/01/2022.

ITEP - Instituto de Tecnologia de Pernambuco. **Instrução de trabalho coleta de água para análises microbiológicas**, 2007. Disponível em: <<http://www.ITEP.br>> Acesso em 14/12/2017.

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

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

LIMA, W.; GARCIA, C. A. B.. Qualidade da água em Ribeirópolis-SE: O Açude do Cajueiro e a Barragem do João Ferreira. **Scientia Plena**, Sergipe, v 4, n. 12, p. 1-24, dez. 2008.

MACÊDO, J. A. B de. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. 2. ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2003.

MATTOS, M. T.; SILVA, M. D. Controle da qualidade microbiológica das águas de consumo na microbacia hidrográfica Arroio Passo do Pilão. **Comunicado Técnico 61**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Pelotas, Rio Grande do Sul, dez. 2002.

MEDEIROS, J. F de. et al. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, set./dez. 2003.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Lei n. 10.172, 09 de janeiro de 2001. **Plano Nacional de Educação**. Disponível em: <<http://www.educacao.rs.gov.br/pse/html/legislacao.jps>> Acesso em 05/10/2018.

OLIVEIRA, V. D. M. et al. **Avaliações Físicas, Químicas e Biológicas da Microbacia do Córrego Modeneis em Limeira – SP**. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 1, p. 86-96, jan/abr 2008.

OLIVEIRA, A. S. dá et al. Qualidade da água para consumo humano distribuída pelo sistema de abastecimento público em Guarabira- PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Mossoró**, v. 7, n. 2, p. 199-205, abr./jun., 2012.

ORGANIZAÇÃO PAN AMERICANA DDE SAÚDE. **Água e Saúde**. Disponível em: <<http://www.opas.or.br/ambiente/UploArq/água.Pdf>> Acesso em 02/10/2018.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. **La salud y el ambiente en el desarrollo sostenible**. Publicación Científica, n.572, OPS, Washington, D. C, 2000. 298p.

OKURA, M. H.; SIQUEIRA, K. B. Enumeração de coliformes totais e coliformes termotolerantes em água de abastecimento e de minas. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 19, n. 135, p. 86-91, set. 2005.

PACHECO, A.; REBOLÇAS, A. C. 1982, **Aspectos de uso e preservação das águas subterrâneas da Grande São Paulo**. In 2º Cong. Bras. Águas Subterrâneas, Salvador, p. 389-401, Salvador.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Relatório do Desenvolvimento Humano 2006. A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água**. New York, 10017, USA. 1101p.

REIS, J. A.; HOFFMANN, P.; HOFFMANN, F. L. Ocorrência de bactérias aeróbias mesófilas, coliformes totais, fecais, e *Escherichia coli*, em amostras de águas minerais envasadas, comercializadas no município de São José do Rio Preto, SP. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 20, n. 145, p. 109-116, out. 2006.

RICHTER, C. A., NETTO J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher, 2002. 332p.

RICHTER, C. A. e NETTO, J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher, 1ª Edição 1991, 6ª reimpressão 2005.

RICHTER, Carlos A. **Água: Métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Edgard Blücher. 2009. 1 ed. 352 p.

ROHDEN, F. et al. Monitoramento microbiológico de águas subterrâneas em cidades do extremo oeste de Santa Catarina. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 14. p. 2199-2203, 2009.

SANTOS, V.O., Análise físico-química da água do Rio Itapetininga-SP: Comparação entre dois pontos. **Revista Eletrônica de Biologia**, v. 3, n. 1, p. 99-115, 2010.

SERBOLNE, L. **A ética do uso de água doce: um levantamento**. Brasília. UNESCO, 80p. 2001.

SILVA, D. L. da. **O direito sanitário e a água para consumo humano**. 2004, 24f. Monografia (Especialização em Direito Sanitário) – Fundação Oswaldo Cruz, Brasília, 2004.

SKOOG, D. A. et al. **Fundamentos de Química Analítica**. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

MINER, GARY. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22ed. Washington: APHA, 2006.

UNIVERSIDADE DA ÁGUA. **Água o ouro do futuro**. 2004. Disponível em: <http://www.uniagua.org.br/website/default.asp?tp=1&pag=entr_220304.htm> Acesso em 20/01/2022

UNESCO (2003). **Political inertia exacerbates water crisis, says World Water Development Report, First UN system-wide evaluation of global water resources**. Press Release, 5 March 2003. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: Paris.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS CENTRO SUPERIOR DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA (UNICAMP). **Tratamento Físico Químico de**

Efluentes Líquidos, 2008. Disponível em:
<<http://webensino.unicamp.br/disciplinas/ST502.pdf>> Acesso em 21/10/2021.

WALDMAN, E. A.; BARATA, R. C.; MORAES, J. C.; GUIBU, I. A.; TIMENETSKY, M. C. Gastroenterites e infecções respiratórias agudas em crianças menores de 5 anos, em áreas da região do Sudeste do Brasil, 1986-1987. II – diarreias. **Rev. Saúde Pública**, v.31,p.62-70,1997.