



**CARLA SERRA OLIVEIRA**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE  
BEBEDOUROS DO CCET-UFMA**

**CARLA SERRA OLIVEIRA**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE  
BEBEDOUROS DO CCET-UFMA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado de Curso da Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Harvey Alexander Villa Velez

São Luís  
2022

Serra Oliveira, Carla.

Análise físico-química e microbiológica de bebedouros do CCET-UFMA / Carla Serra Oliveira. - 2022.

54 f.

Orientador(a): Harvey Alexander Villa Vélez.

Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2022.

1. Bebedouros. 2. Potabilidade. 3. Qualidade de água. I. Alexander Villa Vélez, Harvey. II. Título.

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Dr. HARVEY ALEXANDER VILLA VELEZ  
Orientador – DEEQ/CCET/UFMA

Profa. Dra. DIANA MARIA CANO HIGUITA SANTOS  
DEEQ/CCET/UFMA

Prof. Dr. DENNYS CORREIA SILVA  
DEEQ/CCET/UFMA

**29 de julho de 2022**

Á Deus que me concedeu a vida, sabedoria para lidar com as dificuldades e a oportunidade de transformar os sonhos em realidade.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado à vida e por todas as oportunidades as quais me foram concedidas.

Aos meus pais, por sempre me incentivarem pela busca do conhecimento. Agradeço por tudo o que tenho e por tudo que sou hoje.

À minha irmã, Camila Serra, que sempre esteve ao meu lado, me ajudando e motivando em todos os momentos da minha caminhada acadêmica.

Ao meu namorado, Giomar Marrero, por caminhar ao meu lado, acreditar no meu potencial, me incentivar e por estar comigo em todos os momentos.

Ao professor, José Roberto Rodrigues, ao qual foi meu orientador de iniciação científica, obrigada por todo suporte e atenção dada.

Ao meu orientador, professor Harvey A. Villa Vélez, pelo apoio, pela ajuda e todas as correções necessárias durante a graduação e todos esses meses dedicados para a realização desse projeto.

Aos meus amigos, que sempre torceram por mim e pelo sucesso.

*“Acreditar que pode acontecer é o primeiro  
passo para algo ser realizado”.*

(William Shakespeare)

OLIVEIRA, C. S. **Análise físico-química e microbiológica da água de bebedouros do CCET-UFMA**. 2022. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2022.

## RESUMO

A água é fundamental para o equilíbrio e manutenção da vida na Terra. Corresponde cerca de 70% do corpo humano e é responsável por diversas funções do organismo. No entanto, para ser destinada ao consumo humano é preciso que seja tratada para não oferecer riscos à saúde humana. A análise físico-química e microbiológica da água é fundamental para verificar a garantia de sua qualidade da água através das especificações que determinam se as condições são adequadas àquelas exigidas pelos critérios de qualidade com respeito aos seus padrões de potabilidade. Os bebedouros são considerados fontes de contaminação em potencial visto que um único bebedouro, caso esteja contaminado, pode prejudicar a saúde de diversas pessoas que utilizam desse meio todos os dias. Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos presentes na água de bebedouros do CCET- UFMA em São Luís no Maranhão. Foram coletadas durante os meses de maio, junho e julho, amostras de água para serem analisadas de acordo com os seguintes parâmetros: pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, turbidez, cor aparente, temperatura, cloro residual livre, ferro, alcalinidade total e específicas, cloretos, magnésio, dureza total, cálcio, coliformes totais e *Escherichia coli*. Todos os procedimentos e o estudo dos resultados foram feitos usando como padrão as normas da Portaria GM/MS nº 888/2021 em consonância com a Portaria de Consolidação nº 05/2017-MS somado os métodos, técnicas e procedimentos oficiais de acordo com as normas ISO/IEC 17025 e Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters, 23ª edição. De acordo com a análise dos resultados foi possível observar que todos os parâmetros estudados estavam dentro dos padrões exigidos, sendo somente o parâmetro microbiológico da determinação de coliformes totais na análise do bebedouro número 2 desconforme com a legislação.

**Palavras-chave:** Qualidade de água. Bebedouros. Potabilidade.

OLIVEIRA, C. S. **Physical-Chemical and Microbiological Analysis of water from drinking fountains of CCET-UFMA**. 2022. 54 f. Graduate Work (Graduate in Chemical Engineering) – Curso de Engenharia do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2022.

### ABSTRACT

Water is fundamental for the balance and maintenance of life on Earth. It corresponds to about 70% of the human body and is responsible for several functions in the body. However, to be destined for human consumption it needs to be treated so as not to offer any risk to human health. The physical-chemical and microbiological analysis of the water is fundamental to verify the guarantee of the water quality through the specifications that determine if the conditions are adequate to those required by the quality criteria with respect to its potability standards. Drinking fountains are considered potential sources of contamination since a single drinking fountain, if contaminated, can harm the health of several people who use this environment every day. Thus, the present study aimed at analyzing the physical-chemical and microbiological parameters in the water of drinking fountains at CCET- UFMA in São Luís, Maranhão. Water samples were collected during the months of May, June and July to be analyzed according to the following parameters: pH, conductivity, total dissolved solids, turbidity, apparent color, temperature, free residual chlorine, iron, total and specific alkalinity, chlorides, magnesium, total hardness, calcium, total coliforms and *Escherichia coli*. All procedures and the study of the results were done using as standard the norms of the GM/MS Ordinance No. 888/2021 in line with the Consolidation Ordinance No. 05/2017-MS added the official methods, techniques and procedures according to ISO/IEC 17025 and Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters, 23rd edition. According to the analysis of the results, it was possible to observe that all parameters studied were within the required standards, being only the microbiological parameter of the determination of total coliforms in the analysis of the number 2 drinking fountain that did not comply with the legislation.

**Keywords:** Water Quality. Drinking fountains. Potability.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Etapas do procedimento de coleta da água dos bebedouros .....	17
Figura 2 – Bebedouros analisados durante o procedimento experimental .....	18
Figura 3 – Procedimentos das análises microbiológicas em laboratório.....	23
Figura 4 – Bebedouro com presença de coliformes totais.....	29

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano.....	06
Tabela 2 – Padrão físico-químico de potabilidade da água para consumo humano.....	06
Tabela 3 – Referências metodológicas e equipamentos utilizados para as análises físicas ....	18
Tabela 4 – Referências metodológicas e equipamentos utilizados para as análises químicas	19
Tabela 5 – Referências metodológicas para as titulações das amostras de água.....	22
Tabela 6 – Resultados analíticos dos parâmetros físicos do mês de maio .....	24
Tabela 7 – Resultados analíticos dos parâmetros físicos do mês de junho .....	24
Tabela 8 – Resultados analíticos dos parâmetros físicos do mês de julho .....	24
Tabela 9 – Resultados analíticos dos parâmetros químicos do mês de maio .....	26
Tabela 10 – Resultados analíticos dos parâmetros químicos do mês de junho .....	26
Tabela 11 – Resultados analíticos dos parâmetros químicos do mês de julho .....	27
Tabela 12 – Resultados qualitativos dos parâmetros microbiológicos do mês de maio.....	29
Tabela 13 – Resultados qualitativos dos parâmetros microbiológicos do mês de junho .....	29
Tabela 14 – Resultados qualitativos dos parâmetros microbiológicos do mês de julho .....	29

## SUMÁRIO

	FOLHA DE APROVAÇÃO.....	i
	DEDICATÓRIA.....	ii
	AGRADECIMENTOS.....	iii
	EPÍGRAFE.....	iv
	RESUMO.....	v
	ABSTRACT.....	vi
	LISTA DE FIGURAS.....	vii
	LISTA DE TABELAS.....	viii
	SUMÁRIO.....	ix
1	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	1
2	<b>OBJETIVOS.....</b>	3
2.1	Objetivos gerais.....	3
2.2	Objetivos específicos.....	3
3	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	4
3.1	Qualidade da água em Instituições Públicas.....	4
3.2	Padrões de potabilidade.....	5
3.3	Vigilância de qualidade da água potável.....	6
3.4	Parâmetros físicos de qualidade da água.....	7
3.4.1	Temperatura.....	7
3.4.2	Turbidez.....	8
3.4.3	Cor aparente.....	8
3.4.4	Condutividade elétrica.....	9
3.4.5	Sólidos totais dissolvidos.....	9
3.5	Parâmetros químicos de qualidade da água.....	10
3.5.1	Potencial hidrogeniônico.....	10
3.5.2	Cloro.....	11
3.5.3	Ferro.....	11
3.5.4	Cloretos.....	12
3.5.5	Alcalinidade.....	13
3.5.6	Dureza total.....	14
3.6	Parâmetros microbiológicos de qualidade da água.....	15
3.6.1	Coliformes totais.....	15

3.6.2	<i>Escherichia Coli</i> .....	15
4	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	16
4.1	Material.....	16
4.2	Local da pesquisa.....	16
4.3	Instrumentos/equipamentos/software utilizados.....	16
4.4	Análises, métodos e procedimentos experimentais.....	16
4.4.1	Coleta.....	16
4.4.2	Procedimentos para a análise dos parâmetros físicos de qualidade da água.....	18
4.4.3	Procedimentos para a análise dos parâmetros químicos de qualidade da água.....	19
4.4.3.1	Métodos titulométricos para análise dos cloretos, alcalinidades, dureza total, cálcio e magnésio.....	20
4.4.4	Procedimentos para análise dos parâmetros microbiológicos de qualidade da água.....	23
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	24
5.1	Estudo dos parâmetros físicos de qualidade da água.....	24
5.2	Estudo dos parâmetros químicos de qualidade da água.....	26
5.3	Estudo dos parâmetros microbiológicos de qualidade da água.....	28
6	<b>CONCLUSÃO</b> .....	31
7	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	32

## 1 INTRODUÇÃO

A água é fundamental para a manutenção da vida no planeta, conservação e equilíbrio da biodiversidade e das relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais (BACCI; PATACA, 2008). Independentemente das origens dos seres vivos, a água é fonte de vida e é essencial para a sobrevivência de qualquer espécie do planeta, desde a vida humana até a fauna e flora. Além disso, este recurso natural está diretamente associado aos aspectos do desenvolvimento humano, seja na agricultura ou na indústria e, até mesmo, a valores culturais (HELLER; PÁDUA, 2016).

O corpo humano é constituído por 70% de água, que se constitui em um dos compostos fundamentais para a existência do ser humano. Sendo assim, é imprescindível que todo ser humano tenha acesso à água potável, pois é um direito de todo indivíduo (PANDIT, KUMAR, 2015). A qualidade da água é avaliada por uma variedade de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, e quando essas propriedades não atendem os critérios exigidos, a água se torna uma fonte de propagação de doenças (NETO, 2013; SILVA et al., 2015; PACA et al., 2019; ARAUJO; ANDRADE, 2020).

A qualidade da água se tornou uma questão de interesse para a saúde pública no final do século XIX e início do século XX. Anteriormente, a qualidade era associada apenas a aspectos estéticos e sensoriais, tais como a cor, o gosto e o odor (FREITAS; FREITAS, 2005). Atualmente para que a água seja adequada e liberada para o consumo é necessários que os órgãos competentes pelo seu abastecimento realizem testes pré-estabelecidos que comprovem sua viabilidade de consumo (BRASIL, 2011). Dentre as análises, estão incluídas as que detectam e dosam coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* quantitativo (BRASIL, 2013).

A qualidade da água a ser consumida é um dos maiores desafios das pesquisas e estudos, pois a potabilidade como determina o Ministério da Saúde por meio da Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011, é um requisito indispensável para manter a qualidade de vida e a saúde de todos os seres vivos (MORAIS et al.; 2016; OLIVEIRA et al., 2019). Atualmente, os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade estão descritos na portaria GM/MS Nº 888 DE 4 DE MAIO DE 2021 que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017.

Os bebedouros podem ser considerados fonte de contaminação potencial seja pela limpeza inadequada dos mesmos, ou pelo seu uso frequente por pessoas com hábitos higiênicos distintos ou inadequados (ARAÚJO et al, 2014). Diferente dos bebedouros

individuais, os de uso coletivo tendem a ser mais preocupantes devido ao fato de um único bebedouro (caso forneça água contaminada) prejudicar a saúde de diversos estudantes (DANTAS et al., 2010).

A análise da qualidade de água é realizada a partir de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, que determinam as características de potabilidade necessárias para que a mesma chegue até a população de uma maneira mais segura e confiável (MONTEIRO et al., 2015; GOBIRA; DUARTE, 2018). Na literatura existem vários estudos sobre a qualidade microbiológica da água para consumo humano em escolas e instituições de ensino, que relatam a alta incidência de contaminação da mesma (TRINDADE et al., 2015; SOUZA et al., 2015; NEVES et al., 2016; ARAUJO, ANDRADE, 2020).

A análise físico-química e microbiológica da água, principalmente a destinada ao consumo humano, é fundamental para verificar se as condições são adequadas àquelas exigidas pelo rigoroso critério de qualidade com respeito aos seus padrões de potabilidade quanto à ausência de microrganismos e substâncias químicas que podem ser prejudiciais à saúde humana. Desta forma, este trabalho consiste em analisar a qualidade físico-química e microbiológica da água de três bebedouros do Centro de Ciências Exatas e suas Tecnologias (CCET) da Universidade Federal do Maranhão – Campus São Luís, comparando os resultados com a legislação vigente.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Analisar a qualidade físico-química e microbiológica da água proveniente de bebedouros localizados no CCET/UFMA.

### 2.1 Objetivos específicos

- Avaliar os seguintes parâmetros físico-químicos da água dos bebedouros: pH, cloro residual livre, temperatura, condutividade, sólidos totais dissolvidos, cor aparente, turbidez, ferro, cloretos, dureza total, teores de cálcio e magnésio, alcalinidade total e específicas;
- Analisar as características microbiológicas da água, e examinar a presença ou ausência de Coliformes Totais e Termotolerantes (*Escherichia coli*) proveniente dos bebedouros;
- Verificar se os níveis dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados estão de acordo com a portaria vigente do Ministério da Saúde, bem como se atendem os padrões de potabilidade para consumo humano.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 A QUALIDADE DA ÁGUA EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS

A qualidade da água é de responsabilidade do estado e da nação, devendo o primeiro assegurar que seja feita a gestão adequada dos recursos hídricos, e o segundo o uso do recurso conscientemente. A garantia de segurança e de potabilidade da água depende do funcionamento adequado de diversas etapas no processo de abastecimento, que vão desde o tratamento até a distribuição e, caso alguma delas apresente falhas, pode desencadear um processo de contaminação (BRASIL, 2011).

A água pode veicular um elevado número de enfermidades e essa transmissão pode se dar por diferentes mecanismos. O mecanismo de transmissão de doenças mais comum está diretamente relacionado à qualidade da água e sua ingestão, por meio do qual um indivíduo sadio ingere água que contenha componente nocivo à saúde e a presença desse componente no organismo humano provoca o aparecimento de doença (BRASIL, 2006). De acordo com a organização mundial da saúde (OMS), 88% das mortes por diarreia que ocorrem no mundo estão relacionadas ao saneamento inadequado e principalmente à ingestão de água contaminada (BELO et al., 2012).

O tratamento da água, realizado nas Estações de Tratamento de Água (ETA), tem o propósito de torná-la potável e só então ser levada até a rede de distribuição para ser consumida (PEZENTE, 2009). Embora a água destinada ao abastecimento público seja tratada nas Estações de Tratamento de Água, é necessário realizar periodicamente o controle de potabilidade da igual que é distribuída para os pontos de consumo, bem como, a higienização dos reservatórios, bebedouros, torneiras e equipamentos, para que estes não comprometam sua qualidade (SILVA, 2019).

Os bebedouros podem se tornar um problema de saúde pública, disseminando bactérias que provocam diarreias entre outras enfermidades. A sua localização (geralmente próximo a sanitários), a lavagem inadequada das mãos e o desconhecimento de hábitos de higiene da população contribuem para a transmissão desses microrganismos (SILVA et al., 2016; SILVA; YAMANAKA; MONTEIRO, 2017).

Os bebedouros podem transformar-se em fonte de contaminação caso não haja monitoramentos prévios e contínuos desses equipamentos. Portanto, a higienização dos reservatórios de água deve ser realizada periodicamente para que impurezas e contaminações não comprometam a potabilidade da água armazenada (CALAZANS et al., 2004). A

utilização de testes para a determinação de indicadores de contaminação fecal em água é a maneira mais sensível e específica de estimar a qualidade da água em relação à higiene e cuidados primários à saúde (BOMFIM et al., 2007).

A relação entre água, saúde e educação é evidenciada em diversos dados expostos pelo Programa das Nações Unidas (PNUD). No Relatório de Desenvolvimento Humano (RDH) de 2006, que teve como tema a crise mundial da água, foi destacado que as infecções parasitárias transmitidas pela água são responsáveis pelo atraso do potencial de aprendizagem de mais de 150 milhões de crianças. Além disso, estima-se que sejam perdidos 443 milhões de dias escolares por ano devido a doenças relacionadas à água (PNUD, 2006). Logo, é fundamental que haja um monitoramento na qualidade da água em instituições públicas, principalmente em escolas e universidades onde existe um grande fluxo de pessoas diariamente.

### 3.2 PADRÕES DE POTABILIDADE

A água potável é aquela que atende aos padrões de potabilidade e que não oferece riscos à saúde, e para que seja considerada tratada é preciso que seja submetida a processos físicos, químicos ou combinação destes, visando atender aos padrões exigidos (BRASIL, 2011).

O padrão de potabilidade brasileiro é composto por: padrão microbiológico, padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção, padrão para substâncias químicas que representam riscos à saúde (inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos, desinfetantes e produtos secundários de desinfecção), padrão de radioatividade, padrão de aceitação para consumo humano (FERREIRA; PÁDUA, 2005).

Assim, para entender os padrões de potabilidade, as análises dos parâmetros físico-químicos da água são realizadas com o propósito de obter informações a respeito da qualidade da água, e, também, de identificar e monitorar possíveis efeitos negativos que a contaminação pode causar para a saúde humana ou aos outros organismos que utilizam este recurso (SILVA et al., 2017). As análises microbiológicas também são fundamentais para garantia de uma água de boa qualidade. A água contaminada pode provocar muitas doenças e problemas de saúde pública, em vista disso é essencial a identificação de micro-organismos (CUNHA et al., 2012).

Portanto, o Ministério da Saúde por meio de portarias, estabeleceu que a água ideal para o consumo humano deve ser potável e com baixos índices de agentes contaminantes, sejam eles físicos, químicos ou microbiológicos (VASCONCELOS et al., 2012).

### 3.3 A VIGILÂNCIA DE QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL

Por se tratar de um recurso de fundamental importância à vida, torna-se indispensável controlar e exigir a qualidade da água por meio de regulamentos técnicos específicos e legislações que garantam saúde e bem-estar à população humana e animal (BIRKHEUER et al., 2017). A análise e o monitoramento da qualidade da água destinada ao consumo humano são de grande relevância, visto que a ineficácia da garantia de qualidade dela sugere probabilidade de contaminação por microrganismos patogênicos (ALMEIDA et al., 2017).

Na década de 70, criou-se a primeira referência normativa relacionada à qualidade da água para consumo humano, através do Decreto Federal nº 79.367, de 9 de março de 1977, que dispõe sobre normas e o padrão de potabilidade de água e dá outras providências. O decreto encarrega ao Ministério da Saúde a tarefa de criar normas e determinar o padrão de potabilidade de água a serem atendidos em todo o país (BRASIL, 2017).

Atualmente, o Ministério da Saúde coloca em vigor a portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021 que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017. Essa portaria dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Alguns parâmetros microbiológicos e físico-químicos com os seus valores máximos permitidos de acordo com a portaria vigente estão representados, respectivamente, nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano

<b>Parâmetro</b>	<b>VMP</b>
Coliformes Termotolerantes	Ausência em 100 ml
<i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 ml

Fonte: Brasil (2021).

\*VMP: valor máximo permitido.

Tabela 2: Padrão físico-químico de potabilidade da água para consumo humano

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>VMP</b>
Alcalinidade Bicarbonatos	mg/L	-
Alcalinidade Carbonatos <sup>1</sup>	mg/L	-
Alcalinidade Hidróxida	mg/L	-
Alcalinidade Total <sup>1</sup>	mg/L	-

Cálcio	mg/L	-
Cloretos	mg/L	250
Cloro residual livre	mg/L	0,2 a 5,0
Condutividade	µS/cm	-
Cor Aparente	uH	15
Dureza total	mg/L	300
Ferro (Fe)	mg/L	0,3
Magnésio	mg/L	-
pH	-	6,0 a 9,0
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500
Temperatura <sup>1</sup>	°C	-
Turbidez	NTU	5,0

---

Fonte: Brasil (2021)

\*VMP: valor máximo permitido.

\* Os valores máximos preenchidos com (-) significa que não possuem valores estabelecidos, no entanto ainda sim é importante estudá-los.

### 3.4 PARÂMETROS FÍSICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

#### 3.4.1 Temperatura

A temperatura é o grau da intensidade de calor que é explícito em determinada escala, sendo o Celsius uma das mais empregadas (PINTO, 2007). A temperatura é considerada uma medida de intensidade de calor que influencia diretamente uma série de outros parâmetros físicos como a viscosidade, densidade, oxigênio dissolvido (OD) tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização, calor latente de vaporização, condutividade térmica e pressão de vapor (NOLASCO et al., 2020).

A temperatura está relacionada com o aumento do consumo de água, fluoretação, solubilidade e ionização das substâncias coagulantes, com a mudança do pH, com a desinfecção, etc. (FUNASA, 2013). Para a qualidade de potabilidade da água a temperatura

não é um parâmetro pré-estabelecido e com limites de valores. No entanto por influenciar diretamente outros parâmetros é importante ser analisada.

### 3.4.2 Turbidez

A turbidez é a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar certa quantidade de água, conferindo uma aparência turva à mesma (COUTO, 2012). A turbidez é atribuída à presença de partículas em suspensão na água (poluição, plânctons, argila, bactérias e areia) que diminuem a intensidade do feixe de luz ao atravessar a água, pois as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca (BIKHEUER et al., 2017).

Os valores da turbidez são expressos em Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU). A cor da água interfere negativamente na medida da turbidez devido à sua propriedade de absorver luz (CORREA et al, 2008). A turbidez em si não traz risco à saúde, mas é esteticamente desagradável, causando repulsa nos consumidores. Além disso, partículas em suspensão podem abrigar microrganismos patogênicos, reduzindo a eficiência dos tratamentos de desinfecção (DASSOLER et al., 2015).

Conforme padrões estabelecidos, o valor máximo permitido do padrão de turbidez da água resultante de filtração rápida, do tratamento completo ou considerada também como filtração direta é de aproximadamente 0,5 uT (unidade de turbidez); enquanto o valor máximo permitido para água resultante de filtração lenta a turbidez é de 1,0 uT. Em vista disso, o valor limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 uT para turbidez como padrão organoléptico de potabilidade (ARAÚJO; ANDRADE, 2020).

### 3.4.3 Cor aparente

A cor da água é medida comparando a amostra de água com soluções de cores padrão ou discos de vidro coloridos. Uma unidade de cor é equivalente à cor produzida por 1,0 mg/L de solução de platina (cloroplatinato de potássio ( $K_2PtCl_6$ ))(APHA, 2005).

O parâmetro cor da água é derivado do reflexo da luz em partículas pequenas contidas nesse componente natural, e a intensidade deste reflexo é determinada utilizando cobalto-platina como referência, representado em unidades de cor uH (unidade Hazen) (FILHO, 2019). Para garantir a qualidade da água o Ministério da Saúde estabelece o valor de 15 uH como Valor Máximo Permitido (VPM) para os níveis de cor aparente para atender o padrão de potabilidade.

#### 3.4.4 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica (CE) é uma medida indireta e simples da presença íons provenientes de substâncias polares (em muitos casos sais inorgânicos) dissolvidas na água, como cloretos, sulfetos, fosfatos e cálcio. A presença dessas substâncias aumenta a condutividade da água, logo são facilmente dissolvidos em íons na água e contribuem para a condução de eletricidade (ALVES, 2016).

É uma medida da habilidade de uma solução aquosa conduzir corrente elétrica devido à presença de íons. Essa propriedade varia com a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas na água, temperatura, mobilidade dos íons, valência dos íons e concentrações real e relativa de cada íon (PINTO, 2007).

A condutividade depende expressivamente da temperatura. Devido a isso, os dados de condutividade elétrica devem ser acompanhados da temperatura na qual foi medida. Para propósitos comparativos de dados de condutividade elétrica, deve ser definida uma das temperaturas de referência (20 °C ou 25 °C) (PINTO, 2007). Quanto maior a concentração de íons numa água, maior será a sua condutividade elétrica. Não existe um valor máximo estabelecido para o parâmetro da condutividade elétrica em uma água potável. (SANTOS, 2000).

#### 3.4.5 Sólidos totais dissolvidos

Os sólidos totais (STD) referem-se a toda matéria que permanece como resíduo no envoltório após a evaporação, secagem ou decomposição térmica de um determinado volume de amostra (CETESB, 2009). Os sólidos dissolvidos são constituídos por partículas de diâmetro inferior a  $10^{-3}$  ( $\mu\text{m}$ ) e que permanecem em solução mesmo após a filtração (FILHO, 2019; SANTOS et al., 2019). Os totais de sólidos dissolvidos são a soma de todos os constituintes químicos dissolvidos na água. Multiplicando-se o valor da condutividade elétrica por um fator que varia entre 0,55 e 0,75 pode-se obter uma estimativa para o valor de STD de uma água (SANTOS, 2000).

A necessidade da análise de sólidos totais dissolvidos se deve ao fato de que em grande ou baixa quantidade, o consumo da água com esses níveis pode acarretar problemas e danos à saúde. Por exemplo, o excesso de magnésio no corpo pode provocar fraqueza muscular, pressão baixa, rubor na face, náuseas e insuficiência respiratória (LIMA et al., 2019).

A água com excessivo teor de sólidos em suspensão ou minerais dissolvidos tem sua utilidade limitada. Uma água com presença de 500 mg/L de STD, geralmente, ainda é viável para uso doméstico, mas provavelmente inadequada para utilização em muitos processos industriais. Água com teor de STD superior a 1000 mg/L torna-se inadequada para consumo humano e possivelmente será corrosiva e até abrasiva (SILVA JÚNIOR, 1999).

Atualmente, o valor máximo permitido para os sólidos totais dissolvidos para a água potável é 500 mg/L.

### 3.5 PARÂMETROS QUÍMICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

#### 3.5.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

Segundo a World Health Organization – WHO (2017), o pH é um dos mais importantes parâmetros operacionais de qualidade da água. O potencial hidrogeniônico é usado universalmente para expressar o grau de acidez ou basicidade de uma solução, ou seja, é a forma de expressar a concentração de íons de hidrogênio na solução. A escala de pH varia de 0 a 14, que denotam graus de acidez e alcalinidade (SANCHES et al., 2010).

Esse parâmetro pode neutralizar os agentes desinfetantes como o hipoclorito de cálcio, o cloro e ácido peracético que são comumente utilizados para remoção dos microrganismos (ARAÚJO, ANDRADE, 2020). O valor do pH não só influencia na dissipação das formas livres e ionizada de vários compostos químicos, como também contribui para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e na determinação do potencial de toxicidade de diversos elementos (CRUZ, 2018). O pH pode sofrer alteração dependendo do tempo de armazenamento e da condição física do reservatório, dada a exposição ambiental e/ou tipo de material utilizado na fabricação dele (MUNIZ, 2013).

O pH é componente do padrão de potabilidade, devendo a água para abastecimento público apresentar valores entre 6,0 e 9,5, de acordo com a Portaria de Consolidação nº 05/2017-MS (BRASIL, 2017).

### 3.5.2 Cloro

O cloro é um desinfetante comumente empregado e considerado eficaz, pois age sobre os microrganismos patogênicos presentes na água. Não é nocivo ao homem na dosagem requerida para desinfecção, é econômico, não altera outras qualidades da água depois de aplicado, não requer operação complexa para sua aplicação e mantém um residual ativo na água, isto é, sua ação continua depois de ser aplicado (BRASIL, 2014). O cloro livre é uma substância reativa e devido a isso sua concentração na água tem uma redução no decorrer da rede de distribuição, podendo haver uma diferença de cloro desde a distribuição até as residências (SALGADO, 2008; FONSECA, 2014)

Devido a isso, a concentração de cloro residual pode atingir valores inferiores ao estipulado na legislação nacional ou em normas internacionais de qualidade da água, ou seja, valores inferiores à concentração mínima desinfetante (0,2 mg/L). Desta forma, a distribuição de água segura fica comprometida, pois esta deixa de cumprir os requisitos de qualidade estabelecidos e pode implicar em riscos de saúde pública. Este problema não pode ser contornado através da adição de cloro em excesso à saída da ETA, pois este procedimento pode levar a problemas de gosto e de odor ou a formação de subprodutos de desinfecção que são prejudiciais para a saúde humana (BLOKKER ET AL., 2014)

O monitoramento do cloro residual livre, assim como outros parâmetros, é estipulado por um plano de amostragem que se torna a principal opção na gestão técnica, inclusive para verificar o atendimento à legislação (BRASIL, 2016). Atualmente, a legislação estabelece os valores para o cloro entre 0,2 a 2 mg/L.

### 3.5.3 Ferro

O estudo dos metais pesados vem sendo considerado prioritário nos programas de promoção da saúde em escala mundial, uma vez que todas as formas de vida podem ser afetadas direta ou indiretamente pela presença desses metais. Muitos deles são essenciais para o crescimento de todos os tipos de organismos, desde bactérias até o ser humano, mas eles são requeridos em baixas concentrações, pois em altas concentrações podem danificar os sistemas biológicos por apresentarem características bioacumulativas no organismo (CELERE et al., 2007).

Os metais pesados são classificados como metal de alta densidade ou com número atômico médio ou alto e tóxico em baixas concentrações. Alguns autores consideram como

metais pesados àqueles com peso atômico superior a 20 e com propriedades metálicas. (AMARAL NETO, 2015). O ferro é um metal pesado de número atômico 26 e massa atômica de 55,85g/mol (GROTTO, 2008). O ferro está presente, naturalmente, em diversos tipos de rochas e solos. É encontrado em estado de oxidação 2, como  $\text{Fe}^{2+}$  e no estado de oxidação 3, como  $\text{Fe}^{3+}$  (ONDIGO et al., 2013).

O homem possui a necessidade diária de consumo de ferro que se estima, em média de 10 a 50 mg/dia (WHO, 2008). A água com ferro é absorvida pelo organismo por meio do trato gastrointestinal, principalmente no intestino delgado (MACHADO; IZUMI; FREITAS, 2005).

Apesar de não existirem evidências de efeitos deletérios ao organismo, a presença de ferro pode ocasionar rejeição da água por quem está consumindo devido à coloração acastanhada que confere à água, além de manchar louças de sanitários e roupas (CARMO et al., 2008). O Ministério da Saúde por meio da portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 estabelece que a concentração de ferro não deve ultrapassar um limite de 0,3 mg/L para garantia da qualidade da água potável.

### 3.5.4 Cloretos

O cloro, na forma de íon cloreto é um dos principais ânions inorgânicos em águas naturais. Em água potável, o sabor produzido pelo íon cloreto varia em função da sua concentração, como também da composição química da água. Assim, águas contendo 250 mg Cl-/L podem ter um sabor salino detectável se o cátion que propicia o equilíbrio iônico da solução for o sódio ( $\text{Na}^+$ ). Enquanto que, no caso do cátion predominante for cálcio ou magnésio, o gosto salino pode ser perceptível somente a concentração de cloreto acima de 1000 ppm (BACCAN, 2001).

A água que contém menos de 250 mg de  $\text{Cl}^-$  /L é satisfatória para diversos fins, como por exemplo, para dessedentação humana. Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que conferem e pelo efeito laxativo que podem provocar. (LUCEMA, 2018). Águas com alta concentração de cloretos não possuem boa aceitação, por possuir sabor salgado. Mas apesar disso, não apresentam riscos à saúde humana, exceto em pessoas que possuem alguma intolerância a esses compostos (CONDE et al., 2017).

O íon Cl pode ser determinado por métodos instrumentais: titulação potenciométrica, calorimetria, cromatografia, ou por titulometria de precipitação, no qual um dos métodos mais conhecidos é o de Morh ou argentométrico (LENZIN et al., 2009).

Os padrões para água potável pública exigem, portanto que os níveis de cloreto que não o exceda 250 mg/L. Existem muitos métodos para medir a concentração de cloreto na água, mas o mais comum é o método de titulação por nitrato de prata (APHA, 2005).

### **3.5.5 Alcalinidade**

A alcalinidade da água é outro parâmetro importante a ser analisado e é medido por meio da quantificação de sais alcalinos, principalmente de sódio e cálcio. Este parâmetro mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos resultantes da presença de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, isto é, a quantidade de substâncias que atuam como um tampão. Se estes estiverem em teores elevados, podem proporcionar sabor desagradável à água. Dessa maneira, para o consumo humano o valor máximo permitido para alcalinidade deve ser inferior a 150 mg.L<sup>-1</sup>, entretanto, até 250 mg.L<sup>-1</sup> é atendível (BEZERRA et al., 2018).

A alcalinidade e o pH estão ligados de forma que águas com alto teor de alcalinidade têm também um pH elevado (ROSALINO, 2011). A alcalinidade de uma amostra de água é a sua capacidade quantitativa de neutralizar um ácido forte até um determinado pH (REIS, 2011). A Portaria MS n ° 518, de 25 de março de 2004 estabelece que para alcalinidade de carbonatos o valor máximo permitido é de 120 mg/L em CaCO<sub>3</sub>, para a alcalinidade de bicarbonatos o valor é de 250 mg/L em CaCO<sub>3</sub> e para a alcalinidade de hidróxidos o valor é zero (BRASIL, 2004). A portaria vigente atual, não estabelece valores padrões para a alcalinidade, mas ainda sim é importante que seja avaliada e estudada.

### **3.5.6 Dureza Total**

A dureza da água é determinada principalmente através da quantidade de íons Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> nas amostras de água. A dureza da água é representada de duas formas, uma por ppm e outra por mg/L. A dureza é composta de duas partes: a dureza temporária (devido à presença de substâncias de bicarbonatos e carbonatos, que podem ser eliminados através de calor) e a dureza permanente (devido à presença de nitratos, cloretos e sulfatos que não são eliminados da mesma forma (SERPA, 2017).

A dureza total é a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, apresentados como carbonato de cálcio. Um volume de água com alta concentração de dureza pode possuir um sabor desagradável e causar efeitos laxativos (SANTOS e MOHR, 2013). A

dureza total da água é quantificada em mg/L de  $\text{CaCO}_3$  e define a quantidade de cálcio da água (ALMEIDA, 2010). Segundo o Ministério da saúde o valor máximo permitido para dureza total deve ser 300 mg/L para garantir o padrão de qualidade de potabilidade da água.

Sais de cálcio e magnésio, em concentrações normais, não representam risco à saúde do ser humano, sendo inclusive recomendados para o crescimento saudável de ossos e dentes; ainda podem oferecer proteção contra algumas doenças, por exemplo, a osteoporose. Os níveis danosos de cálcio e magnésio não são reportados pelas legislações vigentes, sendo feita uma avaliação indireta por meio da dureza. (QUEIROZ E OLIVEIRA, 2018).

### 3.6 PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

#### 3.6.1 Coliformes Totais

Coliformes são bactérias Gram-negativas, que não produzem esporos; são anaeróbias facultativas e se mostram em forma de bastonetes. Os coliformes podem ser classificados como coliformes totais e termotolerantes. Coliformes totais são uma classe de bactérias que possui como principal característica a fermentação de lactose com produção de ácidos, aldeídos e gás a 35°C entre 24 e 48 horas. Coliformes termotolerantes são bactérias de um subgrupo de coliformes totais que possuem a capacidade de fermentar lactose a 44-45°C ( $\pm 0,2\text{ C}$ ) em 24 horas (SANTOS et al., 2014)

Os coliformes totais são representados por quatro gêneros: *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Escherichia*, todos da família Enterobacteriaceae (FRANCO; LANGRAF, 2008). São encontradas frequentemente na microbiota intestinal do ser humano e em animais de sangue quente, sendo que *Escherichia coli* é a principal indicadora de contaminação fecal humana (BRASIL, 2013). A presença de bactérias desse grupo na água é responsável por variadas doenças, sobretudo, as infecções intestinais (LANDA et al., 2019). Essas bactérias são usadas em grande escala nas medições microbiológicas que avaliam a qualidade da água e de alimentos para que as pessoas consumam sem maiores riscos (LIMA et al., 2019).

#### 3.6.2 *Escherichia coli*

A *escherichia coli* é o principal representante das bactérias indicadoras de contaminação fecal, constituindo-se como um coliforme termotolerante, ou seja, possui

capacidade de fermentar lactose a 44-45° C ( $\pm 0,2$ ) em 24 a 48 horas. A ingestão deste microrganismo por meio de água contaminada e alimentos em situações higiênicas precárias podem ocasionar vômitos, febre, mal-estar, diarreia, calafrios, cólica e quadros graves de diarreia sanguinolenta (CRUZ, 2018).

Existem seis categorias patogênicas de *E. coli* que causam infecção intestinal nos homem e animais, sendo denominadas de *E. coli* diarreiogênicas que são diferenciadas pela presença de fatores de virulência como adesinas fimbriais e afimbriais, toxinas e invasinas, e classificadas em: *E. coli* enteropatogênica (EPEC), *E. coli* enterotoxigênica (ETEC), *E. coli* enteroinvasora (EIEC), *E. coli* enterohemorrágica (EHEC) ou *E. coli* produtora da toxina de Shiga (STEC), *E. coli* enteroagregativa (EAEC) e *E. coli* aderente difusa (DAEC) (SOUZA, 2016).

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 MATERIAL**

Para a realização das análises dos parâmetros, foi utilizado um teste de reagente para o ferro da marca ALFAKIT, um teste de reagente para o cloro residual livre chamado Chlorine total ultra HR da marca HANNA e um teste de reagente para as análises dos coliformes totais e *Escherichia coli* chamado COLILERT da marca IDEXX. Para os métodos titulométricos utilizaram-se os indicadores cromato de potássio, fenolftaleína, alaranjado de metila, negro de eriocromo T e murexida somado às soluções de nitrato de prata 0,014 N, ácido sulfúrico 0,02N, solução tampão, EDTA 0,01N e hidróxido de sódio 0,02N.

### **4.2 LOCAL DA PESQUISA**

O presente estudo foi realizado no Laboratório Cernitas - Diagnóstico Veterinário e Análises Ambientais LTDA, localizado na cidade de São Luís no Maranhão. Os experimentos dessa pesquisa foram realizados durante o período de estágio.

### **4.3 INSTRUMENTOS/EQUIPAMENTOS/SOFTWARES UTILIZADOS**

Para as medidas realizadas durante as análises dos procedimentos foram utilizados um espectrômetro modelo HACH-DR3900, um aparelho digital portátil modelo HANNA-HI9811-5, um turbidímetro digital modelo HACH-2100Q e colorímetro portátil digital de modelo HANNA- HI711.

### **4.4 ANÁLISES, MÉTODOS E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS**

#### **4.4.1 Coleta**

Foram coletadas amostras de água durante os meses de maio, junho e julho, de bebedouros localizados em três pontos (entrada, meio e saída) do Centro de Ciências Exatas da UFMA, na cidade de São Luís no Maranhão. Para dar início à coleta, primeiramente às torneiras dos bebedouros foram higienizadas com álcool 70%. Após a limpeza, acionaram-se as torneiras e deixou-se a água escoar por dois ou três minutos. Posteriormente, com frascos

esterilizados e identificados, a água foi coletada com bastante cuidado para evitar qualquer tipo de contaminação cruzada das amostras. Seguindo o mesmo procedimento, foram feitas coletas nos três pontos distintos. Após as coletas, as amostras foram armazenadas em uma caixa térmica com gelo e levadas ao laboratório para dar início às análises.

As análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras de água foram realizadas utilizando os métodos, técnicas e procedimentos oficiais de acordo com as normas ISO/IEC 17025 e Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters, 23ª edição, 2017. Nas Figuras 1 e 2 podem ser verificados os as etapas dos procedimentos de coleta das amostras da água e a localização dos três bebedouros analisados.

Figura 1 – Etapas do procedimento de coleta da água dos bebedouros



Fonte: Próprio autor (2022).

Figura 2 – Bebedouros localizados no CCET analisados durante o procedimento experimental



Fonte: Próprio autor (2022).

#### 4.4.2 Procedimentos para a análise dos parâmetros físicos de qualidade da água

Para a análise da temperatura, condutividade e sólidos totais dissolvidos utilizou-se um aparelho digital portátil modelo HANNA-HI9811-5 de resultado direto. Para a análise da cor aparente, uma pequena quantidade de amostra da água foi coletada para um tubo de ensaio e levada para o espectrômetro modelo HACH-DR3900 onde o resultado da análise foi lido diretamente no aparelho. Para a turbidez, agitou-se levemente a amostra de água e coletou-se uma pequena quantidade para um tubo de ensaio que, posteriormente, foi disposto em turbidímetro digital modelo HACH-2100Q para verificação do resultado. Inicialmente todos os aparelhos foram calibrados com seu padrão de verificação. Todos os métodos e equipamentos utilizados para os parâmetros físicos são apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Referências metodológicas e equipamentos utilizados para as análises físicas

<b>Parâmetro</b>	<b>Referência</b>	<b>Equipamentos</b>
Condutividade	SMEWW 23ª Ed, 2017 Método 2510 B	HAN-HI9811-5
Cor aparente	SMEWW 23ª Ed, 2017 Método 2120 B	HACH-DR3900
Sólidos Totais Dissolvidos	SMEWW 23ª Ed, 2017 Método 4500 H+ B	HAN-HI9811-5
Temperatura	SMEWW 23ª Ed, 2017 Método 2550 B	HAN-HI9811-5
Turbidez	SMEWW 23ª Ed 2017 Método 2130	HACH-2100Q

Fonte: Próprio Autor (2022)

#### 4.4.3 Procedimentos para a análise dos parâmetros químicos de qualidade da água

Para a análise do pH utilizou-se o método potenciométrico. Essa determinação ocorreu através da medição direta do pH por meio do aparelho digital portátil HANNA-HI9811-5. Para a análise do ferro, o método escolhido foi o método do Tiocianato e para a realização dessa análise foi utilizado o ALFAKIT, um kit que consiste em determinar a concentração de ferro total e ferro dissolvido ( $\text{Fe}^{2+}$ ) por meio da reação com íons de tiocianato (reações de tiocianato de potássio com soluções de cloreto de ferro III). Nessa análise, a cor salmão adquirida se dá pela presença dos complexos  $[\text{Fe}(\text{SCN})_3(\text{H}_2\text{O})_3]$  e íons  $[\text{Fe}(\text{SCN})_2(\text{H}_2\text{O})_4]^+$  e  $[\text{Fe}(\text{SCN})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$  formados. (ALFAKIT, 2022) A metodologia utilizada foi a descrita no manual de instruções do ALFAKIT. O resultado obtido para essa análise foi lido através de um espectrômetro modelo HACH-DR3900.

A espectroscopia é amplamente utilizada para determinação de uma grande quantidade de espécies químicas. O princípio da espectroscopia é a interação de uma radiação eletromagnética e a matéria constituinte da amostra. A energia incidente pode ser refletida, transmitida ou absorvida. (HOLLER et al., 2009).

Para a análise do cloro residual livre, foi feito um teste utilizando o reagente Chlorine total ultra HR da marca HANNA. Esse reagente foi adicionado em um tubo de ensaio tamanho pequeno contendo a amostra da água. Logo após o tubo foi inserido em um colorímetro portátil digital de modelo HANNA- HI711 que forneceu os resultados digitais precisos. A reação entre o cloro e o reagente resultou em uma coloração rosada à amostra. Todos os métodos e equipamentos utilizados para esses parâmetros químicos podem ser verificados na Tabela 4.

Tabela 4: Referências metodológicas e equipamentos utilizados para as análises químicas

Parâmetro	Referência	Equipamentos
Cloro Residual Livre	SMEWW, 23ª edição, Método 4500-Cl- G	HANNA- HI711
Ferro	SMEWW, 23ª Edição, Método 3500 Fe	HACH-DR3900
pH	SMEWW 23ª Ed, Método 4500 H+ B	HAN-HI9811-5

Fonte: Próprio Autor (2022).

#### 4.4.3.1 Métodos titulométricos para análise dos cloretos, alcalinidades, dureza total, cálcio e magnésio

Para a quantificação dos cloretos, alcalinidades totais e específicas, dureza total, cálcio e magnésio foram empregados métodos titulométricos, a partir das metodologias apresentadas por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters (2017). Para todas as titulações utilizou-se 25 ml da amostra de água diluída em 25 ml de água deionizada.

Para a quantificação do cloreto, o método utilizado foi o argentométrico ou também conhecido como método de Mohr. O método de Mohr baseia-se na titulação de uma solução de sal de um halogênio (por exemplo, NaCl) com uma solução de  $\text{AgNO}_3$  em presença de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , como indicador (ALESEEV, 1981). Para a realização dessa metodologia, cinco gotas do indicador cromato de potássio foram adicionadas a amostra da água para serem tituladas com a solução de nitrato de prata 0,014 N até a viragem identificada pela cor vermelha. Foi possível calcular a concentração de íons de cloreto das amostras através da seguinte equação (2):

$$\frac{\text{MgCl}^-}{L} = \frac{(A - B) \times N \times 35453}{V_{\text{am}}} \quad (2)$$

Onde:

A= volume da solução de  $\text{AgNO}_3$  em mL gasto para titular na amostra

B= volume da solução de  $\text{AgNO}_3$  em mL gasto para titular no branco

N= normalidade do  $\text{AgNO}_3$

$V_{\text{am}}$ = volume em mL da amostra

Para a análise das alcalinidades, o método de titulação de neutralização ácido/base foi utilizado. Para isso, adicionaram-se três a cinco gotas dos indicadores de fenolftaleína e alaranjado de metila, respectivamente, a amostra de água para serem tituladas com ácido sulfúrico 0,02N até a sua viragem identificada por apresentar uma coloração laranja. Para a identificação da possibilidade da presença de hidróxido e ou carbonato, ao se adicionar o indicador fenolftaleína à amostra, ocorre o surgimento instantâneo de uma coloração rosa. Quando a presença da alcalinidade de hidróxido e carbonato não é identificada, a alcalinidade

de bicarbonato é igual à alcalinidade total. A equação (3) foi utilizada para a quantificação da alcalinidade total:

$$\frac{\text{Mg CaCO}^3}{L} = \frac{A \times N \times 50000}{V_{\text{am}}} \quad (3)$$

Onde:

A= volume da solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> em mL gasto para titular na amostra

N= normalidade do H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

V<sub>am</sub>= volume em mL da amostra

Para a determinação da dureza total, foi utilizado o método titulométrico de complexometria do EDTA. Esse método consiste na adição de cinco gotas de uma solução tampão somada a uma pequena quantidade do indicador negro de eriocromo T a amostra da água que, posteriormente, foi titulada com EDTA até o seu ponto de viragem identificado pela cor azul. Para a obtenção da quantificação da dureza total através do método titulométrico, pode-se utilizar a equação (4):

$$\text{Dureza total} \frac{\text{mg CaCO}^3}{L} = \frac{A \times N \times 1000000}{V_{\text{am}}} \quad (4)$$

Onde:

A = volume da solução padrão de EDTA consumido na titulação da amostra em mL

N = normalidade da solução de EDTA

V<sub>am</sub> = volume da amostra em mL

Para o cálcio, adicionaram-se cinco gotas de hidróxido de sódio e um pouco do indicador murexida a amostra da água, e então se titulou utilizando EDTA até a identificação da sua viragem representada pela cor roxa. Para a quantificação do cálcio utilizou-se a equação (5):

$$\frac{\text{mg Ca}}{\text{L}} = \frac{A \times 400,8}{V_{\text{am}}} \quad (5)$$

Onde:

A = volume da solução padrão de EDTA consumido na titulação da amostra em mL

V<sub>am</sub> = volume da amostra em mL

A quantificação do magnésio foi obtida através da diferença da equação (4) e equação (5), visto que o teor de magnésio é determinado pela diferença entre a dureza total e pelo teor de cálcio na água. Para a quantificação do magnésio, foi utilizada a equação (6) apresentada:

$$\frac{\text{mg Mg}}{\text{L}} = \left[ \text{Dureza total} \left( \frac{\text{mg CaCO}_3}{\text{L}} \right) \right] - \left[ \text{Cálcio Total} \left( \frac{\text{mg Ca}}{\text{L}} \right) \right] \times 0,243 \quad (6)$$

Para os valores de normalidades de todas as soluções usadas nas titulações foram aplicados valores de fator de correção. Todos os métodos utilizados para os métodos titulométricos podem ser verificados na tabela 5.

Tabela 5: Referências metodológicas para as titulações das amostras de água

<b>Parâmetro</b>	<b>Referência</b>
Cálcio	SMEWW 3500 Ca 23ª edição
Magnésio	SMEWW 3500 Mg B 23ª edição
Alcalinidade Bicarbonatos	SMEWW 2320 B 23ª edição
Alcalinidade Carbonatos	SMEWW 2320 B 23ª edição
Alcalinidade Hidróxida	SMEWW 2320 B 23ª edição
Alcalinidade Bicarbonatos	SMEWW 2320 B 23ª edição
Alcalinidade Total	SMEWW 2320 B 23ª edição
Cloretos	SMEWW 4500-Cl- B 23ª edição
Dureza Total	SMEWW 2340 C 23ª edição

Fonte: Próprio Autor (2022).

#### 4.4.3 Procedimentos para análise dos parâmetros microbiológicos de qualidade da água

Para dar início à análise qualitativa dos Coliformes totais e *Escherichia coli*, primeiramente, foi feita a higienização e assepsia da bancada com hipoclorito de sódio e álcool 70%, respectivamente. Após a limpeza, a chama do bico de Bunsen foi ligada. As amostras foram, também, higienizadas com álcool 70%, e durante todo o procedimento utilizaram-se luvas, máscara, jaleco, propés e touca. Tanto para a análise dos Coliformes totais como para *Escherichia Coli* utilizou-se o reagente COLILERT/IDEXX, que conta com a exclusiva Tecnologia do Substrato Definido – DST.

Para essa análise, é utilizado um substrato cromogênico que ao ser hidrolisado pelas enzimas específicas dos coliformes totais ( $\beta$  galactosidade) e E.coli ( $\beta$  glucuronidase), ocasionam mudança de cor no meio (amostra) para amarelo, após um período de 24 horas de incubação (FUNASA, 2013). Após as 24 hora de incubação na estufa foi possível verificar facilmente se a amostra era positiva ou não para coliformes totais. Para a análise da *Escherichia coli* fez-se necessário à utilização da lâmpada UV (365nm), visto que a confirmação para a presença de E.coli na água é verificada a partir da fluorescência esverdeada atribuída a amostra. Os procedimentos da análise microbiológica em laboratório podem ser observados na Figura 3.

Figura 3 – Procedimentos das análises microbiológica em laboratório



Fonte: Próprio autor (2022).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ESTUDO DOS PARÂMETROS FÍSICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Os resultados para o estudo dos parâmetros físicos de qualidade da água para os meses de maio, junho e julho e os seus valores máximos permitidos pelas portarias vigentes podem ser observados nas Tabelas 6, 7 e 8:

Tabela 6: Resultados analíticos dos parâmetros físicos do mês de maio

<b>Parâmetro</b>	<b>Bebedouro 1</b>	<b>Bebedouro 2</b>	<b>Bebedouro 3</b>	<b>VMP</b>
Condutividade ( $\mu\text{S/cm}$ )	130	120	490	-
Cor aparente (PtCo/L)	1	1	1	15
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	60	50	240	500
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	22,2	22,1	22,1	-
Turbidez (NTU)	0,83	0,35	0,35	5

Fonte: Próprio Autor (2022).

Tabela 7: Resultados analíticos dos parâmetros físicos do mês de junho

<b>Parâmetro</b>	<b>Bebedouro 1</b>	<b>Bebedouro 2</b>	<b>Bebedouro 3</b>	<b>VMP</b>
Condutividade ( $\mu\text{S/cm}$ )	140	130	510	-
Cor aparente (PtCo/L)	1	1	1	15
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	60	60	250	500
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	23,8	23,8	22,9	-
Turbidez (NTU)	0,58	0,47	0,61	5

Fonte: Próprio Autor (2022).

Tabela 8: Resultados analíticos dos parâmetros físicos do mês de julho

<b>Parâmetro</b>	<b>Bebedouro 1</b>	<b>Bebedouro 2</b>	<b>Bebedouro 3</b>	<b>VMP</b>
Condutividade ( $\mu\text{S/cm}$ )	150	170	470	-
Cor aparente (PtCo/L)	1	1	1	15
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	70	70	240	500
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	26,5	26,1	26,7	-
Turbidez (NTU)	0,44	0,52	0,21	5

Fonte: Próprio Autor (2022).

É importante observar que a condutividade e a temperatura não possuem valores máximos permitidos pré-estabelecidos, no entanto, ainda assim é importante que suas análises sejam efetuadas, uma vez que esses parâmetros podem influenciar diretamente outros parâmetros como oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos. Segundo Heller e Pádua, temperaturas elevadas permitem o aumento do potencial de crescimento de microrganismos, além de serem desagradáveis ao paladar. A condutividade elétrica da água, por sua vez, é

determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions sendo, portanto, a capacidade de a água transmitir corrente elétrica (SANTOS, 2007).

Quanto maior a quantidade de íons presente na água, maior será a capacidade de conduzir corrente elétrica, e quanto maior a condutividade elétrica maior será a possibilidade de contaminação da água. A condutividade precisa necessariamente ser verificada juntamente com a temperatura, uma vez que a temperatura irá influenciar diretamente no seu resultado. Também deve ser analisada em relação aos valores dos sólidos totais dissolvidos, visto que maior quantidade de sólidos totais dissolvidos na água, maior será a sua condutividade elétrica.

É possível observar que o bebedouro 3, durante os meses de maio, junho e julho apresentou, respectivamente, valores de 240, 250 e 240 mg/L que representaram os maiores valores de sólidos totais dissolvidos durante as análises, e conseqüentemente os maiores valores de condutividade também em relação aos demais bebedouros. E isso pode ser explicado pelo fato do bebedouro 3 ser aparentemente o bebedouro mais antigo, o que pode significar tubulações metálicas mais corroídas que normalmente liberam maiores quantidade íons metálicos na água. Apesar dessa hipótese, todos os três bebedouros ainda assim estão de acordo com o valor máximo permitido para esse parâmetro.

A cor aparente e turbidez são parâmetros importantes para a análise de qualidade da água, e normalmente são analisados e estudados em conjunto. Os três bebedouros não ultrapassaram esses limites.

Logo mediante ao estudo dos parâmetros físicos de qualidade da água, as amostras de água dos três bebedouros analisados durante os meses de maio, junho e julho atendem aos padrões estabelecidos quanto aos parâmetros analisados.

## 5.2 ESTUDO DOS PARÂMETROS QUÍMICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Os resultados para o estudo dos parâmetros químicos de qualidade da água para os meses de maio, junho e julho e os seus valores máximos permitidos pelas portarias vigentes podem ser observados nas Tabelas 9, 10 e 11:

Tabela 9: Resultados analíticos dos parâmetros químicos do mês de maio

<b>Parâmetro</b>	<b>Bebedouro 1</b>	<b>Bebedouro 2</b>	<b>Bebedouro 3</b>	<b>VMP</b>
Alcalinidade Bicarbonatos (mg/L)	22,08	22,08	131,92	-
Alcalinidade Carbonatos (mg/L)	0	0	0	-
Alcalinidade Hidróxida (mg/L)	0	0	0	-

Alcalinidade Total (mg/L)	22,08	22,08	131,92	-
Cálcio (mg/L)	8,17	11,44	27,8	-
Cloretos (mg/L)	30,8	31,96	33,84	250
Cloro Residual Livre (mg/L)	0,1	0,1	0,1	0,2 a 5,0
Dureza Total (mg/L)	20,04	28,56	155,04	300
Ferro (mg/L)	0,1	0,1	0,1	0,3
Magnésio (mg/L)	3,03	4,27	20,84	-
pH	6,2	6,3	6,3	6,0 a 9,0

Fonte: Próprio Autor (2022).

Tabela 10: Resultados analíticos dos parâmetros químicos do mês de junho

<b>Parâmetro</b>	<b>Bebedouro 1</b>	<b>Bebedouro 2</b>	<b>Bebedouro 3</b>	<b>VMP</b>
Alcalinidade Bicarbonatos (mg/L)	47,84	44,16	191,36	-
Alcalinidade Carbonatos (mg/L)	0	0	0	-
Alcalinidade Hidróxida (mg/L)	0	0	0	-
Alcalinidade Total (mg/L)	47,84	44,16	191,36	-
Cálcio (mg/L)	10,02	10,05	35,98	-
Cloretos (mg/L)	34,96	36,8	36,8	250
Cloro Residual Livre (mg/L)	0,1	0,1	0,1	0,2 a 5,0
Dureza Total (mg/L)	32,64	40,8	150,96	300
Ferro (mg/L)	0,1	0,1	0,1	0,3
Magnésio (mg/L)	5,6	7,62	14,88	-
pH	6,6	6,9	6,5	6,0 a 9,0

Fonte: Próprio Autor (2022).

Tabela 11: Resultados analíticos dos parâmetros químicos do mês de julho

<b>Parâmetro</b>	<b>Bebedouro 1</b>	<b>Bebedouro 2</b>	<b>Bebedouro 3</b>	<b>VMP</b>
Alcalinidade Bicarbonatos (mg/L)	48	56	160	-
Alcalinidade Carbonatos (mg/L)	0	0	0	-
Alcalinidade Hidróxida (mg/L)	0	0	0	-
Alcalinidade Total (mg/L)	48	56	160	-
Cálcio (mg/L)	24,53	19,62	31,08	-
Cloretos (mg/L)	31,96	31,96	30,27	250
Cloro Residual Livre (mg/L)	0,1	0,1	0,1	0,2 a 5,0
Dureza Total (mg/L)	77,52	65,28	216,24	300
Ferro (mg/L)	0,1	0,1	0,1	0,3
Magnésio (mg/L)	12,71	10,95	44,99	-
pH	6,0	6,3	6,4	6,0 a 9,0

Fonte: Próprio Autor (2022).

Os três bebedouros atenderam o padrão estabelecido em relação ao potencial hidrogeniônico.

O cloro é um agente químico muito utilizado para a desinfecção da água. No entanto, a reação do cloro com alguns compostos orgânicos pode resultar na formação de subprodutos que podem ter efeitos negativos à saúde humana. Porém, a substituição do cloro por outro desinfetante no tratamento da água pode trazer mais riscos do que benefícios. A diminuição da incidência de doenças transmissíveis pela água somente foi alcançada com a difusão do emprego da técnica da cloração (DANIEL et al., 2001; MEYER, 1994). Diante do exposto se faz necessário a utilização do cloro para garantir a desinfecção da água, no entanto, para evitar as reações químicas do cloro com outros produtos e para manter a qualidade da água, é fundamental que haja um controle em relação à quantidade do produto a ser utilizado. Portanto, de acordo com a legislação vigente o valor permitido para a utilização do cloro na água potável é entre 0,2 a 5,0 mg/L. Como os pontos de coleta da água são bebedouros, considera-se aceitável o cloro residual ser 0,01 mg/L nos três bebedouros analisados, visto que a água fornecida é obtida através das ETA, e pelo fato dos bebedouros possuírem purificador, pode ser que isso acabe diminuindo a concentração de algumas substâncias presentes nessa água.

O valor máximo permitido para o ferro é 0,3 mg/L, logo os três bebedouros analisados atenderam esse a padrão, visto que apresentaram igualmente valores aproximadamente igual a 0,1 mg/L.

O íon cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) é um dos principais ânions inorgânicos presentes nas águas, principalmente nas águas residuárias. A composição química da água potável varia dependendo da concentração de cloretos, produzindo um sabor salgado. A maior concentração de cloreto em águas residuárias domésticas ocorre devido ao cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ) substância presente na alimentação humana (SILVA, 2001).

A alcalinidade atua como uma solução tampão tendo como principal função regular o pH, além de influenciar na diminuição do potencial de toxidade presente na água. Logo, é necessário que haja um controle e monitoramento adequado.

O teor de dureza da água é determinado pela concentração de íons de cálcio e magnésio presentes na água, se em grande quantidade pode resultar em diversos problemas, apesar de não ser prejudicial à saúde humana. No entanto, as impurezas da água podem originar sérios problemas operacionais, devido à formação de depósitos, incrustações em várias superfícies e corrosão de metais, diminuindo a eficiência dos processos de higienização nos equipamentos (FEIJÓ et al, 2002).

Os cloretos, alcalinidades, dureza total, cálcio e magnésio analisados nas amostras, atenderam os critérios exigidos pela legislação. Os valores quantitativos para os cloretos e dureza, não ultrapassaram os valores máximos exigidos iguais 250 e 300 mg/L, respectivamente.

Logo de acordo com os valores quantitativos dos parâmetros químicos de qualidade da água, as amostras de água dos três bebedouros analisados durante os meses de maio, junho e julho atendem aos padrões estabelecidos pela legislação vigente.

### 5.3 ESTUDO DOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

O presente trabalho analisou a presença dos coliformes totais e *Escherichia coli* em uma amostra de 100 mL da água dos bebedouros. Os resultados para o estudo dos parâmetros microbiológicos de qualidade da água para os meses de maio, junho e julho e seus os valores máximos permitidos pelas portarias vigentes podem ser observados nas Tabelas 12, 13 e 14:

Tabela 12: Resultados qualitativos dos parâmetros microbiológicos do mês de maio

<b>Parâmetro</b>	<b>Bebedouro 1</b>	<b>Bebedouro 2</b>	<b>Bebedouro 3</b>	<b>VMP</b>
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Ausência	Presença	Ausência	Ausência
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

Fonte: Próprio Autor (2022).

Tabela 13: Resultados qualitativos dos parâmetros microbiológicos do mês de junho

<b>Parâmetro</b>	<b>Bebedouro 1</b>	<b>Bebedouro 2</b>	<b>Bebedouro 3</b>	<b>VMP</b>
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Ausência	Presença	Ausência	Ausência
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

Fonte: Próprio Autor (2022).

Tabela 14: Resultados qualitativos dos parâmetros microbiológicos do mês de julho

<b>Parâmetro</b>	<b>Bebedouro 1</b>	<b>Bebedouro 2</b>	<b>Bebedouro 3</b>	<b>VMP</b>
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Ausência	Presença	Ausência	Ausência
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

Fonte: Próprio Autor (2022).

É possível observar que os bebedouros 1 e 3 durante os meses de maio, junho e julho atendem aos padrões de potabilidade quanto aos critérios microbiológicos estabelecidos na legislação. Já o bebedouro número 2, testou positivo quanto à presença de coliformes totais para os meses estudados, não atendendo ao padrão estabelecido. Uma hipótese para a presença de Coliformes totais no bebedouro 2 seria a falta de manutenção e limpeza, visto que

comparado aos demais bebedouros era o que visivelmente apresentava mais problemas, como é possível observar na Figura 4.

Figura 4 – Bebedouro com presença de coliformes totais



Fonte: Próprio Autor (2022).

## 5 CONCLUSÃO

De acordo com a análise dos resultados, foi possível determinar e avaliar todos os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, temperatura, condutividade, sólidos totais dissolvidos, cor aparente, turbidez, ferro, cloretos, cloro residual livre, dureza total, cálcio, magnésio, alcalinidade total e específicas e analisar as características microbiológicas da água, como a presença ou ausência de Coliformes totais e *Escherichia coli* proveniente dos bebedouros. A partir dessas análises foi possível verificar se os parâmetros estavam de acordo com a portaria vigente do Ministério da Saúde.

Com os resultados, foi possível observar que quase todos os bebedouros estavam em consonância com padrões exigidos, exceção feita ao parâmetro microbiológico de coliformes totais analisado no bebedouro número 2, durante os meses de maio, junho e julho, que apresentou desconformidade com a legislação.

Diante do exposto, estudos como esses são de grande importância por tratar de um assunto que envolve saúde pública. A ingestão de água que não está dentro das diretrizes de qualidade para o consumo humano pode ser responsável por causar diversas doenças às pessoas. Logo à análise desses parâmetros e a divulgação dos resultados é fundamental para exigir o fornecimento de uma água potável de qualidade.

## REFERÊNCIAS

ALESÉEV, V. **Análise Quantitativa**. Lisboa: Lopes da Silva, 1981.

ALFAKIT. Alfakit, Spectro Kit Ferro Total, II e III, c2022f. **Spectro Kit Ferro Total, II e III**, 2022. Disponível em: <<https://alfakit.com.br/produtos/spectro-kit-ferro-total-ii-e-iii-cod-221/>>. Acesso em: 10 de abril de 2022.

ALMEIDA, A. G. et al. **ANÁLISE MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE BEBEDOUROS EM UNIDADES DE ENSINO NO MUNICÍPIO DE ILHÉUSBA**. Revista de Saúde e Biologia, v.12, n.2, p.20-26, mai./ago., 2017.

ALVES, L. S. **Desenvolvimento de Medidor de Qualidade da Água através da Condutividade Elétrica**. 12f. Dissertação (Diplomação em Engenharia Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

AMARAL NETO, **Efeitos dos metais pesados na saúde humana**, 2015.

APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21st ed. Baltimore: United Book Press, 2005.

APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23st ed. Baltimore: United Book Press, 2017.

ARAUJO, D. L et al. **Qualidade Físico-Química e Microbiológica da Água Utilizada em Bebedouros de Instituições de Ensino no Brasil: Revisão Sistemática da Literatura**. Braz. J. Hea. Rev., Curitiba, v. 3, n. 4, p. 7301-7324 jul./aug. 2020. ISSN 2595-6825, 2020.

ARAUJO, T. M. et al. **Análise bacteriológica da água consumida em escolas públicas na capital de Boa Vista-Rr**. In: 62ª Reunião Anual da SBPC. Universidade Federal do Rio Grande do Norte Natal. 2014.

ARAUJO, G. F. R.; ALVES, R. I. S.; TONANI, K. A. A.; RAGAZZI, M. F.; JULIÃO, F. C.; SAMPAIO, C. F.; CARDOSO, O. O.; SEGURA-MUÑOZ, S. I. **Qualidade físico-química e**

**microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no estado de São Paulo.** O Mundo da Saúde, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 98- 104, 2011.

BACCAN, N. e outros. **Química Analítica Quantitativa Elementar.** São Paulo: Edgar Blucher Ltda., 2001.

BACCI, D. de L. C., & Pataca, E. M. **Educação para a água.** Estudos Avançados, 2008.

BARBARA, L et al. (2010): **Ambientes desglaciais no leste da Baía de Prydz, Antártica Oriental.** *Quaternary Science Reviews*, 29, 2731-2740, < <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.06.027> > acesso 12 julho 2022.

BEZERRA, A. D. A. et al. **Análise situacional da qualidade de água subterrânea oriunda de poços da região metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil.** Acta Biomedica Brasiliensia, v. 9, n. 1, p. 94-104, 2018.

BEZERRA, A. D. A. et al. **Análise da potabilidade de água de chafarizes de dois bairros do município de Fortaleza, Ceará.** Acta Biomedica Brasiliensia, v. 8, p. 24-34, 2017.

BIRKHEUER, C. de F. et al. **QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE CONSUMO HUMANO E ANIMAL DO BRASIL: ANÁLISE SISTEMÁTICA.** Caderno pedagógico, Lajeado, v. 14, n. 1, p. 134-145, 2017.

BLOKKER, E.J.M. et al. **Cloro residual nas extremidades do sistema de distribuição de água potável: a influência das demandas de água estocástica,** 2014.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento.** 3º Ed. Ver. Brasília: FUNASA. 408 P, 2006.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011.**

BRASIL, Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. 4ª ed., 150 p, Funasa, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 de setembro de 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS n.º 518/2004** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

CARMO, R. F. **Vigilância da qualidade da água para consumo humano: abordagem qualitativa da identificação de perigos**. Vol. 13 – N 4 - out/dez, 2008.

CELERE, M.S. et al. **Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 23(4):939-947, abr, 2007.

CETESB - **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Índice de qualidade da água, 2007**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wpcontent/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndice-C-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas-2.pdf>. Acesso em: 24 de maio de 2022.

COMIMITEE ON ODORS FROM STATIONARY AND MOBILE SOURCES. **Odors from Stationary and Mobile Sources**. National Research Council, Washington, D.C., p.149, 1979.

CONDE, T. T. et al. **ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM ESCOLAS ESTADUAIS LOCALIZADAS NO MUNICÍPIO DE ARIQUEMES – RO. RBCA | v. 6 n. 1 | jan. – abr. | 2017**.

CORREIA, A.; BARROS, E.; SILVA, J.; RAMALHO, J. **Análise da Turbidez da Água em Diferentes Estados de Tratamento**. VIII ERMAC, 8 Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.

COUTO, J. L. V. **Turbidez da água**, 2012. Disponível em: <Limnologia/Parâmetros/Físicos/Turbidez (ufrj.br)> Acesso em: 29 março 2022.

CRUZ, G. J. R. **Parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água dos bebedouros de escolas públicas estaduais de tempo integral de Teresina- Pi**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Teresina, 2018.

CUNHA, H. F. A.; LIMA, D. C. I.; BRITO, P. N. F.; CUNHA, A. C.; JUNIOR, A. M. S.; BRITO, D. C. **Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação**. *Revista Ambiente e Agua*, v. 7, n. 3, p. 155-165, 2012.

DANIEL HM, et al. **Análise parcial da sequência do gene actin e seu potencial para estudar a filogenia da espécie Candida e seus telemorfos**. *Int J Syst Evol Microbiol* 51(Pt 4):1593-1606. (2001).

DANTAS, A. K. D.; SOUZA, C.; FERREIRA, M. S.; ANDRADE, M. A. D.; WATANABE, E. **Qualidade microbiológica da água de bebedouros destinada ao consumo humano**. *Revista Biociências*. v.16,n.2,p.132-140, 2010.

DASSOLER, D.; VALVASSORI NETO, D.; MADEIRA, F.T.; MELO, A.R.; CAMPOS, D.P. **Verificação da Potabilidade da Água na Residência de um Morador do Bairro Beatriz em Maracajá/SC**. *Revista Científica Química Geral*, v. 1, n. 1. 2015

FEIJÓ, L. D.; PINHEIRO, C. A.; SILVA, A. C. O.; CERQUEIRA, M. M. O. P.; SOUZA, M. R.; PENNA, C. F. A. M. **Caminhões de Coleta a Granel: Monitoramento da Qualidade do Leite, da Higienização do Mangote e da Superfície do Caminhão Tanque**. In: XIX Congresso Nacional de Laticínios. 2002, Juiz de Fora - MG. Anais... Juiz de Fora: Instituto de Laticínios Cândido Tostes, 2002.

FILHO, D. **Caracterização da qualidade da água de Pau dos Ferros quanto a parâmetros físico-químicos**. Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2019. <<http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/2256>> acesso em 20 março 2022.

FONSECA, D. L. **Modelagem hidráulica e de cloro residual em redes de distribuição de água: uma discussão sobre a implementação de modelos detalhados**. 2014. Trabalho de conclusão de curso. (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro/Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2014.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Potenciais fatores de risco à saúde decorrente da presença de subprodutos de cloração na água utilizada para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.

FRANCO, B. D. G. M.; LANGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008.

FREITAS, M.B. & FREITAS, C.M. **A vigilância da qualidade da água para consumo humano – desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde**. *Ciência & Saúde Coletiva*, 10(4):993-1004, 2005.

FUNASA, **Manual prático de análise de água**. 4ed. Brasília, 2013.

GOBIRA, C. A.; DUARTE, S. F. P. **Qualidade da água do Rio Ribeirão das Pedras e a água tratada para consumo no Município de Mata Verde-MG: Uma Análise Comparativa dos Fatores Físicos-Químicos e Microbiológicos**. *Id on Line Rev. Mult. Psic.* v.12, n. 40. 2018.

LANDA, G. G. et al. **Avaliação do uso do cercamento como método de preservação de nascentes e da qualidade dos mananciais**. *Acta Biologica Brasiliensia*, v.2, n.1 ISSN online 2596-0016, 2019.

LIMA, A.R. de, Santos, R. da C. e Silva, G.C. da. 2020. **Avaliação da qualidade da água em bebedouros em escolas de Ensino Fundamental I de cidade do Sertão do Pajeú-PE.** Revista Brasileira de Educação e Saúde. 2020.

LIMA et al. **Avaliação de parâmetros de potabilidade da água e de consumo do Instituto Federal Catarinense-Campus Araquari.** Instituto Federal Catarinense – Campus Araquari, 2019.

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

LUCEMA. **Química da água subterrânea.** Disponível em: <http://www.lucema.com.br/index.php/noticias/41quimica-da-agua-subterranea>. Acesso: 10 abril 2022.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. de. **Abastecimento de água para consumo humano.** 2. ed. rev. e atual. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2010.

MACÊDO, J. A. B. **Águas e Águas.** Belo Horizonte-MG: CRQ-MG, 2004.

MACHADO, IZUMI & FREITAS. **BASES MOLECULARES DA ABSORÇÃO DO FERRO.** Alim. Nutr., Araraquara v.16, n.3, jul./set. 2005.

MARQUES, M. N.;COTRIM, M. B.; PIRES, M. A. F. **Avaliação do Impacto da Agricultura em Áreas de Proteção Ambiental, Pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo.** Revista Química Nova, V. 30., N. 5. 2007.

MEYER, S.T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 99-110, mar. 1994.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria de Consolidação n. 5, de 28 de setembro de 2017. Anexo XX – Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Brasília, 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano.** Brasília: Ministério da Saúde. 212 p. (Série B. Textos Básicos de Saúde) 2006.

MONTEIRO, I. H. et a. **AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA DA ÁGUA OFERECIDA EM BEBEDOUROS DE INSTITUIÇÕES DE ENSINO DO MUNICÍPIO DE RIO CASCA – MG.** I Seminário Científico da FACIG – 29, 30 e 31 de Outubro de 2015.

MORAIS, W. A.; SALEH, B. B.; ALVES, W. S.; AQUINO, D. S. **Qualidade sanitária da água distribuída para abastecimento público em Rio Verde, Goiás, Brasil.** Cadernos Saúde Coletiva, v.24, n.3, p.361- 367. 2016.

MUNIZ, J. M. **Avaliação microbiológica, física e química da água de escolas públicas municipais de Uberaba – MG.** Dissertação (Mestrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – Campus Uberaba. Uberaba, 2013.

NETO, S. E. de S. **QUALIDADE DA ÁGUA FORNECIDA À POPULAÇÃO DE AREIA, PB. DISSERTAÇÃO.** Campina Grande, PB. FEVEREIRO-2013.

NEVES, A. A. M. et al. **Avaliação físico-química e parasitológica de águas de bebedouros de uma instituição de ensino superior de Sobral-CE.** Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v. 14, n. 2, p. 8, 2016.

NEVES, A. M. et al. **AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E PARASITOLÓGICA DE ÁGUAS DE BEBEDOUROS DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR DE SOBRAL-CE.** Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, v. 14, n. 2, p. 142-149, ago./dez. 2016.

NGUYEN, D., SUHADY, L., EATON, A. **Faster, better, cheaper – the use of solid phase micro-extraction (SPME) for taste and odor analysis**. American Water Works Association, 1999.

NOLASCO, G. M.; Gama, E. M.; Reis, B. M.; Reis, A. C. P.; Gomes, F. J. S.; Matos, R. P. **Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG**. Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 52–64, DOI: 10.46636/recital.v2i2.60. 2020.

OLIVEIRA, E. J. C. et al. **ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE BEBEDOUROS DE ESCOLAS MUNICIPAIS NA CIDADE DE JARDIM – CEARÁ**. Visão Acadêmica, Curitiba, v.20 n.1, Jan. - Mar./2019 - ISSN 1518-8361. 2019.

ONDIGO et al. **Sonda colorimétrica à base de nanofibra eletrospun para detecção rápida de Fe na água<sup>2+</sup>**. Analytica Chimica Acta Volume 804, 4 de dezembro de 2013.

PACA, J. M. et al. **Quality assessment of water intended for human consumption from Kwanza, Dande and Bengo rivers (Angola)**. Environmental Pollution, 2019.

PÁDUA, L. H. V. L. **Remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**. 1ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

PÁDUA, L. H. V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. [s.ed]. Belo Horizonte: UFMG, 2006.

PANDIT, A. B.; KUMAR, J. K. Clean Water for Developing Countries. **Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering**, v. 6, n. 1, p. 217–246, 2015.

PINTO, M. C. F. **Manual medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido**. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2007. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao\\_territorial/geologia\\_medica/manual\\_medicoes\\_T\\_%20pH\\_OD.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/geologia_medica/manual_medicoes_T_%20pH_OD.pdf). Acesso em: 10 abril 2022.

PINTO, M. C. F. **Manual medição in loco**. Site da CPRM, 2007. Disponível em: Acesso em: 15 maio 2022.

QUEIROZ, M, T; OLIVEIRA P. L, C. 2018 **Qualidade da água em comunidades quilombolas do Vão Grande, município de Barra do Bugres (MT)**. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/BmD74Jt9sgWTyTLXSrCHgxt/?format=pdf>>. Acesso em: 15 junho 2022.

REIS, D. **Relatório de alcalinidade e dureza**. 2011. - Avaliar os parâmetros físico-químicos. Docsity. Acesso em: 02 maio 2022.

ROSALINO, M. R. R. **Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente, Perfil Sanitária) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2011.

SALGADO, S. R. T. **Estudo dos Parâmetros de Decaimento do Cloro Residual em Sistema de Distribuição de Água Tratada Considerando Vazamento**. 2008. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2008.

SANCHES, S. M; VIEIRA, E. M.; PRADO, E. L.; TAKAYANAGUI, A. M. M. **Qualidade da água de abastecimento público de Ribeirão Preto em área de abrangência do Aquífero Guarani: determinação de metais e nitrato**. *Ambi-Agua*, Taubaté, v 5, n. 2, 2010. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.148>).

SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, Fernando Antonio Carneiro; MANOEL FILHO, João (Org). **Hidrogeologia: Conceitos e aplicações**. 2. ed. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 2000. Cap. 5, p. 81-108. 2000.

SANTOS, Jarbas R. dos. **Aspectos físico-químicos e metais pesados na água e sedimento do Rio Verruga no município de Vitória da Conquista – Ba**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Área de Concentração – Química Analítica. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. p. 38 e 62. Jequié – BA, 2007.

SANTOS, R. S.; MOHR, T. **Saúde e qualidade da água: análises microbiológicas e físico-químicas em águas subterrâneas**. Revista contexto & Saúde, IJUÍ, v. 13, n. 24-25, p. 46-53, 2013.

SANTOS, M. C. et al. **Determinação de propriedades físico-químicas de águas do chafariz do município de Cuité-PB**. Educação, Ciência e Saúde, v. 6, n. 1, p. 19, 2019.

SILVA, A.B et al. **ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE BEBEDOUROS NAS ESCOLAS PÚBLICAS DA CIDADE DE ESPERANÇA/PB**. SAJEBTT, Rio Branco, UFACv.6, n.1, p. 15-26, 2019ISSN: 2446-4821, 2021.

SILVA, A. K. S.; LISBÔA, C. G. C.; OLIVEIRA, A. P. **Avaliação físico-química e microbiológica da água utilizada na preparação de merendas escolares de três escolas do município de Missão Velha-CE**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS ÁGRARIAS, 2, 2017, Natal. Anais [...]. Natal: COINTER, 2017.

SILVA JÚNIOR, L. G. A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. **Composição Química de Águas do Cristalino do Nordeste Brasileiro**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 11-17, 1999.

SILVA, R. R. et al. **Avaliação da qualidade microbiológica e físico-química da água de um trecho do Rio Capibaribe, no município de São Lourenço da Mata, Pernambuco, Brasil**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 7, n. 6, p. 62847-62866 jun. 2021.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. **Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias**. Campina Grande: O autor, 2001.

TRINDADE, G. de A. et al. **Avaliação da qualidade da água em três Escolas Públicas da Cidade de Macapá, Amapá**. Biota Amazônia, v. 5, n. 1, p. 7, 2015.

VASCONCELOS, A. V.; SILVA, M. R. **Avaliação físico-química e microbiológica da qualidade da água de pequenos laticínios da região de Francisco Beltrão / PR. 2012**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2012.

WHO - World Health Organization. **Guidelines for Drinking-water Quality**. ed. 40, 2017.

XAVIER, M, V, S et al. **Parâmetros de potabilidade da água para o consumo humano: uma revisão integrativa**. Research, Society and Development, v. 11, n. 1, e42511125118, 2022 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409, 2022.