



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ  
PRO-REITORIA DE GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
COLEGIADO DO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

**BEATRIZ DE FÁTIMA MENDES MONTEIRO**

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA UTILIZADA PELA  
COMUNIDADE ESTUDANTIL DA ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO FUNDAMENTAL  
E MÉDIO AUGUSTO DOS ANJOS NO BAIRRO DO LAGUINHO NA CIDADE MACAPÁ,  
AMAPÁ.

MACAPÁ-AP  
2025

**BEATRIZ DE FÁTIMA MENDES MONTEIRO**

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA UTILIZADA PELA  
COMUNIDADE ESTUDANTIL DA ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO FUNDAMENTAL  
E MÉDIO AUGUSTO DOS ANJOS NO BAIRRO DO LAGUINHO NA CIDADE MACAPÁ,  
AMAPÁ.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Colegiado do Curso de Licenciatura em  
Química, como requisito final da disciplina  
TCC II para obtenção do grau de Licenciada  
em Química

Área de Concentração: Ensino de Química  
Orientador: Prof. Dr. Joel Estevão de Melo  
Diniz

MACAPÁ-AP  
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP  
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

---

M775a Monteiro, Beatriz de Fatima Mendes.

Análise físico-química e microbiológica da água utilizada pela comunidade estudantil da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Augusto dos Anjos no bairro do Laguinho na cidade Macapá, Amapá / Beatriz de Fatima Mendes Monteiro. - Macapá, 2025.

1 recurso eletrônico.

45 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Licenciatura em Química, Macapá, 2025.

Orientador: Joel Estevão de Melo Diniz.

Coorientador: .

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Qualidade da água. 2. Análise físico-química. 3. Conama. I. Diniz, Joel Estevão de Melo, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 363.7394

---

MONTEIRO, Beatriz de Fatima Mendes. **Análise físico-química e microbiológica da água utilizada pela comunidade estudantil da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Augusto dos Anjos no bairro do Laguinho na cidade Macapá, Amapá.** Orientador: Joel Estevão de Melo Diniz. 2025. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Licenciatura em Química. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2025.

**BEATRIZ DE FÁTIMA MENDES MONTEIRO**

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA UTILIZADA PELA  
COMUNIDADE ESTUDANTIL DA ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO FUNDAMENTAL  
E MÉDIO AUGUSTO DOS ANJOS NO BAIRRO DO LAGUINHO NA CIDADE MACAPÁ,  
AMAPÁ.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Colegiado do Curso de Licenciatura em  
Química, como requisito final da disciplina  
TCC II para obtenção do grau de Licenciada  
em Química  
Área de Concentração: Ensino de Química  
Orientador: Prof. Dr. Joel Estevão de Melo  
Diniz

DATA DE APROVAÇÃO:20/06/2025

---

Prof. Dr. Joel Estevão de Melo Diniz - Orientador - UNIFAP.

---

Prof. Dr. Alex de Nazaré de Oliveira - Membro 01 - UNIFAP.

---

Prof. Dr. Victor Hugo de Souza Marinho - Membro 02 - UNIFAP.

MACAPÁ-AP  
2025

Dedico esse trabalho à DEUS, aos meus irmãos e minha tia Rosilene que sempre estiveram ao meu lado em toda minha trajetória acadêmica, mas em especial aos meus pais, que sempre me encorajaram a correr atrás dos meus sonhos e por serem a minha maior motivação na vida.

## AGRADECIMENTOS

A DEUS pela força e perseverança. Aos meus pais, Waldenor Monteiro e Rosangela Mendes por todo apoio e incentivo aos meus estudos, sou grata por todo o esforço de vocês para que eu sempre pudesse focar nos meus estudos e sempre terem priorizado minha educação. A minha tia Rosilene Mendes que sempre me incentivou durante muito tempo e minha grande inspiração como professora. A meus irmãos Renan, Emanuely e Bianca que apostaram que um dia eu venceria essa batalha. Eu sou muito sortuda por ter uma família que sempre me apoiou em meus sonhos e nas minhas escolhas, amo vocês.

As minhas amigas Lara, Vanessa, Adrilene e Pâmela, que durante todo o trajeto da minha vida acadêmica foram um grande apoio e graças a vocês a caminhada que era pra ser longa e pesada foi divertida e rápida, sou eternamente grata por todas vocês. O maior presente que a UNIFAP pode me dar, foi a amizade de vocês quatro.

Aos meus professores Alex Lobato, Alex Oliveira, Irlon Maciel, Alexandro Florentino, Joaquina Malheiros, David Jimenez, Kelton, Selma Melo, Victor Marinho e a todos que ajudaram e contribuíram em minha formação.

A professora Heliana que da metade do meu curso se tornou não só minha preceptora na residência pedagógica como também uma grande amiga, obrigada por todos os ensinamentos, conselhos e por me moldar como professora, e fazer eu ter a paixão de lecionar.

Aos professores Alex de Nazaré de Oliveira e Victor Hugo de Souza Marinho que gentilmente participaram na avaliação de meu trabalho, um muitíssimo obrigada,

Ao Prof. Dr. Joel Estevão de Melo Diniz por se dispor a me orientar nesse trabalho, e me incentivar durante todo o processo para prosseguir e não desistir, meus mais profundos agradecimentos, sinto que tenho uma grande dívida com o senhor, sempre serei grata por tudo.

Obrigada a todos que foram fundamentais nessa etapa da minha vida.

MONTEIRO, Beatriz Mendes. **Análise físico-química e microbiológica da água utilizada pela comunidade estudantil da escola estadual de ensino fundamental e médio agosto dos anjos no bairro do Laginho na cidade Macapá, Amapá.** 2025. Trabalho de Conclusão de curso (graduação) – Licenciatura em Química. Universidade Federal do Amapá. Macapá-AP. 2025

### RESUMO

Este Trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água consumida por estudantes e funcionários da Escola Estadual Augusto dos Anjos, em Macapá-AP, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas. O estudo se justifica pela preocupação com a saúde da comunidade escolar, visto que a água é proveniente de poço artesiano e pode estar sujeita à contaminação. As coletas foram realizadas em dois períodos distintos (abril e outubro de 2024) em quatro pontos da escola. Foram analisados parâmetros como ferro, fósforo, nitrato, nitrito, alumínio, pH, turbidez, cor, cloro, amônia, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, além da presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. Os resultados revelaram que, apesar de a maioria dos parâmetros físico-químicos estarem dentro dos limites permitidos pela legislação brasileira (CONAMA e Portaria GM/MS nº 888/2021), houve desconformidades nos valores de pH, cor e nitrogênio amoniacal. As análises microbiológicas não detectaram *E. coli*, mas indicaram a presença de coliformes totais em alguns pontos, o que torna a água imprópria para consumo humano. Conclui-se que, embora parte da água analisada apresente boa qualidade físico-química, a contaminação microbiológica em alguns pontos evidencia riscos à saúde, sendo necessária a adoção de medidas corretivas, como tratamento adequado e monitoramento contínuo da água consumida na escola.

Palavras-chave: Qualidade da água, Conama, Análise Físico-química, Macapá

## ABSTRAT

This study to evaluate the physicochemical and microbiological quality of the water consumed by the students and staff of Escola Estadual Augusto dos Anjos, located in the neighborhood of Macapá, Amapá. Given that the water is sourced from an artesian well without prior treatment, concerns were raised regarding its safety for human consumption. Water samples were collected from four points within the school during two different periods—April (rainy season) and October (dry season) of 2024. The samples underwent physicochemical analysis for parameters such as iron, phosphorus, nitrate, nitrite, aluminum, pH, turbidity, color, chlorine, ammoniacal nitrogen, electrical conductivity, and total dissolved solids. Microbiological tests were conducted to detect total coliforms and *Escherichia coli*. The results indicated that most physicochemical parameters were within the maximum permissible limits set by Brazilian regulations (CONAMA and GM/MS Ordinance No. 888/2021). However, deviations were observed in pH, color, and ammoniacal nitrogen values. While *E. coli* was not detected in any sample, total coliforms were present in some, rendering the water unsuitable for direct human consumption. The study concludes that, despite acceptable chemical quality in general, the presence of microbiological contamination highlights potential health risks. Thus, proper water treatment and continuous monitoring are essential to ensure the safety of the water consumed by the school community .

Keywords: Water Quality , Conama, Physicochemical Analysis, Macapá

## LISTA DE TABELA

<b>Tabela 1.</b> Padrão de potabilidade. Da água de acordo com Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) Portaria de Consolidação nº 5/2017 e Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021. ....	25
<b>Tabela 2.</b> Padrão bacteriológico da água para consumo humano. ....	25
<b>Tabela 3-</b> Resultados das análises físico-química e microbiológica das amostras de água coleta no mês de abril na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Augusto do Anjos.....	26
<b>Tabela 4-</b> Resultados das análises físico-química e microbiológica das amostras de água coleta no mês de outubro na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Augusto do Anjos.	27
<b>Tabela 5 .</b> Resultado da análise de coliformes totais e E. Coli da primeira coleta C1.....	40
<b>Tabela 6.</b> Resultado da análise de coliformes totais e E. Coli da segunda coleta C2 .....	41

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Localização da Coleta da água nas torneiras .....	23
<b>Figura 2:</b> Vista frontal da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Augusto dos Anjos .....	24
<b>Figura 3.</b> Dados comparativos entre os resultados da análise do Ferro (Fe) nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA .....	28
<b>Figura 4</b> Dados comparativos entre os resultados da análise do fósforo (P) nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA .....	29
<b>Figura 5:</b> Dados comparativos entre os resultados da análise do nitrato (NO <sub>3</sub> ) nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA.....	30
<b>Figura 6:</b> Dados comparativos entre os resultados da análise do nitrito (NO <sub>2</sub> ) nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA.....	31
<b>Figura 7:</b> Dados comparativos entre os resultados da análise do alumínio (Al) nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA.....	32
<b>Figura 8</b> Dados comparativos entre os resultados da análise da cor da água nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA .....	33
<b>Figura 9:</b> Dados comparativos entre os resultados da análise de N amoniacal na água nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA .....	34
<b>Figura 10:</b> Dados comparativos entre os resultados da análise da turbidez da água nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA .....	35
<b>Figura 11:</b> Dados comparativos entre os resultados da análise dos sólidos totais dissolvidos na água nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA .....	36
<b>Figura 12</b> Dados comparativos entre os resultados da análise da condutividade elétrica em água nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA.....	37
<b>Figura 13</b> Dados comparativos entre os resultados da análise de cloro presente na água nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA .....	38
<b>Figura 14</b> Dados comparativos entre os resultados da análise do potencial hidrogeniônico (pH) da água nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA .....	39

**LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS**

- PNRH-** Política Nacional de recursos hídricos
- CONAMA-** Conselho nacional Meio ambiente
- SNIS-** Sistema Nacional de informação sobre saneamento
- ANA-** Agência Nacional de águas e saneamento básico
- IPEA-** Instituto de pesquisa econômica aplicada
- ABNT-** Associação Brasileira de Normas técnicas
- EEEFM-** Escola Estadual Ensino Fundamental e Médio
- NH<sub>3</sub>** – Amônia
- CT** – Coliformes totais
- EC** – *Escherichio Coli*
- P-** Fosforo
- Fe** – Ferro
- NO<sub>3</sub>** – Nitrato
- NO<sub>2</sub>** – Nitrito
- Al-** Alumínio
- pH-** Potencial hidrogeniônico

## SUMARIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 DEFINIÇÕES.....	15
2.2 ACESSO A ÁGUA .....	16
2.2.1 No Brasil.....	16
2.2.2 No estado do Amapá .....	16
2.3 FONTE ALTERNATIVA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	16
2.3.1 Água subterrânea .....	16
2.4 QUALIDADE DA ÁGUA .....	17
2.4.1 A Importância da Qualidade da Água para o Consumo Humano .....	17
2.5 MONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL .....	18
2.5.1 Águas superficiais .....	18
2.5.2 Águas subterrâneas.....	18
2.6 FONTES DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEA .....	19
2.6.1 Construção dos poços .....	19
2.6.2 Saneamento Básico.....	20
2.6.3 Resíduos sólidos .....	20
2.6.4 Agricultura.....	21
2.6.5 Postos de combustível .....	21
3 OBJETIVOS.....	22
3.1 Geral.....	22
3.2 ESPECIFICOS .....	22
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
4.1 LOCAL DE AMOSTRAGEM.....	23
4.2 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA .....	24
4.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	42

## 1. INTRODUÇÃO

A água é uma das principais fontes da vida no mundo, originou-se pela junção de duas moléculas de hidrogênio e uma de oxigênio, substâncias abundantes nos primórdios da Terra (Damineli; Damineli, 2007).

O Brasil é o país que mais apresenta recursos hídricos e reservas de água doce no mundo a qual, encontra-se em vários locais como rios, lagos e águas subterrâneas. O governo na ausência de fonte de água potável faz com que a população mais necessitada busque o referido líquido em locais sem nenhum tratamento prévio e adequado. A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), preconiza a utilização dos recursos hídricos para buscar garantir o controle qualitativo e quantitativo do seu uso para suprir às necessidades humanas. A qualidade do corpo d'água se faz imprescindível para o consumo e suas propriedades são benéficas aos seres vivos (Campos, 2005).

Segundo a Lei Nº 9.433/1997 que institui sobre a PNRH, que tem como fundamentos, que a água é um bem de domínio público e um recurso natural limitado, devendo ser protegido para o uso de todos (Aith; Rothbarth, 2015).

No contexto do estado do Amapá, apesar da vasta presença de bacias hidrográficas e da localização privilegiada dentro da Amazônia, grande parte da população ainda enfrenta dificuldades no acesso à água tratada e segura. Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) revelam que o estado apresenta um dos piores índices de cobertura de abastecimento de água e saneamento básico do país. Muitas comunidades urbanas e rurais utilizam poços artesianos ou fazem captação direta de rios e igarapés, muitas vezes sem qualquer tipo de tratamento. Em Macapá, capital do estado, é comum que escolas públicas e residências dependam de sistemas alternativos como poços amazonas, que frequentemente não passam por controle sanitário ou monitoramento contínuo.

A maioria das escolas, assim como as moradias de Macapá fazem uso de água oriunda de poços artesianos e/ou amazonas sem um devido tratamento prévio antes de serem utilizadas, não sabendo se, as estão dentro dos padrões de potabilidade e em conformidade ao mínimo Valor Máximo Permitido recomendado pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) Portaria de Consolidação nº 5/2017 e Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021. Vem o seguinte questionamento, será que essa água apresenta qualidade adequada para uso da comunidade estudantil?

Sem conhecer a real qualidade da água e preocupada com a saúde da comunidade estudantil, vimos a necessidade de realização da análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológico da água utilizada na Escola Estadual Augusto do Anjos e averiguar se eles estão dentro dos parâmetros estabelecidos por lei.

O presente estudo teve como objetivo analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água utilizada na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Augusto do Anjos, comparando os resultados obtidos com o padrões de valor máximo permitido recomendado pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) Portaria de Consolidação nº 5/2017 e Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, verificando e respondendo a seguinte questão, “Será que essa água apresenta qualidade adequada para uso”?

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 DEFINIÇÕES

Por sua importância na vida humana a forma de utilização e a qualidade da água são fatores determinantes para saúde e o bem estar de uma população, segundo a portaria 2.9014/2011 que estabelece parâmetros adequados de qualidade da água para consumo humano toda água potável destinada não só à ingestão, mas também na preparação e produção de alimentos e a higiene pessoal, independentemente da sua origem, tanto superficial e subterrânea.

As águas subterrâneas e superficiais possuem características diferentes por isso possui classificações que estabelecem suas características. De acordo com as diretrizes da resolução Nº 396/ 2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), as águas subterrâneas são classificadas em:

**I - Classe Especial:** águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas a preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial;

**II - Classe 1:** águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido as suas características hidro geoquímicas naturais;

**III - Classe 2:** águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido as suas características hidro geoquímicas naturais;

**IV - Classe 3:** águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido as suas características hidro geoquímicas naturais;

**V - Classe 4:** águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo; e

**VI - Classe 5:** águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades

que não tem requisitos de qualidade para uso.

## 2.2 ACESSO A ÁGUA

### 2.2.1 No Brasil

Atualmente no que tange a acesso ao abastecimento de água no Brasil houve um aumento na universalização deste serviço. De acordo com SNIS (2015), percebe-se que, em 2015, na média do país, o índice de atendimento total com rede de abastecimento de água foi igual 83,3%, indicando um aumento de 0,3 pontos percentual comparado ao ano de 2014, quando esse índice foi de 83,0%. Apesar desse aumento e um elevado percentual de acessibilidade no abastecimento de água, muitos estados ainda sofrem com a falta de acesso a água tratada.

Com relação ao atendimento total de água dos dez piores municípios, apenas Várzea Grande - MT (96,97%) e Nova Iguaçu - RJ (93,60%) possuem mais do que 90% de atendimento. Além disso, quatro municípios atendem menos da metade de sua população com água: Macapá – AP, Porto Velho -RO, Santarém – PA e Ananindeua – PA (Instituto Trata Brasil 2017).

### 2.2.2 No estado do Amapá

A região Norte apresenta um dos menores índices de acesso a abastecimento de água, que apesar de ser uma das regiões com a maior reserva de água potável do planeta, apresenta um déficit em termos de universalização do uso da água. Segundo SNIS (2015), na região Norte apenas da população total é atendida com rede água 56,9, um pouco mais da metade, enquanto a população urbana cerca 69,2 é atendida com a rede de água.

No estado do Amapá essa é uma realidade ainda mais cruel, de acordo com SNIS (2015), somente o Amapá aparece na menor faixa, abaixo de 40% de atendimento níveis de atendimento urbano por rede de água.

## 2.3 FONTE ALTERNATIVA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

### 2.3.1 Água subterrânea

Com a demanda crescente e a falta de acesso ao abastecimento de água tratada leva população no Estado do Amapá a buscar e utilizar fontes alternativas de

abastecimento, no intuito de satisfação de suas necessidades básicas e a escassez desse recurso. Tornando, comuns no Estado a utilização das águas subterrâneas através de poços rasos ou profundos.

Segundo ANA (2010):

O Estado do Amapá possui 16 municípios que reúnem cerca de 600 mil habitantes, estando inteiramente inserido na Região Hidrográfica do Amazonas. A Companhia de Água e Esgoto do Amapá - CAESA é responsável pela operação dos sistemas de abastecimento de todas as sedes urbanas do Estado, com predominância de abastecimento exclusivo por mananciais superficiais (10 municípios). Em quatro municípios ocorre o abastecimento somente por poços e em dois (Macapá e Santana) se utilizam ambos os tipos de mananciais (superficial e subterrâneo).

A exploração dos recursos hídricos subterrâneos através de poços tem se tornado cada vez mais recorrente no Brasil. De acordo com Zoby & Matos (2002) “estima-se que existam no país pelo menos 400.000 poços”. Porém, grande parte desses poços são construídos de forma irregular sem as devidas autorizações e especificações técnicas exigidas, observa-se também a falta de requisitos básicos de proteção sanitária. A lei 9.433/1997 que institui Políticas Nacional de Recursos Hídricos para o uso deles prevê como infrações e penalidades perfurar poços para extração de água subterrânea ou operá-los sem a devida autorização.

## 2.4 QUALIDADE DA ÁGUA

### 2.4.1 A Importância da Qualidade da Água para o Consumo Humano

Sendo um recurso indispensável para a subsistência humana a qualidade da água está diretamente associada com as condições necessária para garantir a saúde e o bem estar de uma população. O consumo de água segura é importante para sadia qualidade de vida e de proteção contra as doenças, sobretudo aquelas evitáveis, relacionadas a fatores ambientais e que têm afligido populações em todo o mundo (Brasil, 2004).

A água é um recurso natural limitado usado para diversas finalidades desde ao abastecimento para consumo humano quanto à dessedentação de animais. O seu uso de forma irracional, o aumento da poluição, a precariedade na gestão dos recursos hídricos, entre outros fatores, traz como consequência a perda de padrões de qualidade adequados e de quantidade necessária para o uso, o que implica de forma negativa a saúde humana. Para Franco (2007) “as doenças de veiculação hídrica emergiram como um dos principais problemas de saúde pública nos últimos 25 anos”.

A escassez em abastecimento de água tratada traz um grande problema social, que afeta em sua maior parte populações mais pobres, que vivem em condições de vulnerabilidade social. O tratamento de água adequado e além garantir condições mínimas de uso, assegura a população prevenção de doenças relacionadas a contaminação dos recursos hídricos.

É importante destacar que tanto a qualidade da água quanto a sua quantidade e regularidade de fornecimento são fatores determinantes para o acometimento de doenças no homem (Brasil, 2006).

A importância dos serviços de água tratada e de esgoto na saúde e bem-estar da população é vastamente reconhecida, sendo os serviços de saneamento básico, considerados essenciais à vida e com fortes impactos sobre o meio ambiente (IPEA, 2005).

## 2.5 MONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

Conforme as diretrizes da resolução N° 357, de 17 de março de 2005 do CONAMA “Monitoramento medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água”.

### 2.5.1 Águas superficiais

A elaboração de um diagnóstico nacional da qualidade da água é limitada pela insuficiência das redes de monitoramento na maior parte do país. As regiões hidrográficas que apresentam melhores condições de monitoramento de qualidade da água são as do Paraná, do São Francisco, do Atlântico Leste, do Atlântico Sudeste, do Atlântico Sul e do Paraguai. O Estado do Amapá também possui um monitoramento de qualidade da água que merece destaque (ANA, 2004).

### 2.5.2 Águas subterrâneas

Apesar do grande aumento da utilização dos recursos hídricos subterrâneas, ainda existem poucas políticas no voltada a preservação destes recursos. De acordo com ANA (2005) “o Brasil ainda apresenta uma deficiência séria no conhecimento do potencial hídrico de seus aquíferos, seu estágio de exploração e a qualidade das suas águas”. Os estudos de qualidade da água subterrânea são poucos precisos, em sua maioria desatualizada e apenas em caráter local (ANA, 2005).

Segundo ANA (2006):

O Brasil não possui uma rede nacional de monitoramento de águas subterrâneas. Por isso, existe uma grande carência de informação a respeito da qualidade das águas, especialmente de abrangência regional. As fontes de informação mais importantes sobre o tema têm, em geral, caráter pontual e correspondem aos trabalhos desenvolvidos nas universidades e alguns elaborados pelas secretarias estaduais.

A escassez de dados atualizados e contínuos sobre a qualidade da água, especialmente no que diz respeito às águas subterrâneas, representa um sério desafio para políticas públicas eficazes de saúde e meio ambiente. Em locais como Macapá, onde muitas escolas dependem de poços para abastecimento, a ausência de controle sistemático pode expor crianças e adolescentes ao consumo de água contaminada, o que eleva os riscos de doenças de veiculação hídrica como diarreias, hepatites, infecções gastrointestinais e verminoses.

É necessário destacar que, apesar de o Amapá constar como referência em monitoramento da ANA (2004), na prática ainda existe uma considerável deficiência de fiscalização e ausência de tratamento adequado da água utilizada em instituições públicas de ensino. A falta de infraestrutura, de investimentos e de políticas públicas voltadas à garantia da potabilidade da água nas escolas revela um descaso preocupante, que compromete diretamente a saúde dos estudantes e reflete a fragilidade da gestão dos recursos hídricos no estado. A negligência quanto ao controle e à fiscalização da qualidade da água em ambientes escolares evidencia não apenas um problema sanitário, mas também social e educacional.

## 2.6 FONTES DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEA

As ações antrópicas e o uso do solo interferem diretamente na qualidade das águas subterrâneas. Segundo Alves et al (2017), “a contaminação dos sistemas hídricos subterrâneos depende das formas de intervenção do homem, dos diferentes modelos de ocupação e exploração dos solos, e principalmente das características dos aquíferos”. Para Tundisi (2006): “contaminação e o aumento das substâncias tóxicas na água e de vetores de doenças de veiculação hídrica estão diretamente relacionados com o saneamento básico e condições inadequadas de tratamento das águas contaminadas por vários processos”.

### 2.6.1 Construção dos poços

Atualmente os poços profundos ou rasos são uma das principais fontes alternativas de abastecimento de água tanto nas zonas rurais quanto nas urbanas. A falta

de acesso a uma rede de abastecimento de água tratada leva a população a construções de poços, muitas vezes sem as devidas autorizações e o cumprimento das exigências técnicas, o que coloca em risco a qualidade desta água e pode ser fonte de contaminação para lençóis freáticos. Para ANA (2005): “A forma de construção do poço é fundamental para garantir a qualidade da água captada e maximizar a eficiência da operação do poço e a exploração do aquífero”.

A falta de conhecimento por parte da população, somados com deficiências na gestão dos recursos hídricos subterrâneos, faz com que esses poços sejam um risco à medida que não se observam os critérios técnicos exigidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT. A atual exploração das águas subterrâneas através de poços sem autorização traz prejuízos ao seu monitoramento colocando em risco a qualidade delas, uma vez que explorada de forma inadequada, torna mais vulnerável as infiltrações e a proliferação de contaminação.

#### 2.6.2 Saneamento Básico

As políticas públicas de saneamento básico não são capazes de atender a demanda populacional existentes, aumentando assim o uso irregular do solo, por meio de fossas e poços irregulares, sem os cumprimentos das exigências técnicas para sua construção, trazendo como consequência prejuízos no tratamento e o monitoramento desta água, além de favorecer sua contaminação, colocando em risco a saúde e o bem estar de seus usuários.

A falta de saneamento representa um risco às águas subterrâneas através da infiltração por fossas negras do escoamento superficial, que acaba infiltrando no solo, e pelo vazamento de redes de esgoto. Este quadro é especialmente crítico nas cidades em que existe uma elevada densidade populacional e, portanto, alta taxa de produção de esgotos (ANA, 2005).

#### 2.6.3 Resíduos sólidos

O lixo é um dos principais contaminantes dos lençóis freáticos. A sua destinação final irregular no solo sem nenhuma medida de proteções tanto ambiental quanto sanitária, coloca em risco não só a qualidade do solo, mas também qualidade das águas subterrâneas presente na região.

De acordo com ANA (2005):

Sob o aspecto ambiental e de preservação das águas subterrâneas, o aspecto mais importante é a questão do chorume produzido a partir do lixo. A decomposição anaeróbica da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos produz gases e chorume. Os gases gerados são o

sulfídrico, metano, e mercaptano, que possuem odor desagradável, sendo o metano inflamável com risco de provocar explosões. O chorume é um líquido negro formado por compostos orgânicos e inorgânicos, apresenta altas concentrações de matéria orgânica e metais pesados. A infiltração do chorume contamina o solo e pode atingir a água subterrânea.

A destinação final dos resíduos sólidos é um fator bastante preocupante, pois com o aumento populacional, conseqüentemente da produção dos resíduos e o déficit nos serviços de coleta, transporte e destinação final desse lixo, torna áreas como a do entorno da lixeira pública de Santana-AP mais vulneráveis e propícias a contaminação.

#### 2.6.4 Agricultura

O uso inadequado do solo é um dos fatores mais preocupantes em termos de contaminação dos lençóis freáticos. O uso do solo por parte da agricultura que está associado ao uso direto de fertilizantes e agrotóxicos, que afeta e polui a qualidade, do mesmo, e conseqüentemente podendo comprometer a águas subterrâneas.

Embora não seja o único agente responsável pela perda da qualidade da água, a agricultura, direta ou indiretamente, contribui para a degradação dos mananciais. Isso pode se dar-se por meio da contaminação dos copos d'água por substâncias orgânicas ou inorgânicas, naturais ou sintéticas e, ainda, por agentes biológicos. Amplamente empregada muitas vezes de forma inadequada, a aplicação de defensivos, de fertilizantes e de resíduos derivados da criação intensiva de animais são tidos como as principais atividades relacionadas à perda da qualidade da água nas áreas rurais (EMBRAPA, 2002).

#### 2.6.5 Postos de combustível

De acordo com ANA (2005):

Os hidrocarbonetos que compõe o petróleo são amplamente utilizados na indústria e no transporte. A produção, manuseio e transporte de combustíveis envolvem o uso de tanques de armazenamento que são suscetíveis a vazamentos e acidentes, que representam sério risco ambiental e à saúde humana.

Vazamentos de tanques que armazenam petróleo no subsolo é a principal forma de contaminação das águas subterrâneas. Que somados com a falta de manutenção nas tubulações dos postos de combustíveis, tornam as áreas ao entorno sujeitas aos riscos de contaminações.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Geral

- Analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água consumida pela comunidade estudantil da Escola Estadual Augusto do Anjos na cidade de Macapá-AP, mostrando se está em conformidade com os padrões exigidos pela legislação, para o consumo humano.

#### 3.2 ESPECIFICOS

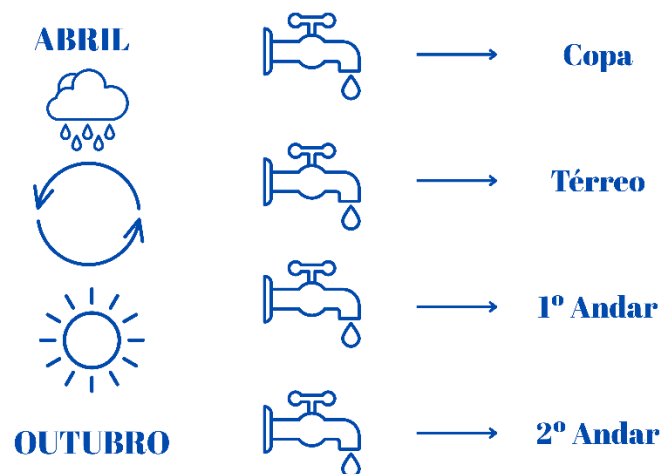
- Realizar análise físico-química da água consumida diariamente na escola Augusto dos Anjos, observando se os parâmetros das mesmas estão de acordo com normas estabelecidas por lei.
- Fazer a análise microbiológica de coliformes totais e *escherichia coli* na água para saber se a presença de agentes patogênicos.
- Comparar os resultados das análises com os parâmetros de conformidade estabelecido pela legislação de qualidade da água exigida pelo CONAMA.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 LOCAL DE AMOSTRAGEM

Foram realizadas duas coletas em períodos distintos abril (período chuvoso, C1) e outubro (período não chuvoso, C2) em intervalo de 06 meses na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Augusto dos Anjos (Figura 02), localizada no bairro do Laguinho no município de Macapá, no estado do Amapá. As amostragens de água para as análises foram extraídas de 04 torneiras denominadas por T1, T2, T3 e T4, nessa ordem, uma para uso diversos (T1) e 03 (T2, T3 e T4) (Figura 01) de bebedouros de uso coletivos dos alunos e funcionários da escola, localizados no térreo, no 1º e 2º andar da escola, respectivamente.

**Figura 1** Localização da Coleta da água nas torneiras



Fonte Autora (2025)

A água é de origem subterrânea captada de um poço artesiano com profundidade de 15 metros por uma bomba e armazenada em uma caixa d'água com capacidade de 10.000 litros que abastece a escola.

**Figura 2:** Vista frontal da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Augusto dos Anjos



*Fonte: Autora (2025)*

Para a verificação da qualidade da água foram realizadas as análises Químicas qualitativas tendo como base o Manual de Análise de Água (FUNASA, 2013), para análise Físico-químicas e Microbiológicas, em comparações aos parâmetros de qualidade de água exigidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) Portaria de Consolidação nº 5/2017 e Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021.

#### 4.2 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

Foram analisados 12 (doze) parâmetros físico-químicos das amostragens de água coletadas na EEEFM Augusto dos Anjos. Os parâmetros analisados foram: Alumínio, amônia (como  $\text{NH}_3$ ), Cloro Total, Cor Aparente, Ferro, Fósforo, Nitrato, Nitrito, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), pH, Condutividade Elétrica (CE) e Turbidez em um Espectrofotômetro com Faixa UV-VIS de 195 à 1020 nm, sku: il-592-LC-Bi marca ION localizado no Laboratório de Saneamento Ambiental da UNIFAP.

#### 4.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

As análises dos coliformes totais (CT) e *Escherichia Coli* (EC) foram realizadas no Laboratório de Química e Saneamento Ambiental do Curso de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá. As amostras com 100 mL foram incubadas a 37 °C por 24 horas contendo o substrato cromogênico, definido, com reagente COLILELERT/IDEXX, pesquisa de coliformes pela detecção de uma enzima

específica do grupo bacteriano dos coliformes (BRASIL, 2006) e comparadas com os padrões estabelecidos pelo CONAMA (Tabela 02) e se, as mesmas, estão em conformidade com o estabelecido por lei.

**Tabela 1.** Padrão de potabilidade. Da água de acordo com Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) Portaria de Consolidação nº 5/2017 e Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021.

Parâmetro	Unidade	VMP(1)
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como N)	mg/L	1,2
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente (2)	uH	15
Ferro	mg/L	0,3
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500
Turbidez (3)	uT	5
Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1
pH		6-8
Condutividade Elétrica	$\mu\text{S.cm}^3$	500

NOTAS: (1) Valor máximo permitido; (2) Unidade Hazen (mgPt-Co/L); (3) Unidade de turbidez.  
Fonte: CONAMA

**Tabela 2.** Padrão bacteriológico da água para consumo humano.

Formas de abastecimento		Parâmetro	VMP (1)
SAI		<i>Escherichia coli</i> (2)	Ausência em 100 mL
SAA e SAC	Na saída do tratamento	Coliformes totais (3)	Ausência em 100 mL
SAA e SAC	Sistema de distribuição e pontos de consumo	<i>Escherichia coli</i> (2)	Ausência em 100 mL

Fonte: CONAMA

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a primeira coleta (C1) das amostragens de água realizada no mês de abril de 2024 nos quatros (04) pontos pré-estabelecidos, as amostragens foram encaminhadas e analisadas no Laboratório de Química Ambiental e Saneamento (LQAS) do Curso Ambientais e no Laboratório de Química Geral, Físico-Química, Inorgânica, Hidroquímica e Catalise (LQFIHC) do Curso de Química, onde foram observados os seguintes resultados (Tabela. 03)

**Tabela 3-** Resultados das análises físico-química e microbiológica das amostras de água coleta no mês de abril na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Augusto do Anjos.

<b>Análise Físico-Química</b>				
Parâmetros	T1	T2	T3	T4
Fe (mg.L <sup>-1</sup> )	0,14	0,26	0,13	0,19
P (mg.L <sup>-1</sup> )	0,05	0,04	0,07	0,03
NO <sub>3</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	4,5	2,9	5,0	4,9
NO <sub>2</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	0,01<	0,01<	0,01<	0,01<
Al (mg.L <sup>-1</sup> )	0,005	0,035	0,009	0,009
Cor (m.L <sup>-1</sup> Pt Co)	47	30	46	67
N amoniacal (mg.L <sup>-1</sup> )	1,72	0,88	1,74	1,40
Turbidez (UNT)	2,9	4,5	3,9	1,4
STD (mg.L <sup>-1</sup> )	25	43	45	122
CE (µS/cm)	223	125	134	210
Cl (mg.L <sup>-1</sup> )	30,1	15,9	23,9	27,2
pH	6,38	5,95	5,41	5,49
<b>Análises Microbiológica</b>				
C.T. (UFC/100m)	ausente	84,4	ausente	>2419,6
E. Coli (UFC/100m)	ausente	ausente	ausente	ausente

**T1:** torneira de uso comum localizada no térreo; **T2:** torneira do bebedouro localizado no térreo; **T3:** torneira do bebedouro localizado no 1º andar; **T4:** torneira do bebedouro localizado no 2º andar  
Fonte: Autora

Retornamos no mês de outubro para realização da segunda coleta (C2) nos mesmos 04 pontos escolhidos anteriormente e obtivemos os seguintes resultados observados na Tabela 04 abaixo.

**Tabela 4-** Resultados das análises físico-química e microbiológica das amostras de água coleta no mês de outubro na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Augusto do Anjos.

<b>Análise Físico-Química</b>				
Parâmetros	T1	T2	T3	T4
Fe (mg.L <sup>-1</sup> )	0,24	0,03	0,10	0,02
P (mg.L <sup>-1</sup> )	0,01<	0,01<	0,01<	0,01<
NO <sub>3</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	4,1	3,2	4,8	5,1
NO <sub>2</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	0,01<	0,01<	0,01<	0,01<
Al (mg.L <sup>-1</sup> )	0,001	0,024	0,008	0,007
Cor (m.L <sup>-1</sup> Pt Co)	96	10	15	35
N amoniacal (mg.L <sup>-1</sup> )	1,63	0,91	2,03	1,38
Turbidez (NTU)	3,3	4,7	4,2	1,8
STD (mg.L <sup>-1</sup> )	28	47	52	131
CE (µS/cm)	118	121	136	209
Cl (mg.L <sup>-1</sup> )	14,6	23,1	14,5	15,5
pH	6,11	6,02	5,37	5,52
<b>Análises Microbiológica</b>				
C.T. (UFC/100m)	ausente	ausente	21.2	ausente
E. Coli (UFC/100m)	ausente	ausente	ausente	ausente

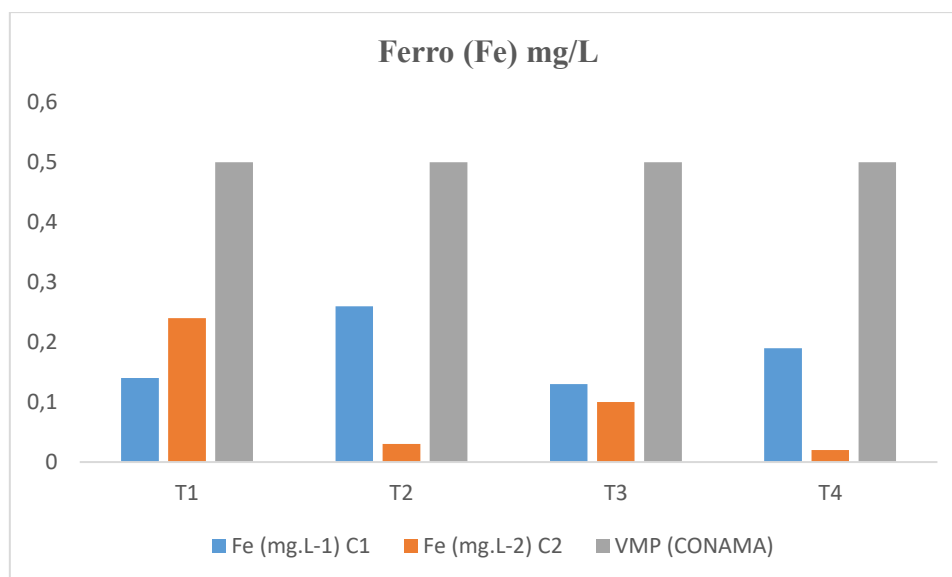
**T1:** torneira de uso comum localizada no térreo; **T2:** torneira do bebedouro localizado no térreo; **T3:** torneira do bebedouro localizado no 1º andar; **T4:** torneira do bebedouro localizado no 2º andar

Fonte: Autora

### **Ferro (Fe)**

Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas (C1) devido ao carregamento de solos e à ocorrência de processos de erosão das margens, por ser um metal pesado apresenta-se em elevada concentração nas águas subterrâneas devido a formação geológico do solo, fazendo o minério, em que está presente, ser dissolvido pelo gás carbônico da água (formando carbonato ferroso) (Piveli; Kato, 2005).

**Figura 3.** Dados comparativos entre os resultados da análise do Ferro (Fe) nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA



Fonte: Autora

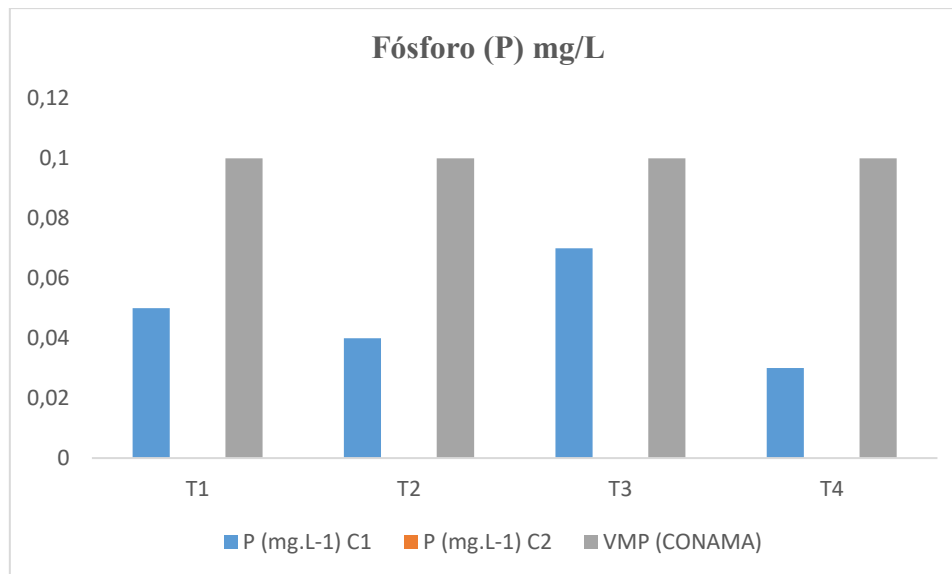
O resultado das análises realizadas nas amostragens de água das torneiras T1, T2, T3 e T4 na primeira (C1) e segunda (C2) coleta mostraram que o nível de ferro foi inferior ao Valor Máximo Permitido recomendado pelo CONAMA (Figura. 03). O motivo vem que esses dois pontos estavam com o bebedouro enferrujados, diferente do T3 e T4. O ferro atua na formação da hemoglobina (pigmento do glóbulo vermelho que transporta oxigênio dos pulmões para os tecidos).

A sua carência causa anemia e o acúmulo no fígado, pâncreas e coração, leva a cirrose, tumores hepáticos, diabetes mellitus e insuficiência cardíaca (Delvin et al., 1998). Segundo Mahan (2000) quantidades excessivas de radicais livres, atacam as moléculas celulares, aumentando moléculas potencialmente carcinogênicas. Nas águas tratadas para abastecimento público, o emprego de coagulantes à base de ferro provoca elevação em seu teor.

### **Fosforo (P)**

O fósforo (P) em águas superficiais tem origem natural ou antropogênica. Em ambos os casos, as principais fontes são devidas à drenagem de águas pluviais de áreas florestais, agrícolas, urbanas e de esgoto (Von Sperling, 2007). A presença de fósforo na água potável, especialmente em concentrações elevadas, indica que a água pode ter sido contaminada, podendo levar a problemas de saúde e ecossistêmicos.

**Figura 4** Dados comparativos entre os resultados da análise do fósforo (P) nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA



Fonte: Autora

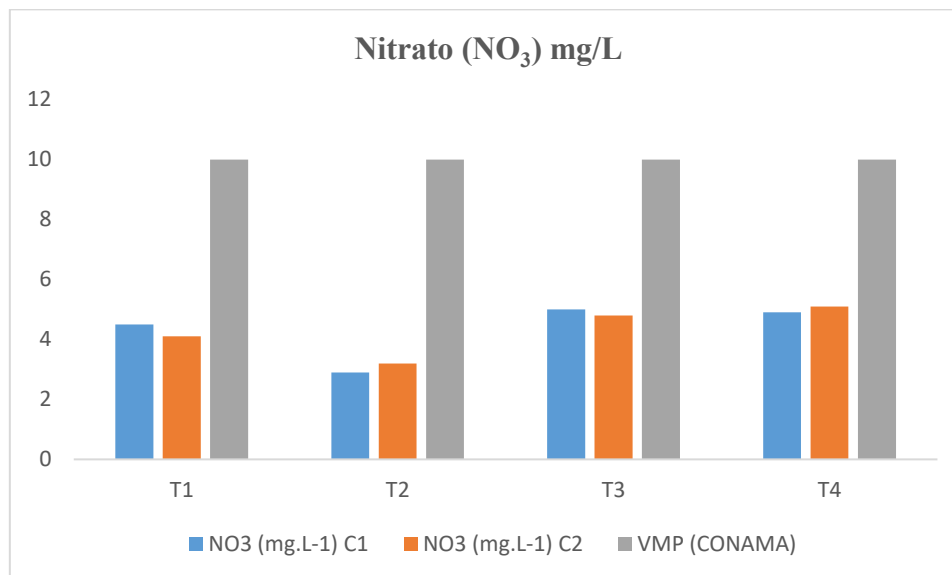
O resultado das análises realizadas nas amostragens de água das torneiras T1, T2, T3 e T4 mostraram que o nível de fósforo na primeira coleta (C1) apresenta um valor significativo, mas abaixo do Valor Máximo Permitido pelo CONAMA (Figura 03), já na segunda coleta o nível de fosforo foi insignificante não sendo representado no gráfico (Figura 04). Como a coleta foi em período chuvoso e não chuvoso, o escoamento superficial pode carregar fertilizantes, detergentes e matéria orgânica rica em fósforo para o sistema. Em épocas secas, essa carga pode ser reduzida ou ausente. Assim havendo uma diferença notável na C1 e C2. O fósforo é um nutriente importante para plantas e animais, mas em excesso, pode causar a proliferação de algas, afetando a qualidade da água e a vida aquática (Esteves, 1998). Esse íon tem sido considerado como um dos fatores limitantes ao desenvolvimento de algas e plantas no meio aquático, sendo um dos principais nutrientes dos processos biológicos.

### Nitrato (NO<sub>3</sub>)

O Nitrato (NO<sub>3</sub>) é uma substância química derivada do nitrogênio que, em baixas concentrações, se encontra de forma natural na água e no solo. A intensiva utilização de fertilizantes na agricultura e a coleta e disponibilização inadequada dos esgotos domésticos, pode alterar essas concentrações e atingir lençóis freáticos e cursos de água, causando enfermidades as pessoas e danos ambientais (Rossi et al., 2007;

Cunha et al., 2012).

**Figura 5:** Dados comparativos entre os resultados da análise do nitrato ( $\text{NO}_3$ ) nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA



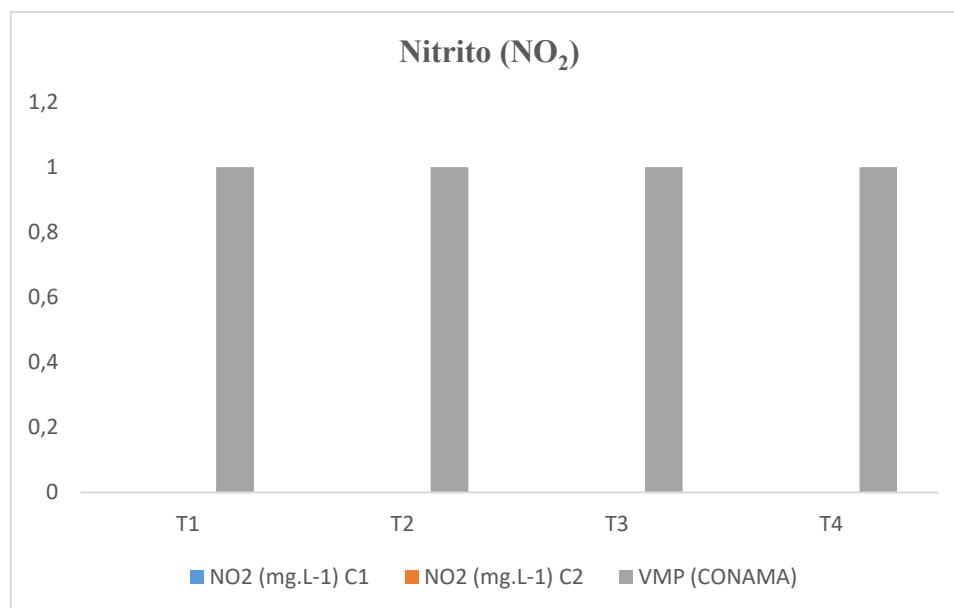
Fonte: Autora

Os resultados das análises realizadas nas amostragens de água das torneiras T1, T2, T3 e T4 na primeira (C1) e segunda (C2) coleta apresentaram níveis diminuídos em relação aos valores VMP recomendado pelo CONAMA (Figura 05). Nas águas superficiais, o nitrato pode ocorrer através das descargas de esgotos domésticos (por exemplo, através da degradação de proteínas) e efluentes industriais (exemplos: efluentes de indústrias de celulose e papel, química, farmacêutica etc. Nas águas subterrâneas é um indicador importante de poluição difusa, especialmente ligada à atividade agrícola e ao manejo inadequado de esgoto. Em águas tratadas o nitrato e sulfato é proveniente do emprego de coagulantes como o sulfato de alumínio, sulfato ferroso, sulfato férrico e caparrosa clorada. É importante o controle do nitrato, pois, sua ingestão provoca efeitos laxativos (Parron, 2011).

### **Nitrito ( $\text{NO}_2$ )**

A presença de nitrito na água potável indica que a água foi recentemente contaminada por fontes de matéria orgânica ou de decomposição biológica, como microrganismos que transformam o nitrogênio amoniacal em nitrito. Também pode indicar a presença de substâncias utilizadas para inibir a corrosão em instalações industriais.

**Figura 6:** Dados comparativos entre os resultados da análise do nitrito ( $\text{NO}_2$ ) nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA



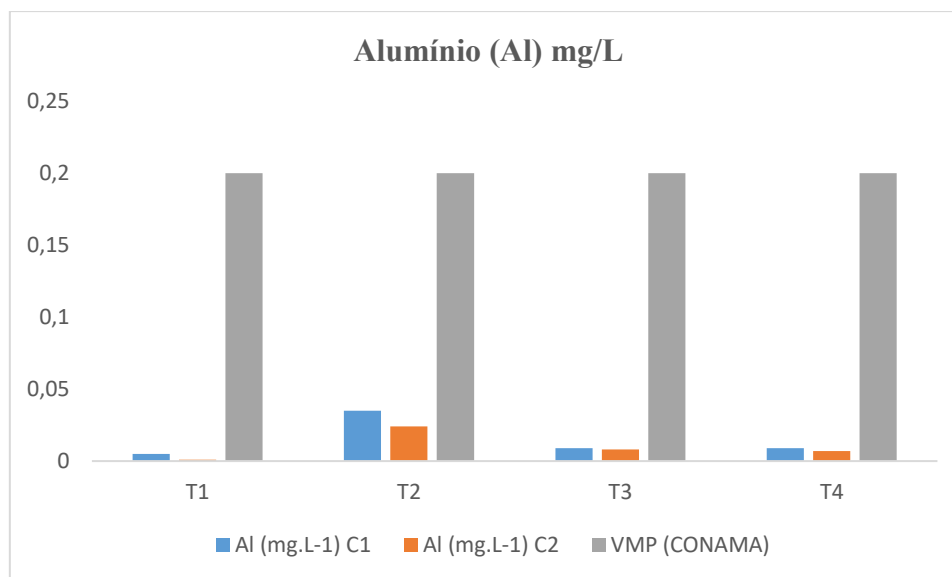
Fonte: Autora

O resultado das análises realizadas nas amostragens de água das torneiras T1, T2, T3 e T4 na primeira (C1) e segunda (C2) coleta mostraram que o nível de nitrito insignificante e bem inferior ao VMP recomendado pelo CONAMA, não sendo registrado na Figura 06. A ausência de nitrito na água potável sugere que não houve uma contaminação recente e potencial problema de qualidade da água, deixando de exigir uma investigação e tratamento para esse contaminante no momento. A baixa concentração de  $\text{NO}_2$  ocorre porque é um composto de transição de nitrificação rápido que ocorre entre os íons de amônio e nitrato (Scheeren et al., 2011).

### **Alumínio (Al)**

O Alumínio é um metal, que está presente, na forma do sal sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) em estações de tratamento de água (ETA) usado como coagulante. A dosagem incorreta desse coagulante é observada pela quantidade significativa de alumínio que persiste na água tratada, podendo se solubilizar e atravessar os decantadores e filtros. A solubilização acontece com a correção do pH. Quando o pH da água na floculação não está correto, o teor de alumínio da água tratada aumenta podendo causar sérios riscos à saúde humana (Brasil, 2013).

**Figura 7:** Dados comparativos entre os resultados da análise do alumínio (Al) nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA



Os resultados das análises realizadas nas amostragens de água das torneiras T1, T2, T3 e T4 na primeira (C1) e segunda (C2) coleta, respectivamente, demonstraram que as concentrações de Al são significativamente menores do que o VMP recomendado pelo CONAMA (Figura 07). A maior concentração de alumínio (Al) observada no ponto T2 nas coletas C1 e C2, em comparação aos demais pontos analisados, pode ser atribuída a fatores pontuais relacionados ao sistema de distribuição da água apesar de a fonte de abastecimento ser a mesma para todos os pontos, variações locais como a presença de tubulações ou conexões com liga metálica contendo alumínio. O tempo de estagnação da água antes da coleta ou o próprio fluxo no local pode influenciar na concentração detectada.

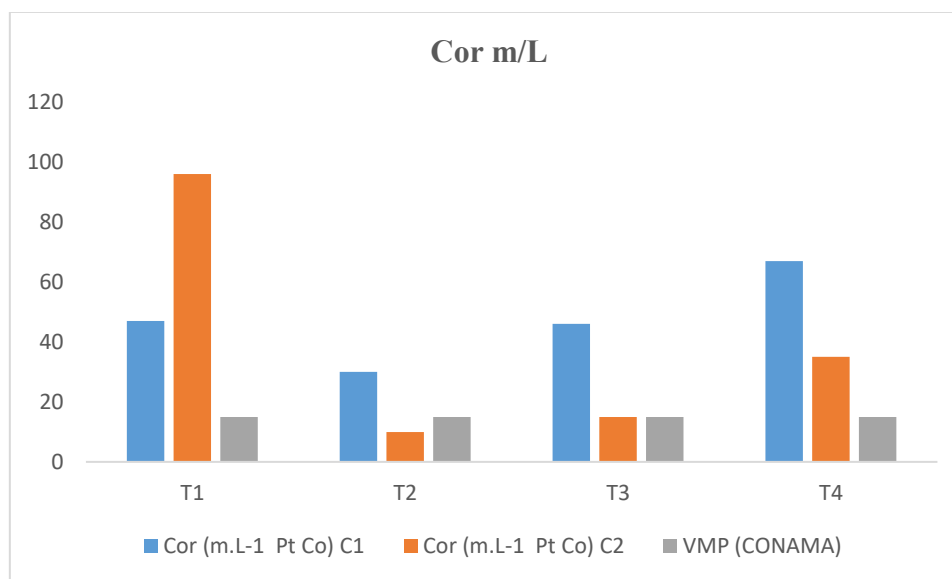
Concentrações significativas de alumínio podem aumentar o risco de desenvolver a doença de Alzheimer. Este parâmetro é um componente neurotóxico, além de indutor ou causador de distúrbios neurológicos (Cunha et al., 2012). Segundo Silva (1997) a intoxicação por metais é lenta e o diagnóstico tardio, pois, só acontece após anos ou décadas, e sua presença reduz a capacidade autodepurativa da água devido à ação tóxica sobre os microrganismos que realizam esse processo.

## Cor

Nas águas naturais, encontram-se substâncias dissolvidas que, por suas características, podem produzir cor. A água pura se caracteriza pela ausência de cor. Tais substâncias podem ser de origem orgânica, tais como: plâncton, algas, húmus, ligninas, sendo os dois últimos produtos de decomposição de vegetais; e inorgânica, como por exemplo, íons metálicos como o ferro e o manganês. A cor se torna ainda mais intensa com a combinação de ferro e matéria orgânica dissolvidos na água (Richter; Azevedo Netto, 1991).

A cor elevada não representa risco à saúde. Entretanto, por questões estéticas, a água para abastecimento público deve ser límpida, transparente e incolor, o que não garante sua qualidade (Costa; Sousa, 2007).

**Figura 8** Dados comparativos entre os resultados da análise da cor da água nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA



Fonte: Autora

Os resultados das análises realizadas nas amostragens de água das torneiras T1, T2, T3 e T4 na primeira (C1) e segunda (C2) coleta mostraram que a cor da água foi superior ao VMP na coleta 1(C1) de abril, na coleta 2 (C2) foi superior na torneira T1 e T4 inferior na T2 apresentou o mesmo nível na T3 que estão dentro dos níveis de recomendação do CONAMA (Figura 08). Como a T1 era na copa da escola o possível motivo se vem é uma possível entrada de matéria orgânica proveniente de infiltrações externas ou contato com materiais de vedação e encanamento que estejam em decomposição ou degradação. A Resolução CONAMA N° 357 de 2005, define a cor

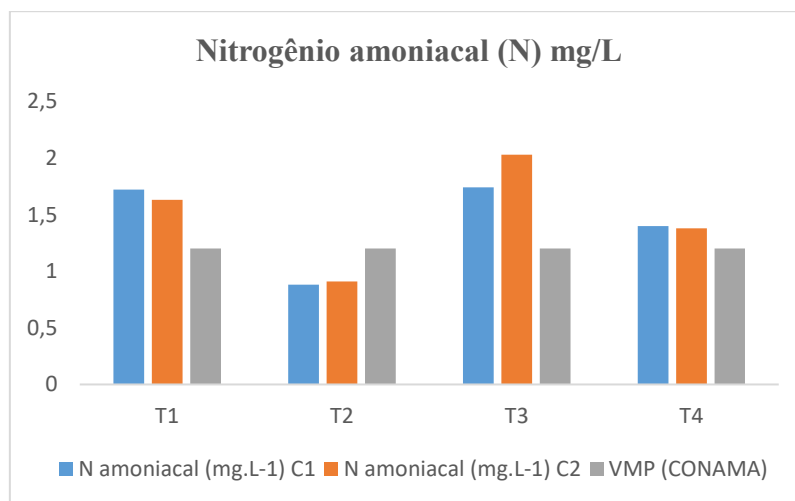
verdadeira da água em um nível de cor natural do corpo de água em 75 mg Pt/L. Isso se baseia nos parâmetros do Ministério da Saúde, que estabelece que a água produzida e distribuída para o consumo humano deve ser controlada. E que a cor é um dado que indica a presença das substâncias dissolvidas na água. Assim como a turbidez, a cor é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto (Costa; Sousa, 2007).

No caso das amostras coletadas houve uma variação considerável entre os níveis encontrados, mas, nenhum que tenha sido superior ao que a legislação permite, com exceção do T1 na C2, o que pode indicar a falta de tratamento adequado do produto em alguns locais sem causar preocupação aparente com a saúde.

### N amoniacal

O nitrogênio presente na forma de  $\text{NH}_3$  ou nitrogênio amoniacal é um elemento cuja substância que pode se constituir em risco para a saúde humana, sendo um componente nitrogenado que pode estar presente naturalmente em águas subterrâneas e superficiais, como resultado da decomposição da matéria orgânica matéria orgânica em estado avançado (Richter, 2009).

**Figura 9:** Dados comparativos entre os resultados da análise de N amoniacal na água nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA



Fonte: Autora

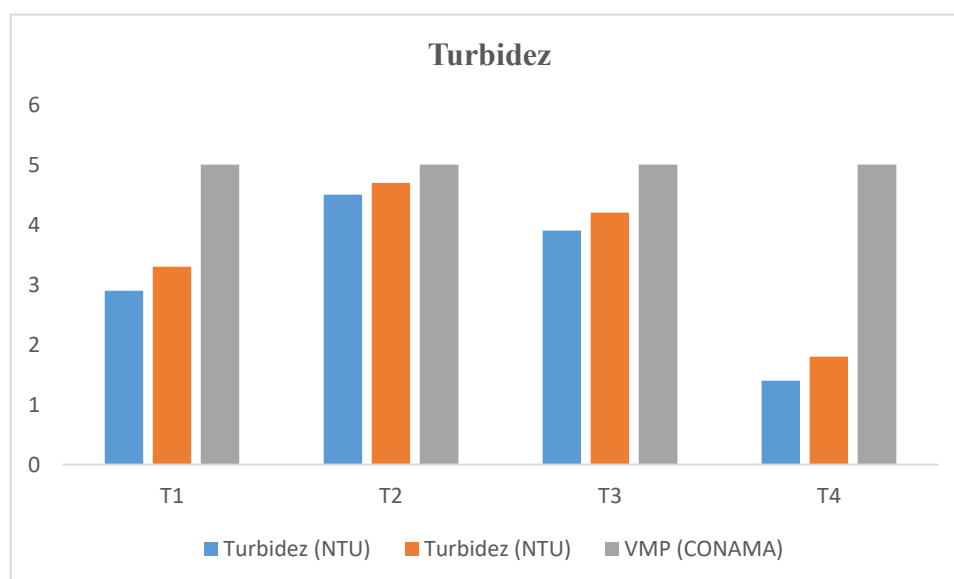
Os resultados das análises realizadas nas amostragens de água das torneiras T1, T2, T3 e T4 na primeira (C1) e segunda (C2) coleta mostraram que o nível de nitrogênio amoniacal foi inferior somente na torneira 2 (T2) nas demais torneiras T1, T2 e T3 os

valores ultrapassaram ao VMP indicado pelo CONAMA (Figura 09). Os valores de nitrogênio amoniacal (N) acima do limite recomendado pela CONAMA nos pontos T1, T3 e T4, no ponto T1 é uma torneira da copa, próximo a caixa de gordura da escola, já o T3 e T4, são bebedouros próximos do banheiro da escola. Logo nitrogênio amoniacal é frequentemente associado à decomposição de compostos orgânicos nitrogenados, como restos de alimentos, urina e esgoto, o que sugere que esses pontos possam estar sofrendo contaminação por resíduos orgânicos, possivelmente devido à proximidade com fossas sépticas, caixas de gordura, esgoto sanitário mal vedado ou infiltrações no sistema de distribuição. Os compostos nitrogenados podem ser usados como indicadores da idade da carga poluidora (esgoto). A presença de amônia pode caracterizar poluição recente por esgotos domésticos (Macêdo, 2001).

## Turbidez

Segundo a CONAMA (2005) é aceitável turbidez de até 40 unidades nefelométrica na água para consumo humano. A turbidez é causada pela presença de materiais em suspensão, tais como: argila, sílica, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida e organismos microscópicos. Esses materiais ocorrem em tamanhos diversos, variando desde as partículas maiores que se depositam no fundo do rio até as que permanecem em suspensão por muito tempo, como é o caso das partículas coloidais.

**Figura 10:** Dados comparativos entre os resultados da análise da turbidez da água nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA



Fonte: Autora

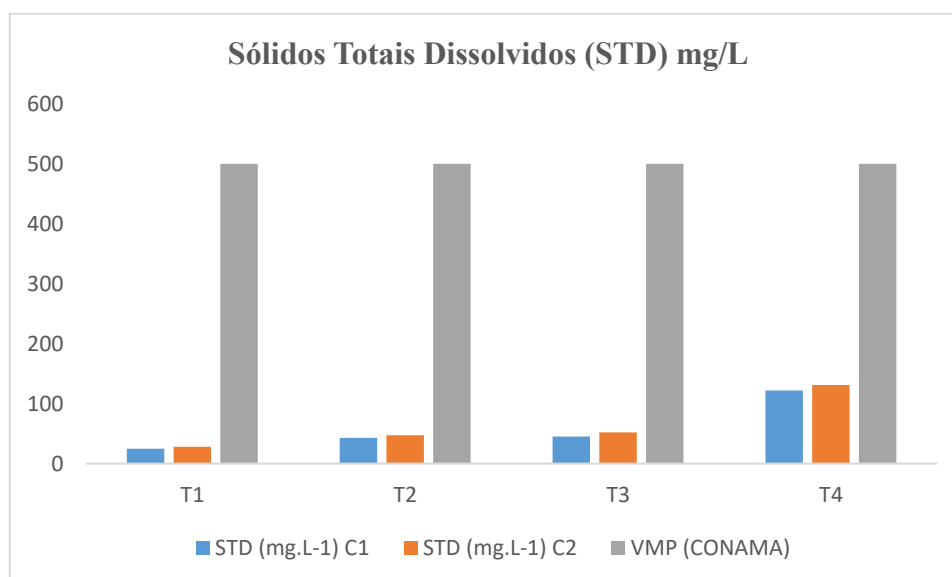
O resultado das análises realizadas nas amostragens de água das torneiras T1, T2, T3 e T4 na primeira (C1) e segunda (C2) coleta mostraram níveis de turbidez inferiores ao VMP orientado pelo CONAMA (Figura 10).

As tabelas 02 e 03 mostram que na maioria dos pontos de coleta os valores ficaram abaixo do VMP para a turbidez, indicando pouca presença de sólidos em suspensão na água. Apesar da turbidez em águas subterrâneas e superficiais aumentarem devido aos efeitos da erosão e da poluição, relacionada aos despejos domésticos e industriais, os quais agregam à água materiais que servem de alimento para bactérias e outros organismos vivos que também vão contribuir para aumentar a turbidez (Silva; Oliveira, 2001).

### Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Os STD podem ser encontrados na água potável de forma natural, devido ao contato da água com rochas e solos. Também podem ser introduzidos na água através de atividades humanas, como escoamento urbano, resíduos industriais e fertilizantes (Scheeren et al., 2011).

**Figura 11:** Dados comparativos entre os resultados da análise dos sólidos totais dissolvidos na água nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA



Fonte: Autora

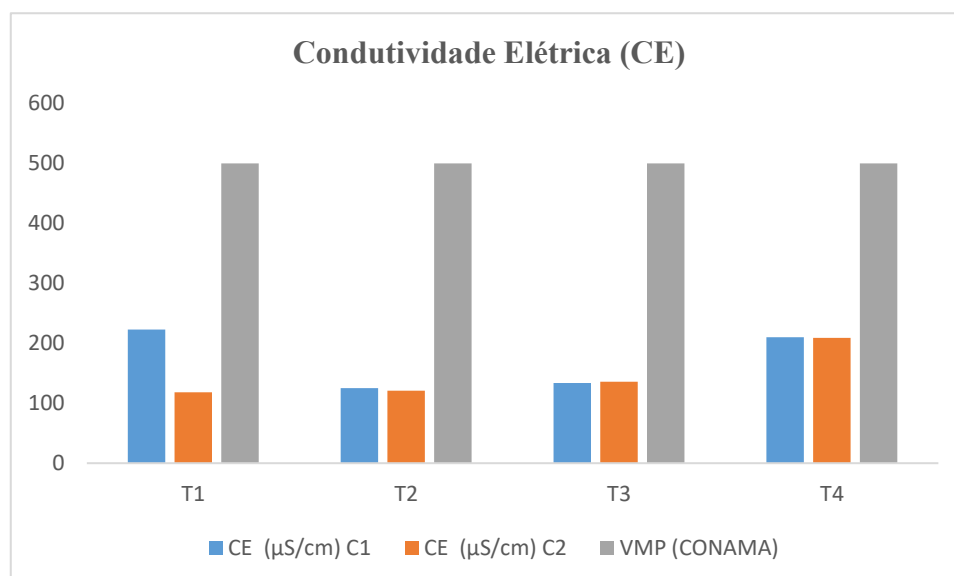
Os resultados das análises realizadas nas amostragens de água das torneiras T1, T2, T3 e T4 na primeira (C1) e segunda (C2) coleta mostraram que o nível de sólidos

totais dissolvidos foi muito abaixo o VMP recomendado pelo CONAMA (Figura 11). A presença de STD na água potável representa a soma de todos os minerais, sais e outras substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidos na água. Embora alguns STD sejam necessários para a saúde e palatabilidade da água, níveis elevados podem indicar a presença de contaminantes ou afetar o sabor e a qualidade (Von Sperling, 2007).

### Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica na água potável indica a presença de íons dissolvidos, que são íons de sais minerais como sódio, cálcio, magnésio, cloretos, sulfatos, entre outros. Esses íons são responsáveis por conduzir a corrente elétrica na água.

**Figura 12** Dados comparativos entre os resultados da análise da condutividade elétrica em água nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA



Fonte: Autora

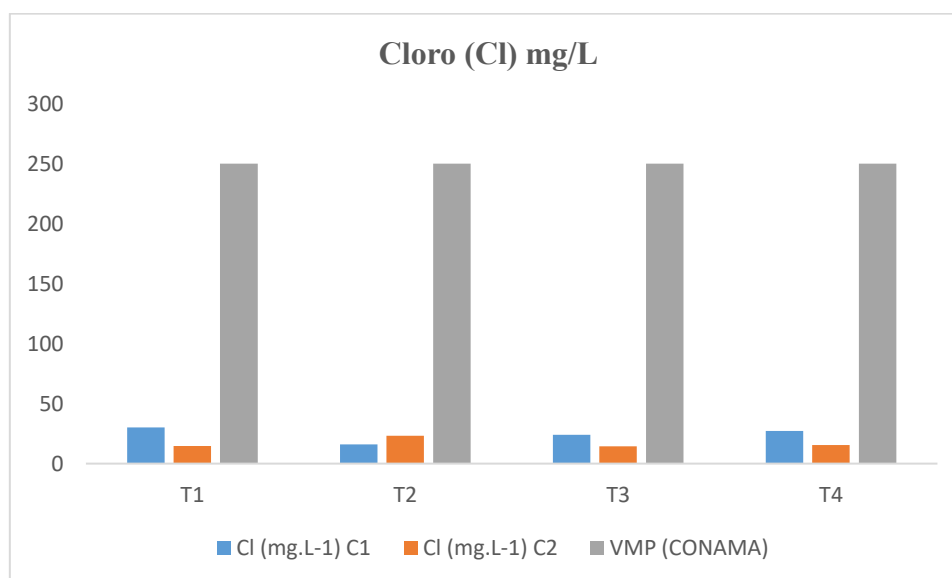
Os resultados das análises realizadas nas amostragens de água das torneiras T1, T2, T3 e T4 na primeira (C1) e segunda (C2) coleta exibiram níveis de condutividade elétrica todos inferiores ao VMP recomendado pelo CONAMA (Figura 11). Uma alta condutividade pode indicar a presença de níveis elevados de minerais ou substâncias químicas indesejadas na água, o que pode afetar a qualidade e a potabilidade da água (Von Sperling, 2007). A CE é um indicador importante da qualidade da água potável, pois indica a presença de íons dissolvidos que podem afetar o sabor e a segurança da água. Medições de condutividade elétrica são utilizadas para garantir que a água potável

atenda aos padrões de qualidade estabelecidos (Coimbra, 2018).

## Cloro

Os Cloretos são encontrados praticamente em todas as águas naturais. A sua presença pode ser de origem mineral ou derivada de contaminação marinha de suprimentos subterrâneos, despejos domésticos, efluentes industriais e contaminação devido aos sais utilizados na agricultura. Mesmo em concentrações mais elevadas, os cloretos não são prejudiciais à saúde do homem, porém, conferem sabor a água.

**Figura 13** Dados comparativos entre os resultados da análise de cloro presente na água nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA



Fonte: Autora

O resultado das análises realizadas nas amostragens de água das torneiras T1, T2, T3 e T4 na primeira (C1) e segunda (C2) coleta apresentaram níveis de cloro bem abaixo do VMP sugerido pelo CONAMA (Figura 12). A concentração de íons cloretos (Cl<sup>-</sup>) nas águas naturais pode ser resultante da lixiviação de rochas e solos que contenham em sua composição sais cloretos, da adição de águas residuárias industriais e das atividades agrícolas. Na ausência desses fatores, o teor de cloretos é um indicador de poluição por esgotos domésticos nas águas naturais, uma vez que as excretas humanas contêm cerca de 6 g de cloretos por pessoa ao dia (Richter; Azevedo Netto, 1991). Portanto, o aumento da concentração íon cloreto pode ser indicativo que o corpo d'água está sendo utilizado para disposição de dejetos (Costa; Sousa, 2007).

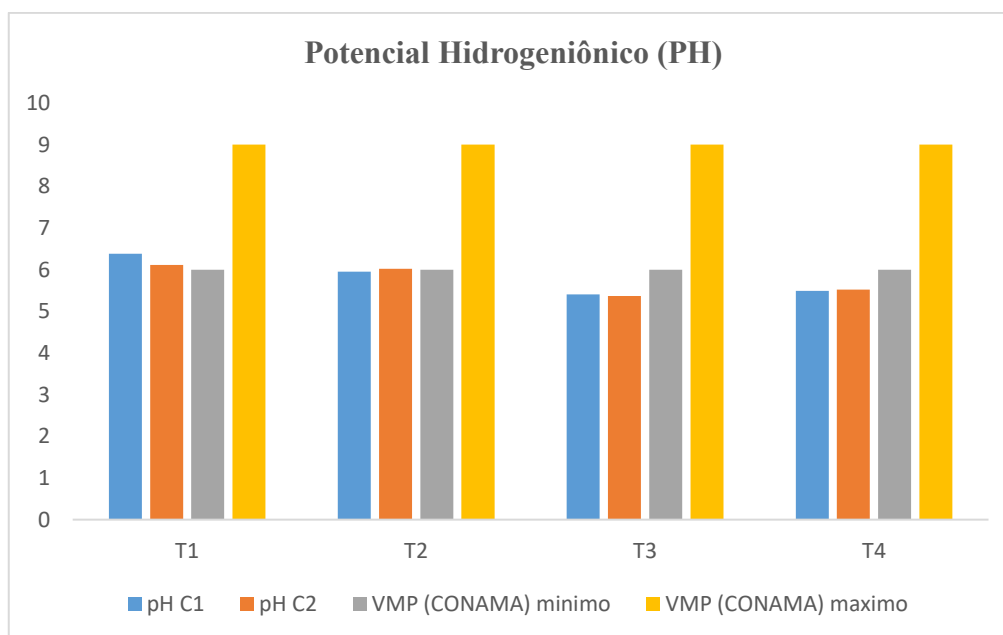
Os cloretos estão presentes na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio. Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que

eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar. As concentrações de cloretos, mesmo superiores a  $1.000 \text{ mg L}^{-1}$ , não são prejudiciais ao homem, a não ser que ele sofra de moléstia cardíaca ou renal (Silva; Oliveira, 2001).

### Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é um parâmetro que indica a concentração de íons de hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) livres numa solução. Sua escala varia entre o valor mínimo 0 (acidez máxima) e o máximo 14 (acidez mínima). Segundo o CONAMA (2005) o valor de pH é considerado importante, pois ele é um dos nove parâmetros escolhidos para o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA), onde os critérios de proteção à vida aquática e humana fixam o pH entre 6,0 e 9,0, de acordo com a alínea “m”, do Art. 14, da Resolução N° 357 – CONAMA.

**Figura 14** Dados comparativos entre os resultados da análise do potencial hidrogeniônico (pH) da água nas coletas C1 e C2 e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela CONAMA



Fonte: Autora

Os resultados das análises realizadas nas amostragens de água das torneiras T1, T2, T3 e T4 na primeira (C1) e segunda (C2) coleta expuseram valores de pH similares mínimo e inferiores ao máximo VMP prescrito pelo CONAMA, indicando uma água de neutra para ácida (Figura 14). Considerando que o pH é importante para a saúde humana, a CONAMA (2005) determina que para consumo humano é recomendado a faixa de pH entre 6,0 a 9,0. Essa faixa é ideal para que as toxinas e acidez sejam eliminadas do organismo, pois quando não se consegue equilibrar o pH do organismo

(o pH do sangue deve ser entre 7,35 a 7,45), o corpo fica propenso a infecções, parasitas e doenças degenerativas.

### **Análise Microbiológica**

A água potável não deve conter microrganismos patogênicos e deve estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal (bactérias de referência as do grupo coliforme), cujo grupo principal chama-se *Escherichia coli*. O exame microbiológico da água tem como objetivo fornecer subsídio da potabilidade, isto é, ausência de risco de ingestão de micro-organismos causadores de doenças, geralmente provenientes da contaminação pelas fezes humanas e outros animais de sangue quente (Brasil, 2013, p.93).

Os microrganismos presentes nas águas naturais são em sua maioria, inofensivos à saúde humana. Entretanto, na contaminação por esgoto sanitário estão microrganismos que poderão ser prejudiciais à saúde humana. Entre os microrganismos patogênicos estão: vírus, bactérias, protozoários e helmintos (Brasil, 2013).

Os resultados obtidos na primeira (C1) e segunda (C2) coleta nos pontos T1, T2, T3 e T4 (Tabelas 05 e 6, nessa ordem) devem estar de acordo com os parâmetros limites da Portaria de Consolidação nº 05 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, constataram que houve ausência de microrganismos patogênicos oriundo do parâmetro microbiológico *Escherichia coli* em todos os pontos e em ambas as coletas nas amostragens de água. Mas houve presença de coliformes totais nas torneiras dos bebedouros localizadas no térreo (T2) e no segundo andar (T4) na primeira coleta (C1) (Tabela 05) e contaminação na segunda coleta (C2) na torneira do bebedouro localizado no primeiro andar (T3).

**Tabela 5** . Resultado da análise de coliformes totais e E. Coli da primeira coleta C1

Parâmetros	T1	T2	T3	T4
C.T. (UFC/100m)	ausente	84,4	ausente	>2419,6
E. Coli (UFC/100m)	ausente	ausente	ausente	ausente

**T1:** torneira de uso comum localizada no térreo; **T2:** torneira do bebedouro localizado no térreo; **T3:** torneira do bebedouro localizado no 1º andar; **T4:** torneira do bebedouro localizado no 2º andar  
Fonte: Autora

**Tabela 6.** Resultado da análise de coliformes totais e E. Coli da segunda coleta C2

Parâmetros	T1	T2	T3	T4
C.T. (UFC/100m)	ausente	ausente	21.2	ausente
E. Coli (UFC/100m)	ausente	ausente	ausente	ausente

**T1:** torneira de uso comum localizada no térreo; **T2:** torneira do bebedouro localizado no térreo; **T3:** torneira do bebedouro localizado no 1º andar; **T4:** torneira do bebedouro localizado no 2º andar  
Fonte: Autora

A presença de coliformes totais em água e alimentos, em alguns casos, podem não ser indícios de contaminação fecal, pois, há no grupo bactérias cuja origem não é exclusivamente entérica. Haja vista, a capacidade de colonização ambiental destes microrganismos, em especial do solo (Tancredi et al, 2002). Apesar da não presença de *E. coli* é importante saber que ele constitui a causa mais comum de infecção das vias urinárias, sendo responsável por cerca de 90% das primeiras infecções urinárias em mulheres jovens, além disso, provoca diarreia no mundo inteiro (Brooks, Butel, Morse, 1998).

As bactérias do grupo coliforme habitam normalmente o intestino de homens e de animais, servindo, portanto, como indicadoras da contaminação de uma amostra de água por fezes. Uma grande vantagem no uso de bactérias coliformes como indicadoras de contaminação fecal é sua presença em grandes quantidades nos esgotos domésticos. Quanto maior a população de coliformes em uma amostra de água, maior é a chance de que haja contaminação por organismos patogênicos (BRASIL, 2006).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos na primeira amostragem, realizada em abril na Escola Estadual Augusto dos Anjos, indicaram que, dos 11 parâmetros físico-químicos avaliados, os níveis de ferro (Fe), fósforo (P), nitrito (NO<sub>2</sub>), nitrato (NO<sub>3</sub>), cloro (Cl), turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD), alumínio (Al) e condutividade elétrica (C.E.) estavam dentro dos limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 e pela Resolução CONAMA (Consolidação nº 5/2017). Por outro lado, os parâmetros de pH, cor aparente e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) apresentaram valores acima do recomendado, embora sem representar risco significativo à qualidade da água.

Na análise microbiológica, não foi detectada a presença de *Escherichia coli* (E. coli) em nenhuma das amostras. No entanto, coliformes totais (CT) foram encontrados nas torneiras T2 (térreo) e T4 (2º andar), o que aponta possível contaminação por fezes de animais de sangue quente, tornando a água imprópria para o consumo humano, conforme os critérios legais vigentes.

Na segunda amostragem, realizada em outubro, os parâmetros físico-químicos se mantiveram estáveis, com exceção do pH, cor aparente e nitrogênio amoniacal, que novamente excederam os limites legais. Apesar disso, os resultados ainda não configuram risco sanitário imediato. Quanto à microbiologia, a presença de E. coli continuou ausente, mas coliformes totais foram identificados na torneira T3 (1º andar), provavelmente em razão da presença de pássaros que utilizam a caixa d'água como ninho.

Esses resultados indicam a necessidade de medidas corretivas urgentes, como a limpeza e desinfecção periódica da caixa d'água, além da vedação de acessos que permitam a entrada de animais. A adoção dessas ações é essencial para garantir a potabilidade da água e preservar a saúde da comunidade escolar.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Cadernos de Recursos Hídricos: Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil.** Disponível: <[http://portalpnqa.ana.gov.br/publicacao/panorama\\_do\\_enquadramento.pdf](http://portalpnqa.ana.gov.br/publicacao/panorama_do_enquadramento.pdf)> acessado in: 10 de julho de 2025  
 Águas Subterrâneas, v. 32, n. 1, p. 43-51, 2018.
- AITH, F. M. A.; ROTHBARTH, R.. O estatuto jurídico das águas no Brasil. **Estudos. avançados**, v. 29, n. 84, p. 163-177, SP, 2015.
- ALVES, L. et al. (2017). **Sensitivity of Amazon Regional Climate to Deforestation.** American Journal of Climate Change, 6, 75-98.
- ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas Brasil. Abastecimento urbano de água.** /Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2004.  
 Blucher Ltda.1998.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Programa nacional de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano.** Brasília, 2006
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde,** Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2013.
- BRASIL.-SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). 2004 Disponível em [www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br). Acesso em 25/04/2025.
- BROOKS G. F.; BUTEL J. S.; MORSE A. S. **Microbiologia médica.** 20.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 175-84. 1998.
- CAMPOS, J. D. **Desafios do gerenciamento dos recursos hídricos nas transferências naturais e artificiais envolvendo mudança de domínio hídrico.** (Tese de Doutorado), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro-RJ, 2005.
- COIMBRA, G. M. **Como saber se água é limpa e própria para consumo?** Labvida, Santa Clara, Santarém/PA, 18 de janeiro de 2018  
 Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, Brasília,** 1126 p, set 1984 e Jan 2012.
- COSTA, O. S., SOUSA, A. R. **Análise da Água – Métodos Analíticos Físico-químicos e Biológicos.** Goiânia. GO. UFG. 2007.
- CUNHA, H. F. A. et al. **Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação.** Revista Ambiente & Água, v.7, n.3, p. 155-165, 2012.
- DAMINELI, A; DAMINELI, D.S.C. Origens da vida. **Estud. av.,** São Paulo, v. 21, n.

59, p. 263-284, 2007.

DELVIN T. M. et al. **Manual de Bioquímica com correlações clínicas**. Editora Edgard

Disponível: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/doencas/tabela-20-cidades.pdf>> acessado in: 23 de julho de 2025.

EMBRAPA. **Manual de Análises Químicas, Plantas e Fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2002. 370p

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da Limnologia**, v. 1, 2st ed.; Interciência/FINEP. Rio de Janeiro-RJ, 1998.

FRANCO, R.M.B. **Protozoários de veiculação hídrica: relevância em saúde pública**. Revista Pan-americana de Infectologia, São Paulo, v. 9, n.1, p.36-43, 2007.

Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual prático de análise de água**. 3ª ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2009.144 p.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual prático de análise de água**. 4ª ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2013.150 p

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual prático de análise de água**. 4ª ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2013.150 p

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento - Entre os 100 Maiores Municípios do Brasil**.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; IBGE –Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Relatório econômico**. Brasília: Ipea; IBGE, 2005.

MACEDO, J. A B. **Águas e Águas**. São Paulo: Varela, 505p, 2001.

MAHAN, B. M. **Química: um curso universitário**. 4. ed. São Paulo: Ed. Blücher, 2000.

PARRON, Lucilia Maria. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-químico de água**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

PIVELI, R. P.; TAKAYU, M. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**.ed. São Paulo: ABES,2006, p 285.

RICHTER, C.A; NETTO, J.M.A **Tratamento de água: Tecnologia atualizada**. ed. São Paulo. Blucher 1991.p.332.

ROSSI, P.; MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N. **Curvas de distribuição de efluentes do íon nitrato em amostras de solo deformadas e indeformadas**. Artigo (graduação) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" ESALQ/USP, Piracicaba. 2007.

SCHEEREN, M. B.; KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; DRESSLER, V. L. **O processo ANAMMOX como alternativa para tratamento de águas residuárias, contendo alta concentração de nitrogênio**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola

e Ambiental, Campina Grande, v. 15, p. 1289-1297, 2011

SILVA, L. P.; BARBOSA, J. P.; SILVA, G. A. **Análise exploratória de dados da qualidade da água de poços amazonas na cidade de Macapá, Amapá, Brasil.**

SILVA, S. A., OLIVEIRA, R. **Manual de Análises Físico-Químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias.** Campina Grande. PB. O Autor. 2001.

TANCREDI, R. C. P.; CERQUEIRA, E.; MARINS, B. R. **Águas minerais consumidas na cidade do Rio de Janeiro: avaliação da qualidade sanitária, 2002.** Disponível em: <http://www.saude.rio.rj.gov.br/cgi/public>>. Acesso em 03.04. 2025.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, M. T.; ABE, D. S.; ROCHA, O; STARLING, F. **Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos.** In: Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação (3.ed.).** São Paulo: Escrituras Editoras, cap.7, 2006. p.203-240.

VON SPERLING, M, **Estudo e modelagem da qualidade da água dos rios.** Volume 7, 2ª edição, 588 p. 2007

ZOBY, J. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil.** In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 15. Natal: 2008 - ABAS. CD-ROM