



Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO –
UEMASUL

CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS, TECNOLÓGICAS E LETRAS –
CAMPUS AÇAILÂNDIA CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

ANA CLÉIA SILVA DA CUNHA DE SOUSA
MARIA DA CONCEIÇÃO FARIAS SOUSA DE ASSIS

IMPACTOS DOS ESGOTOS DOMÉSTICOS NA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO
AÇAILÂNDIA: análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos no trecho Boeira

Açailândia - MA

2025

ANA CLÉIA SILVA DA CUNHA DE SOUSA
MARIA DA CONCEIÇÃO FARIAS SOUSA DE ASSIS

IMPACTOS DOS ESGOTOS DOMÉSTICOS NA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO
AÇAILÂNDIA: análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos no trecho Boeira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão / Campus Açailândia, como requisito parcial para a obtenção do grau de Tecnólogas em Gestão Ambiental.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Regiane Késsias de Sousa Lira

Açailândia – MA

2025

S725i

Sousa, Ana Cléia Silva da Cunha de

Impactos dos esgotos domésticos na qualidade da água do rio Açailândia: análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos no trecho Boeira / Ana Cléia Silva da Cunha de Sousa; Maria da Conceição Farias Sousa de Assis. – Açailândia: UEMASUL, 2024.

51 f.

Monografia (Curso de Tecnólogo em Gestão Ambiental) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Açailândia, MA, 2024.

Orientadora: Prof^a. Dra. Regiane Késsias de Sousa Lira.

1. Água. 2. Poluição. 3. Qualidade. I. Título.


CDU 628.2(812.1)

**ANA CLÉIA SILVA DA CUNHA DE SOUSA
MARIA DA CONCEIÇÃO FARIAS SOUSA DE ASSIS**


**IMPACTOS DOS ESGOTOS DOMÉSTICOS NA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO
AÇAILÂNDIA: análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos no trecho Boeira**

Aprovado em: 20/01/2025


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **REGIANE KESSIAS DE SOUSA LIRA**
Data: 01/02/2025 10:18:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra. Regiane Késsias de Sousa Lira
Doutorado em Processos Químicos e Bioquímicos
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
UEMASUL/CCHSTL

Documento assinado digitalmente
 **JHEIMISON FERREIRA GOMES**
Data: 29/01/2025 21:29:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Jheimisson Ferreira Gomes
Mestrado em Ciências dos Materiais
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
UEMASUL/ CCENT

Documento assinado digitalmente
 **KELE SOUSA PIRES ANDRADE**
Data: 03/02/2025 23:47:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Me Kele Sousa Pires Andrade
Mestrado em Biodiversidade e Conservação
Pesquisadora da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão
UEMASUL/CCA

Dedico esse trabalho a mim mesma, pois, voltar à sala de aula depois de quase 20 anos e permanecer até o final do curso apesar das pedras no caminho me faz determinada, e a determinação leva ao sucesso. Portanto, que venha o sucesso!

E dedico também ao meu irmão, Júlio Cleibe, que ficou muito feliz quando soube que eu tinha passado no vestibular, e que de uma família de seis irmãos, eu seria a primeira a ter uma formação superior. Obrigada meu irmão, saudades eternas, e de onde você estiver, continue torcendo pelo meu sucesso.

Ana Cléia

Dedico este trabalho à minha amada família e amigos, que sempre estiveram ao meu lado. Ao meu marido, pelo apoio incondicional e amor, e à minha filha, que é a minha maior inspiração. Agradeço também aos meus amigos, que tornaram essa jornada mais leve e cheia de momentos especiais. Sem vocês, este projeto não seria possível.

Maria Assis

AGRADECIMENTOS

Queremos expressar nesse momento sublime uma profunda gratidão a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho e nos apoiaram ao longo dessa jornada acadêmica. A Professora Dra. Regiane Késsias de Sousa Lira queremos agradecer pelo conhecimento transmitido, pela paciência e orientação ao longo do desenvolvimento. Suas ideias, sugestões e correções foram inestimáveis para o sucesso deste trabalho.

À instituição onde realizamos estudos e trabalhos desse projeto, pelos recursos disponibilizados e pelo ambiente propício para o desenvolvimento de pesquisa e aprendizado. Por fim, expressamos uma profunda gratidão a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, mesmo que não mencionadas nominalmente. Obrigado a todos por fazerem parte dessa jornada e por acreditarem. Sem o apoio de vocês, o trabalho de Conclusão de Curso não teria sido possível.

*A água, o mais humilde dos recursos,
é a mais preciosa de todas as dádivas
naturais, e a preservação de sua pureza é uma
luta contínua da humanidade (Carson, 1962).*

RESUMO

SOUSA, A. C. S. C.; ASSIS, M. C. F. S. Impactos dos esgotos domésticos na qualidade da água do rio Açailândia: **análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos no trecho Boeira**. 2024. Trabalho de conclusão de curso (graduação em tecnologia de gestão ambiental) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Maranhão, 2024.

O rápido crescimento das cidades, impulsionado pelo aumento populacional e pela urbanização, tem gerado impactos significativos sobre os recursos hídricos. A ausência de infraestrutura adequada, como sistemas de esgoto, resulta no despejo de efluentes não tratados em rios e lagos, o que agrava a poluição hídrica e compromete tanto a saúde pública quanto o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. Diante disso, o presente estudo investiga os impactos ambientais causados pelo despejo de esgotos domésticos no Rio Açailândia, especificamente no trecho conhecido como Boeira, às margens da BR-010. A pesquisa focou na análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de amostras de água com o objetivo de identificar os níveis de contaminação e avaliar a conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005. Na área da pesquisa, conhecida como trecho Boeira, foram realizadas três coletas de água em pontos diferentes com um intervalo de 5 m de um ponto para a outro, com profundidade de no mínimo de 30 cm, ou seja, na lâmina da água. E foram coletadas em recipientes de vidro com capacidade de 100 ml, e em seguida foram colocados em caixa térmica, e transportados até O Laboratório de Biotecnologia Ambiental (LABITEC) da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), Campus (Imperatriz-Ma), onde foram analisadas de acordo com os métodos padrões para análise de água e efluentes recomendado APHA (2023). Com base nos resultados das análise das amostras de água P1, P2 e P3 dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados foram detectados valores acima do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005. Os resultados indicaram uma significativa degradação da qualidade da água, com elevados índices de poluentes que excedem os limites permitidos, o que compromete tanto a saúde pública quanto a sustentabilidade ambiental da região.

Palavras-chave: Água. Poluição. Qualidade.

Orientador(a): Prof^a Dr. ^a Regiane Késsias de Sousa Lira

ABSTRACT

SOUSA, A. C. S. C.; ASSIS, M. C. F. S. Impacts of domestic sewage on the water quality of the açailândia river: **analysis of physical-chemical and microbiological parameters in the Boeira section**. 2024. Course completion work (graduation in environmental management technology) – State University of the Tocantina Region of Maranhão, Maranhão, 2024.

The rapid growth of cities, driven by population growth and urbanization, has generated significant impacts on water resources. The lack of adequate infrastructure, such as sewage systems, results in the discharge of untreated effluents into rivers and lakes, which aggravates water pollution and compromises both public health and the balance of aquatic ecosystems. In view of this, this study investigates the environmental impacts caused by the discharge of domestic sewage into the Açailândia River, specifically in the stretch known as Boeira, on the banks of BR-010. The research focused on the analysis of physical-chemical and microbiological parameters of water samples with the aim of identifying contamination levels and assessing compliance with the standards established by CONAMA Resolution 357/2005. In the research area, known as the Boeira stretch, three water samples were collected at different points with an interval of 5 m between one point and the other, with a depth of at least 30 cm, that is, at the water level. They were collected in 100 ml glass containers and then placed in a thermal box and transported to the Environmental Biotechnology Laboratory (LABITEC) of the State University of the Tocantina Region of Maranhão (UEMASUL), Campus (Imperatriz-MA), where they were analyzed according to the standard methods for water and effluent analysis recommended by APHA (2023). Based on the results of the analysis of water samples P1, P2, and P3, the physical-chemical and microbiological parameters analyzed showed values above the maximum limit established by CONAMA Resolution 357/2005. The results indicated a significant degradation of water quality, with high levels of pollutants that exceed the permitted limits, which compromises both public health and the environmental sustainability of the region.

Keywords: Water. Pollution. Quality

Advisor: Teacher Dr. ^a Regiane Késsias de Sousa Lira

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

IMAGENS

Imagem 1 – Demarcação do município de Açailândia.....	29
Imagem 2 – Demarcação da área de estudo.....	30
Imagem 3 – Coletas e amostras.....	32
Imagem 4 – Coletas e amostras.....	32
Imagem 5 – Assoreamento no rio Açailândia, trecho Boeira.....	33
Imagem 6 – Esgoto doméstico lançado para o rio Açailândia, trecho Boeira	34
Imagem 7 – Resíduos domésticos lançados próximo às margens do Rio Açailândia, trecho Boeira	34

GRÁFICOS

Gráfico 1 – Valores dos parâmetros cloreto, condutividade, dureza total e fenóis.....	37
Gráfico 2 – Valores do parâmetro ferro.....	38
Gráfico 3 – Valores dos parâmetros fósforo, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, nitrato, nitrito e pH.....	39
Gráfico 4 – Valores dos parâmetros sólidos totais, sólidos dissolvidos, sulfato, surfactantes.....	41
Gráfico 5 – Valores dos parâmetros turbidez.....	42
Gráfico 6 – Valores dos parâmetros bactérias heterotróficas, coliformes fecais e Coliformes fecais.....	43

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. JUSTIFICATIVA.....	14
3. OBJETIVOS.....	17
3.1. Objetivos gerais.....	17
3.2. Objetivos específicos.....	17
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
4.1. Recursos hídricos.....	18
4.2. Recursos Hídricos (importância, uso, poluição)	19
4.3. Esgoto doméstico (características, classificação, impactos e gestão)	20
4.4. Parâmetros de qualidade da água.....	21
<i>4.4.1. Parâmetros Físicos.....</i>	<i>22</i>
<i>4.4.2. Parâmetros Químicos.....</i>	<i>23</i>
<i>4.4.3. Parâmetros Biológicos.....</i>	<i>25</i>
4.5. Resolução Conama 357/05 - Enquadramento de corpos hídricos.....	26
5. METODOLOGIA.....	29
5.1. Procedimentos Metodológicos.....	29
5.2. Área de estudo.....	29
<i>5.2.1. Localização do município.....</i>	<i>29</i>
<i>5.2.2. Coletas das amostras.....</i>	<i>31</i>
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
6.1. Análise físico-química.....	35
6.2. Parâmetros microbiológicos.....	42
7. CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

O rápido crescimento das cidades, impulsionado pelo aumento populacional e pela urbanização, tem gerado impactos significativos sobre os recursos hídricos. A ausência de infraestrutura adequada, como sistemas de esgoto, resulta no despejo de efluentes não tratados em rios e lagos, o que agrava a poluição hídrica e compromete tanto a saúde pública quanto o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos conforme apontam (Marathe *et al.*, 2017).

Haja vista, em várias regiões de países em desenvolvimento, como o Brasil, a degradação crescente dos corpos d'água devido à contaminação por efluentes domésticos tem sido uma preocupação central. A falta de saneamento básico é um dos principais fatores que contribuem para essa contaminação, segundo (Melo *et al.*, 2019). De acordo com Veiga *et al.* (2013), uma quantidade significativa de pessoas ainda não tem acesso a serviços de coleta e tratamento de esgoto adequados, o que resulta no descarte indiscriminado de resíduos em corpos d'água, agravando a situação de poluição.

A Resolução Conama 357/2005, que regulamenta a classificação de corpos d'água e estabelece padrões para o lançamento de efluentes, fornece diretrizes importantes para o controle da qualidade da água e a preservação ambiental no Brasil. Estudos mostram que o cumprimento dessas normas é fundamental para melhorar a saúde pública e reduzir a poluição hídrica, especialmente em locais onde não há infraestrutura sanitária suficiente, segundo (Carvalho e Sampaio, 2015). Essas normas são fundamentais para o desenvolvimento de políticas públicas que visam gerenciar os recursos hídricos de forma sustentável na região.

O município de Açailândia, no estado do Maranhão, é um exemplo dessa situação. O município enfrenta problemas em relação à gestão de seus recursos hídricos, embora seja uma área de grande importância econômica e ambiental. Esse processo causa poluição que não apenas deteriora a qualidade da água, tornando-a imprópria para consumo e outras atividades humanas, mas coloca em risco a biodiversidade local, ameaçando a saúde dos ecossistemas aquáticos (Rodrigues, 2021).

A degradação do Rio Açailândia é um reflexo da ausência de infraestrutura de saneamento básico e da falta de fiscalização e controle ambiental efetivos. De acordo com Li e Wu (2019), pois essa situação coloca em risco não apenas o ambiente natural, mas também a saúde pública, a água contaminada pode ser um veículo para diversas doenças de veiculação hídrica, como diarreia, hepatite e cólera.

Diante desse cenário, torna-se imperativo realizar estudos que visem avaliar a qualidade da água do Rio Açailândia e identificar os principais impactos causados pelos

despejos de esgotos domésticos. Com isso, este trabalho tem como objetivo principal analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água no trecho conhecido como Bueira, localizado às margens da BR-010, em Açailândia e identificar A partir dessa análise, será possível identificar os níveis de contaminação da água na localidade e servir como base para a elaboração de futuras medidas de mitigação.

2 JUSTIFICATIVA

Uma das maiores questões ambientais contemporâneas é a poluição dos recursos hídricos, especialmente em áreas urbanas sem infraestrutura de saneamento básico. Essa nuance é particularmente importante no Brasil porque o crescimento desordenado das cidades combinado com a falta de políticas públicas eficazes causa grandes impactos ambientais, principalmente sobre os corpos hídricos que cortam os centros urbanos (Silva *et al.*, 2015)

Sobremaneira, em tal situação, o Rio Açailândia, situado no município de Açailândia, no estado do Maranhão, é um exemplo notável de como os esgotos domésticos são despejados diretamente no rio sem tratamento adequado, comprometendo a qualidade da água e, portanto, a saúde da população local e o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. Este trabalho emprega a análise da relevância em estudar e porque é urgente entender os efeitos do despejo de esgotos domésticos no Rio Açailândia (Martins, 2020).

Além disso, como afirma Souza (2017), as mudanças no ambiente são causadas por mudanças químicas, físicas e biológicas. Essas mudanças têm um efeito prejudicial na saúde, na segurança e no bem-estar das pessoas, além de prejudicar a qualidade dos recursos naturais. No caso do Rio Açailândia, a poluição tem vários efeitos, afetando não apenas a qualidade da água, mas também a fauna e a flora aquáticas, que são vitais para manter o equilíbrio ecológico na área.

Ademais, os estudos seguem de forma rígida diretrizes da Resolução Conama 357/2005, que estabelece padrões para a classificação de corpos d'água e diretrizes ambientais para o controle de poluentes. A intenção é identificar os níveis de contaminação e avaliar a conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação, analisando os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água. Tendo em vista que este trabalho não visa apenas examinar a situação atual do Rio Açailândia, mas também servir como referência para a criação de políticas públicas para proteger e melhorar a qualidade da água.

Precipuamente, a finalidade é preencher lacunas na literatura sobre a poluição hídrica em pequenas e médias cidades brasileiras, que muitas vezes não recebem a atenção adequada das autoridades. A maioria dos estudos sobre qualidade da água se concentra em regiões metropolitanas ou em grandes rios, deixando de lado os cursos d'água de menor porte, que são importantes para as comunidades locais. Este trabalho, ao examinar o Rio Açailândia, ajuda a entender os impactos ambientais em rios de pequeno porte e discute a importância de políticas públicas que tomem em consideração a realidade desses rios.

A premissa do âmbito social da pesquisa é garantir que a população de Açailândia seja informada sobre a situação real dos recursos hídricos. O despejo de esgotos sem tratamento contamina a água e coloca os moradores em risco de doenças de veiculação hídrica como diarreias, hepatites e outras infecções gastrointestinais, que são agravadas em ambientes vulneráveis. A poluição do rio afeta diretamente a subsistência e a qualidade de vida dos habitantes locais, pois afeta atividades econômicas cruciais como a agricultura e a pesca (Costa, 2023).

A escolha do Rio Açailândia como objeto de estudo também se justifica pela sua importância ecológica e econômica para o município. Com uma bacia hidrográfica que abrange aproximadamente 2.401 km², o rio é um dos principais recursos hídricos da região, sendo essencial para o abastecimento de água, a irrigação agrícola e outras atividades econômicas. A degradação da qualidade da água, portanto, representa uma ameaça não apenas para a biodiversidade local, mas também para a sustentabilidade econômica da região (Martins, 2020).

Este trabalho tem sua relevância devido a conscientização sobre os perigos da poluição hídrica e a necessidade de práticas de manejo sustentável dos recursos naturais. A preservação do Rio Açailândia é essencial para garantir a disponibilidade de água de qualidade para as gerações presentes e futuras, bem como para assegurar que as atividades econômicas que dependem diretamente do recurso continuem funcionando. Como resultado, o estudo examina os efeitos ambientais causados pelos esgotos domésticos e oferece soluções concretas e viáveis para a preservação ambiental e a recuperação do Rio Açailândia.

Conforme destaca Paz *et al.* (2021), a preservação dos recursos hídricos é fundamental para garantir o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida das populações. Do ponto de vista metodológico, a realização deste estudo é definida pela necessidade de se utilizar métodos de análise que permitam uma avaliação detalhada dos impactos ambientais no Rio Açailândia. A escolha de parâmetros físicos, químicos e biológicos para a análise da qualidade da água está em conformidade com as normas técnicas e científicas, garantindo que os resultados obtidos sejam precisos e confiáveis.

Nesse sentido, as normas garantem que os dados coletados sejam de alta qualidade e que os resultados científicos sejam válidos. Como resultado, os resultados deste estudo podem ajudar a academia e a sociedade. O objetivo desse trabalho é fornecer uma análise dos efeitos dos esgotos domésticos em rios de pequeno porte. Isso contribui para a literatura existente sobre gestão ambiental e poluição hídrica. Socialmente, o estudo visa sensibilizar os gestores públicos

e a população local sobre a importância da preservação dos recursos hídricos, sugerindo medidas concretas para melhorar a qualidade da água no Rio Açailândia.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivos Geral

Avaliar os impactos ambientais causados pelo despejo de esgoto doméstico na qualidade da água do Rio Açailândia, especificamente no trecho conhecido como Bueira, localizado às margens da BR-010, baseado nos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água.

3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar os impactos causados ao Rio pelo despejo de esgotos doméstico à população daquela localidade;
- Descrever a qualidade e as características físico-química e microbiológica da água do rio;
- Identificar através da Resolução do Conama 357/2005 se essa água pode ser usada pela população para serviços domésticos.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Recursos hídricos

Os recursos hídricos abrangem todas as manifestações de água existentes na natureza, como rios, lagos, aquíferos, oceanos, geleiras e águas subterrâneas, têm um papel crucial na vida humana e nos ecossistemas do planeta. Esses recursos são essenciais não apenas para a própria sobrevivência, mas também para o funcionamento de diversas atividades econômicas, incluindo agricultura e indústria, além de servirem como fonte de lazer e de serviços ecossistêmicos (Costa, 2012).

Assim, a água se configura como um recurso natural vital e irreplicável para a continuidade da vida e o progresso econômico. A bacia hidrográfica representa um componente relevante para o estudo do ciclo hidrológico, especialmente em sua fase terrestre, que inclui tanto a infiltração quanto o escoamento superficial (Alves, 2024). Pode-se caracterizá-la como uma área delimitada por um divisor de águas, que a distingue das bacias vizinhas, atuando como um coletor natural das águas da precipitação por meio de superfícies inclinadas.

Segundo Porto (2008), a gestão de recursos hídricos baseada nas bacias hidrográficas permite uma abordagem integrada, considerando aspectos físicos, sociais e econômicos. Observa-se que o rápido crescimento das cidades nas últimas décadas tem intensificado a pressão que as atividades humanas exercem sobre os recursos naturais. A expansão das áreas urbanas provoca uma série de impactos ambientais, afetando praticamente todos os ecossistemas do planeta.

Entre os principais efeitos estão a poluição das águas, a degradação do solo devido ao desmatamento, a contaminação dos aquíferos subterrâneos e a introdução de espécies invasoras. Esses fatores têm contribuído para a redução dos habitats naturais e uma perda significativa de biodiversidade (Brasil, 2016). Conforme apontam Mucelin e Bellini (2008), no ambiente urbano, as condições ambientais são moldadas pela percepção dos habitantes, que influenciam a utilização do espaço. Precipuaemente, como grande atenção global nos últimos tempos, a água vem suscitando debates sobre a gestão e a preservação dos escassos recursos hídricos.

Os ecossistemas aquáticos, embora essenciais para a vida, enfrentam um rápido processo de deterioração devido à interferência humana. Essa degradação afeta suas propriedades físicas, químicas e biológicas, resultando na atual crise mundial. Consoante as ideias de Postel e Richter (2003), a pressão sobre os recursos hídricos devido ao crescimento

populacional e à expansão agrícola está levando à degradação dos ecossistemas aquáticos e à diminuição da qualidade da água disponível.

Nesse sentido, denota-se que a disponibilidade desses recursos é limitada e está sob crescente pressão devido a uma combinação de fatores, entre os quais se destacam o crescimento populacional, a urbanização desenfreada e as mudanças climáticas. De acordo com Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) (2023) o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, o aumento da população mundial e a crescente urbanização aumentam significativamente a demanda por água, resultando em um uso insustentável dos recursos hídricos em muitas regiões do mundo.

Haja vista, a Organização das Nações Unidas (ONU) (2011), alerta que, sem uma ação considerável, quase metade da população mundial viverá em áreas de escassez de água até 2030, e o impacto das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos continuará a se intensificar. Nesse contexto, a gestão sustentável dos recursos hídricos tornou-se uma necessidade iminente. A sustentabilidade hídrica envolve o uso eficiente e responsável da água, garantindo que este recurso esteja disponível em quantidade e qualidade suficientes para atender as necessidades humanas e ambientais no presente e no futuro.

4.2 Recursos Hídricos (importância, uso, poluição)

O consumo dos recursos hídricos tem registrado um crescimento acelerado nas últimas décadas, impulsionado pelo aumento da população e pela expansão das atividades humanas. Esse aumento resultou em uma demanda elevada por água, exercendo uma pressão intensa tanto sobre a disponibilidade quanto sobre a qualidade desse recurso essencial, como explicado por (Engle *et al.*, 2014). O processo de urbanização crescente, juntamente com a intensificação das práticas agrícolas, contribui para a extração de água dos rios, lagos e aquíferos, frequentemente de maneira insustentável.

Além disso, a expansão das áreas urbanas e industriais agrava a poluição dos recursos hídricos, seja por meio do descarte inadequado de esgotos domésticos e industriais, ou pelo uso excessivo de agroquímicos que acabam por contaminar esses corpos d'água, conforme apontam (Engle *et al.*, 2014). Segundo Mekonnen e Hoekstra (2016), a poluição dos recursos hídricos é um dos maiores desafios ambientais da atualidade. Ela ocorre de diversas formas, incluindo a contaminação por substâncias químicas, resíduos sólidos, metais pesados e nutrientes em excesso, como nitrogênio e fósforo.

Esses poluentes comprometem a qualidade da água, tornando-a imprópria para o consumo humano e prejudicando a vida aquática. Indicadores apontam que a poluição por nutrientes, conhecida como eutrofização que é o acúmulo excessivo de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, em corpos d'água que ocasiona o crescimento de algas (Gadelha *et al.*, 2022). Ainda segundo Gadelha *et al.* (2022) a decomposição consome o oxigênio da água, prejudicando a vida aquática, é um problema crescente em muitas regiões, levando à proliferação de algas tóxicas e à redução da oxigenação das águas, o que pode resultar na morte de peixes e outros organismos aquáticos.

A poluição por esgotos não tratados, que afeta a saúde pública e a qualidade dos recursos hídricos, é evidentemente um outro fator crucial. A Organização Mundial da Saúde (OMS) afirma que a disenteria e a cólera, entre outras doenças de veiculação hídrica, afetam milhões de pessoas, principalmente em países em desenvolvimento, devido à falta de tratamento adequado dos esgotos (Jiang *et al.*, 2021). Quando os esgotos domésticos e industriais não são tratados corretamente, efluentes despejam diretamente nos corpos hídricos. Isso contamina a água, prejudica o ambiente e afeta negativamente a biodiversidade aquática.

4.3 Esgoto doméstico (características, classificação, impactos e gestão)

O esgoto doméstico, é composto na sua grande maioria por água, resíduos orgânicos, nutrientes, microrganismos e uma variedade de poluentes químicos, resultantes das atividades cotidianas das pessoas, como banhos, lavagem de roupas, uso de sanitários e preparo de alimentos. As suas características podem variar conforme fatores como padrões de consumo, infraestrutura das cidades e condições socioeconômicas. Uma das condições mais importantes para manter a salubridade das cidades é a coleta e o tratamento adequado dos efluentes domésticos (Flores *et al.*, 2017).

Não obstante o investimento contínuo em redes de coleta de esgotos nas cidades do Brasil, a questão se agrava e ainda não foi resolvida. A distribuição disforme dos recursos, a gestão ineficaz e a falta de planejamento são algumas das causas desta situação. A cobertura do serviço de esgotamento sanitário ainda é insuficiente, especialmente nas áreas mais pobres do país, apesar dos avanços. A falta de políticas públicas eficazes que garantam a manutenção e a expansão das infraestruturas existentes agrava a situação (Leoneti *et al.*, 2011).

Para impedir os microrganismos responsáveis pela decomposição de materiais orgânicos, o potencial hidrogeniônico (pH) do esgoto doméstico deve ser mantido entre 6,0 e

8,3. Além, disso, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é frequentemente usada como um indicador da fração biodegradável do esgoto. Por outro lado, a demanda química de oxigênio (DQO) mede a oxidação química da matéria orgânica presente. Para avaliar a eficácia dos sistemas de tratamento de esgoto e garantir que os efluentes tratados possam ser liberados nos corpos d'água sem causar danos significativos ao meio ambiente, esses parâmetros são essenciais (Fernandes, 2012).

Em virtude disso, a água cinza (produzida por pias, chuveiros e lavanderias) e água negra (produzida por sanitários) são os dois principais tipos de esgoto doméstico. Von Sperling (2005) afirma que esse tipo de esgoto é usado para o escoamento da água de banhos, lavagem de roupas e utensílios e funcionamento dos vasos sanitários. Ademais, Mota (2006), discute que o oxigênio dissolvido (OD) na água é fornecido aos organismos aquáticos aeróbios por meio da degradação da matéria orgânica do esgoto doméstico. A morte desses organismos pode ser causada pela diminuição dos níveis de OD, o que afeta a cadeia alimentar e a biodiversidade local.

No entanto, a implementação de sistemas de esgotamento sanitário no Brasil enfrenta problemas importantes, como investimentos insuficientes, gestão inábil e distribuição desigual de recursos. Sobretudo, a causar deficiências na cobertura do serviço, principalmente nas áreas mais pobres conforme (Aragão, 2017). O tratamento adequado do esgoto ajuda a preservar os ecossistemas aquáticos, bem como melhora a saúde pública e promove a sustentabilidade ambiental. É essencial que investimentos contínuos e políticas públicas sólidas sejam direcionados para a expansão e melhoria da infraestrutura de saneamento básico. O tratamento adequado do esgoto ajuda a preservar os ecossistemas aquáticos, bem como melhora a saúde pública e promove a sustentabilidade ambiental. É essencial que investimentos contínuos e políticas públicas sólidas sejam direcionados para a expansão e melhoria da infraestrutura de saneamento básico.

4.4 Parâmetros de qualidade da água

O conhecimento das principais características físicas, químicas e biológicas da água, permite a avaliação da sua qualidade (Libânio *et al.*, 2006). Como tais características podem ser expressas por meio de concentrações ou outros valores numéricos, elas passarão a ser designadas como parâmetros.

4.4.1 *Parâmetros Físicos*

Os parâmetros físicos da qualidade da água, como temperatura, turbidez, cor, condutividade elétrica e sólidos em suspensão, são essenciais para a caracterização inicial da qualidade da água. Esses parâmetros fornecem informações fundamentais sobre o estado físico do corpo hídrico e permitem identificar rapidamente possíveis fontes de poluição, relevante para monitoramentos e para estabelecer uma linha de base para a gestão ambiental e a preservação dos recursos hídricos (Peixeiro *et al.*, 2012). A precisão na medição desses parâmetros é vital para o sucesso das avaliações ambientais e para a implementação de medidas.

Nesse sentido, visando identificar mudanças no ambiente causadas por atividades humanas ou processos naturais, como poluição por sedimentos e variações sazonais. Analisar e entender esses parâmetros, proporcionam um impacto direto na saúde dos ecossistemas aquáticos e afetam a eficiência dos processos químicos e biológicos que ocorrem na água. A temperatura, cor, turbidez, condutividade elétrica e sólidos em suspensão são parâmetros que podem ser medidos diretamente sem a necessidade de reações químicas ou biológicas. Essa medição precisa facilitar a gestão sustentável dos recursos hídricos e a preservação ainda segundo (Peixeiro *et al.*, 2012).

- **Temperatura:** A temperatura da água influencia uma série de processos físico-químicos e biológicos. Segundo Von Sperling (2005), a temperatura afeta a solubilidade dos gases na água, a taxa de reações químicas e o metabolismo dos organismos aquáticos. Por exemplo, em temperaturas mais altas, a solubilidade do oxigênio na água diminui, o que pode prejudicar a sobrevivência de peixes e outros organismos aquáticos.

- **Turbidez:** A turbidez é uma medida da claridade da água e está diretamente relacionada à presença de partículas em suspensão, como argila, silte, matéria orgânica, plâncton e outros microrganismos. A turbidez elevada pode reduzir a penetração da luz, essencial para a fotossíntese das plantas aquáticas. Além disso, pode indicar a presença de contaminantes que podem ser prejudiciais à saúde humana e à vida aquática (Paulo, 2011).

- **Cor e Sólidos em Suspensão:** A cor da água, que pode ser natural ou proveniente de poluentes, é outro parâmetro importante. A cor natural, geralmente causada por substâncias húmicas provenientes da decomposição da matéria orgânica, não necessariamente indica poluição, mas a presença de corantes artificiais pode ser um sinal de contaminação industrial. Já os sólidos em suspensão (SS) incluem qualquer partícula sólida que permaneça suspensa na água e não se dissolve (Xavier *et al.*, 2022).

- **Condutividade Elétrica:** A condutividade elétrica mede a capacidade da água de conduzir corrente elétrica, que está diretamente relacionada à concentração de íons dissolvidos. Segundo o Método Padrão para Análise de Água e Efluentes da Associação Americana de Saúde Pública (do inglês *Methods for the Examination of Water and Wastewater; American Public Health Association*) (APHA, 2023), a condutividade pode ser utilizada como um indicador da salinidade da água. Em corpos d'água naturais, a condutividade é influenciada pela geologia da área e por atividades antropogênicas, como a aplicação de fertilizantes e a descarga de efluentes industriais.

4.4.2 Parâmetros Químicos

Substâncias químicas em água podem ser causadas por fontes naturais ou atividades humanas. Além de garantir a conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos, a avaliação desses parâmetros permite a identificação de possíveis riscos à saúde humana e ao meio ambiente. A presença de contaminantes químicos na água pode causar danos relevantes, incluindo poluição dos corpos hídricos e comprometimento da saúde dos ecossistemas aquáticos. Segundo Paulo (2011), é fundamental manter um monitoramento contínuo desses parâmetros para a manutenção da qualidade da água.

São necessários a análise e o monitoramento contínuos desses parâmetros para garantir água limpa e segura. Isso garante o uso para vários propósitos, como preservar a biodiversidade, fornecer abastecimento de pessoas e manter operações agrícolas e industriais. Embora seja importante manter a atenção sobre a presença e concentração dessas substâncias químicas (Cintra et al, 2020). De acordo com Silva (2020), os parâmetros químicos da qualidade da água são essenciais para avaliar sua potabilidade e adequação para diferentes usos, como irrigação, recreação e suporte à vida aquática, considerando a presença de substâncias químicas naturais e antropogênicas.

- **pH (Potencial Hidrogeniônico):** O pH é um dos parâmetros químicos mais básicos e importantes, que mede a acidez ou alcalinidade da água em uma escala de 0 a 14. A Resolução CONAMA 357/2005 estipula que o pH da água destinada ao abastecimento deve estar entre 6,0 e 9,5. Este intervalo é ideal para a maioria dos organismos aquáticos, sendo que valores fora dessa faixa podem causar estresse fisiológico e até mortalidade em espécies sensíveis.

- **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO):** A DBO é um indicador da quantidade de matéria orgânica biodegradável presente na água. Ela mede a quantidade

de oxigênio necessária para a decomposição da matéria orgânica por microrganismos aeróbicos em um período específico, geralmente cinco dias. Segundo Bonifácio e Nobrega (2021), a DBO é amplamente utilizada como um indicador de poluição orgânica, principalmente em rios e lagos que recebem esgotos domésticos ou efluentes industriais. Valores elevados de DBO indicam a presença de grande quantidade de matéria orgânica, o que pode levar à depleção de oxigênio dissolvido, prejudicando a vida aquática.

- **Demanda Química de Oxigênio (DQO):** Diferente da DBO, a DQO mede a quantidade total de matéria orgânica que pode ser oxidada por agentes químicos. Enquanto a DBO se concentra na fração biodegradável, a DQO abrange toda a matéria orgânica presente na água, oferecendo uma visão mais completa da carga orgânica. A DQO é um parâmetro importante para a avaliação de efluentes industriais, onde a matéria orgânica pode incluir compostos que não são facilmente biodegradáveis (Veiga, 2005).

- **Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo):** Os nutrientes, particularmente o nitrogênio e o fósforo, são essenciais para o crescimento das plantas, mas em concentrações elevadas podem causar problemas ambientais graves, como a eutrofização. Em concordância com Mekonnen e Hoekstra (2016), quando essas algas morrem, sua decomposição consome grandes quantidades de oxigênio, resultando em zonas mortas, onde a vida aquática não pode sobreviver. O nitrogênio pode estar presente na água em várias formas, incluindo amônia, nitrito e nitrato, sendo que cada uma dessas formas tem implicações diferentes para a saúde ambiental.

- **Metais pesados:** Metais pesados, como chumbo, mercúrio, cádmio e cobre, podem ser altamente tóxicos mesmo em baixas concentrações. Esses metais entram nos corpos d'água através de várias fontes, incluindo efluentes industriais, lixiviados de aterros sanitários e runoff agrícolas. Segundo o Ministério da Saúde (2023), a exposição a metais pesados pode causar uma série de problemas de saúde, incluindo danos ao sistema nervoso, doenças renais e desregulação endócrina. Portanto, a presença de metais pesados na água é um parâmetro crítico a ser monitorado, especialmente em áreas industriais ou de intensa atividade agrícola.

- **Contaminantes Emergentes:** Recentemente, a presença de contaminantes emergentes, como fármacos, hormônios e produtos de cuidado pessoal, tem sido uma preocupação crescente. De acordo com Smith (2003), esses compostos, muitas vezes

não completamente removidos nas estações de tratamento de esgoto, podem ter efeitos adversos em organismos aquáticos e potencialmente em seres humanos. Estudos indicam que alguns desses contaminantes podem atuar como disruptores endócrinos, interferindo na reprodução e no desenvolvimento dos organismos aquáticos.

4.4.3 Parâmetros Biológicos

Os parâmetros biológicos da qualidade da água constituem indicadores para a avaliação da presença de organismos vivos, como bactérias, vírus, protozoários e algas, em corpos hídricos. A análise serve para determinar o grau de contaminação microbiológica, o que é crítico para a segurança do consumo humano. De acordo com Macchi *et al.* (2018), estudos recentes, a identificação e o monitoramento dessas entidades biológicas são cruciais, não apenas para assegurar a potabilidade da água, mas também para prevenir surtos de doenças transmitidas pela água, reforçando a importância de controles rigorosos e contínuos.

- **Coliformes Totais e Fecais:** Os coliformes são um grupo de bactérias amplamente utilizados como indicadores de contaminação fecal em corpos d'água. A presença de coliformes totais indica a presença de bactérias de origem fecal e não fecal, enquanto os coliformes fecais (ou termotolerantes) são específicos para a contaminação fecal, geralmente de origem humana ou animal. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece limites para a presença desses organismos, sendo que a ausência de coliformes fecais é um requisito para a água potável.

- **Bactérias Heterotróficas:** As bactérias heterotróficas representam uma ampla categoria de microrganismos que utilizam a matéria orgânica dissolvida na água como fonte de energia. A APHA (2023), afirma que embora a presença dessas bactérias não seja necessariamente um indicativo de contaminação fecal, altas contagens podem sugerir a presença de matéria orgânica e possível poluição por esgoto. Em sistemas de tratamento de água, o controle da população de bactérias heterotróficas é essencial para garantir a eficácia dos processos de purificação.

- **Cianobactérias e Algas:** As cianobactérias, também conhecidas como algas azuis-verdes, são organismos fotossintetizantes que podem proliferar rapidamente em condições de excesso de nutrientes, como nitrogênio e fósforo. Segundo Smith (2003), algumas espécies de cianobactérias produzem toxinas (cianotoxinas) que são prejudiciais à saúde humana e animal, podendo causar desde irritações na pele até danos

ao fígado e sistema nervoso. A proliferação de cianobactérias é um problema significativo em corpos d'água eutrofizados, onde o controle de nutrientes é insuficiente.

- **Vírus e Protozoários:** Além das bactérias, a presença de vírus e protozoários na água é um aspecto crítico da qualidade microbiológica. Patógenos como os vírus entéricos e protozoários como *Giardia* e *Cryptosporidium* podem causar doenças graves, incluindo diarreias severas, especialmente em populações vulneráveis conforme discute Cunha *et al.*, (2007). Esses microrganismos são resistentes aos tratamentos convencionais de água, como a cloração, e requerem processos adicionais de filtração ou desinfecção.

4.5 Resolução Conama 357/05 - Enquadramento de corpos hídricos

A Resolução Conama 357/2005 estabelece as diretrizes necessárias no eixo do enquadramento e na classificação dos corpos hídricos no Brasil, estabelecendo normativas ambientais rigorosas para proteger a qualidade da água, essencial para a vida e o meio ambiente. Este regulamento é uma resposta que visa à crescente pressão sobre os recursos hídricos, resultante do crescimento populacional, da urbanização e das mudanças climáticas, que têm contribuído para a degradação dos ecossistemas aquáticos.

A disposição dos corpos hídricos, a medida da Resolução Conama 357/2005, é baseado em uma série de parâmetros físicos, químicos e biológicos que visam garantir sobremaneira que a água seja adequada para os seus múltiplos usos, incluindo o abastecimento humano, a preservação da fauna e flora aquáticas, e a recreação. O monitoramento desses parâmetros garante a identificação de possíveis fontes de poluição em através do uso de tecnologias ágeis e implementação de medidas de mitigação.

De modo, a Resolução classifica os corpos hídricos na Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4 de acordo com a qualidade da água e seus principais usos. A Resolução estabelece limites severos para contaminantes como coliformes termotolerantes, oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) para corpos hídricos de Classe 1, destinados ao abastecimento público com tratamento simplificado. Silva *et al.*, (2020) adverte como a qualidade da água pode afetar diretamente as condições de saúde e epidemiológicas da população, é imperativo proteger a saúde pública.

A Classe 1 é a categoria mais restritiva, destinada ao abastecimento público com tratamento simplificado, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, como natação, e à irrigação de hortaliças consumidas cruas. "Os corpos hídricos

classificados como Classe 1 devem atender a critérios rigorosos de qualidade da água, incluindo limites específicos para coliformes termotolerantes, oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO)" (Brasil, 2005).

O limite para coliformes termotolerantes em águas da Classe 1 é de até 200 NMP por 100 ml, refletindo a necessidade de garantir a segurança para o consumo humano e a recreação. Segundo Oliveira *et al.* (2020), a presença de coliformes termotolerantes em níveis elevados pode indicar contaminação fecal, o que representa um risco significativo para a saúde pública. Além disso, o Oxigênio Dissolvido deve ser superior a 6 mg/L para garantir a manutenção das condições necessárias para a vida aquática. A DBO máxima permitida é de 3 mg/L, indicando baixa carga orgânica, essencial para prevenir processos de eutrofização.

Outrossim, a Classe 2 é menos restritiva que a Classe 1 e se destina ao abastecimento público, desde que a água seja submetida a tratamento convencional, além de ser adequada para recreação de contato secundário, irrigação de culturas menos sensíveis, e dessedentação de animais. Os corpos d'água classificados como Classe 2 podem conter até 1.000 NMP de coliformes termotolerantes por 100 ml de água conforme aponta Souza (2017), o que ainda garante uma qualidade adequada para os usos previstos.

O limite de Oxigênio Dissolvido é de 5 mg/L, um valor que, segundo Pereira (2018), ainda é suficiente para sustentar uma fauna aquática diversificada, mas já permite uma maior flexibilidade no uso da água. A DBO máxima permitida para a Classe 2 é de 5 mg/L, refletindo uma maior tolerância a cargas orgânicas, compatível com a diversidade de usos permitidos. Já a Classe 3 abrange corpos hídricos que podem ser utilizados para abastecimento público, desde que a água seja submetida a tratamento convencional ou avançado, irrigação de culturas menos sensíveis e dessedentação de animais.

Almeida *et al.*, (2017) adverte para essa classe que a resolução permite até 4.000 NMP de coliformes termotolerantes por 100 ml de água, o que indica uma qualidade de água inferior às Classes 1 e 2, mas ainda utilizável após tratamento adequado. O Oxigênio Dissolvido deve ser mantido acima de 4 mg/L, um nível que é seja mínimo necessário para evitar a morte de organismos aquáticos, embora possa não ser ideal para todos os tipos de vida aquática. A DBO para a Classe 3 é permitida até 10 mg/L, o que demonstra uma maior presença de matéria orgânica, adequada para usos menos exigentes em termos de qualidade da água.

A Classe 4 é a mais permissiva e destina-se a corpos hídricos usados para navegação e harmonia paisagística. A Resolução não especifica limites para Oxigênio Dissolvido, DBO e coliformes termotolerantes para a Classe 4, refletindo que esses corpos d'água possuem uma

qualidade inferior e são destinados a usos que não envolvem contato direto com a água. Apesar de não serem estabelecidos parâmetros rígidos para essa classe. De acordo com Martins (2021), a proteção desses recursos é essencial para evitar a degradação adicional e garantir que a qualidade da água não piore ao ponto de afetar negativamente os ecossistemas adjacentes.

A falta de tratamento adequado de esgoto leva ao despejo direto de efluentes domésticos e industriais em corpos hídricos em muitos municípios brasileiros. Isso prejudica a saúde pública e a qualidade dos corpos hídricos (Lima *et al.*, 2018). Nesse sentido, Cunha *et al.*, (2017), adverte que a falta de tratamento prévio dos efluentes leva à propagação de doenças de veiculação hídrica, como cólera e hepatite, que são amplamente transmitidas por coliformes fecais encontrados na água. A fiscalização e o cumprimento são questões enfrentadas pela Resolução.

No entanto, os recursos são limitados e não são distribuídos uniformemente em todas as regiões do Brasil, o que dificulta a fiscalização contínua, especialmente em locais remotos ou economicamente desfavorecidos (Almeida *et al.*, 2019). Apesar desses obstáculos, a Resolução Conama 357/2005 representa um grande avanço na gestão sustentável do abastecimento de água no Brasil. Um método integrado que envolva a colaboração entre os vários níveis de governo, setor privado e sociedade civil é necessário para sua implementação bem-sucedida. A preservação da qualidade da água depende da educação ambiental e do respeito público às leis ambientais.

5 METODOLOGIA

5.1 Procedimentos Metodológicos

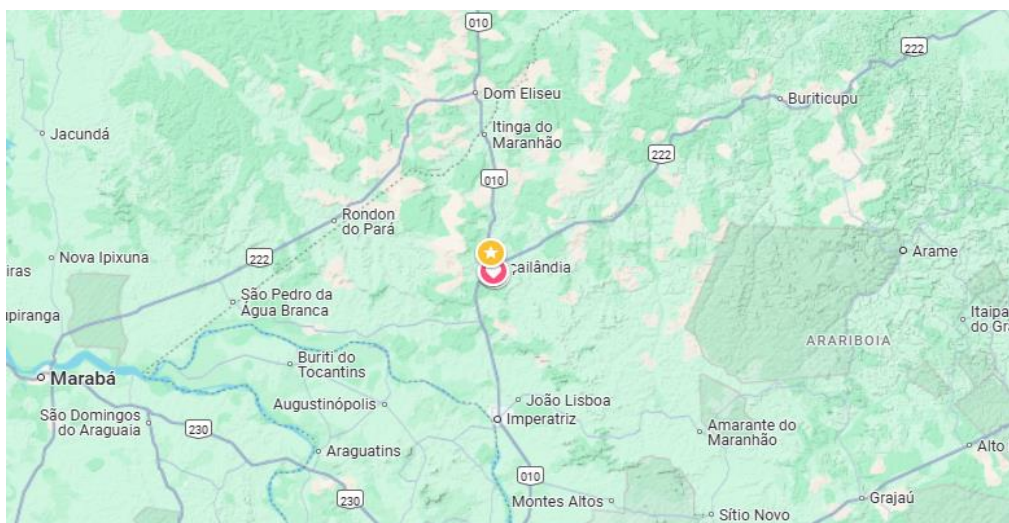
Para alcançar as metas estabelecidas nesta pesquisa, foram utilizados procedimentos metodológicos como, revisão bibliográfica em artigos, monografias, teses, dissertações, legislação vigente, entre outros, visando a análise da produção literária relacionada à questão da qualidade da água, que serviu como base para a elaboração da fundamentação teórica do presente estudo. Para Fonseca (2002), qualquer trabalho científico principia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. Além disso, foi realizada visita *in loco* para verificação do melhor ponto para a coleta das amostras, observando a profundidade e correnteza das águas na área de estudo

5.2 Área de estudo

5.2.1 Localização do município

O município de Açailândia está situado na mesorregião oeste maranhense e faz limite ao Norte com os municípios de Itinga e Bom Jardim, a Leste com os municípios de Bom Jesus das Selvas e Buriticupu, a Sul com João Lisboa, São Francisco do Brejão e Cidelândia e a oeste com os municípios paraenses de Rondon do Pará e Dom Eliseu, (Google Maps, 2024), conforme Figura 1.

Imagem 1 – Demarcação do município de Açailândia

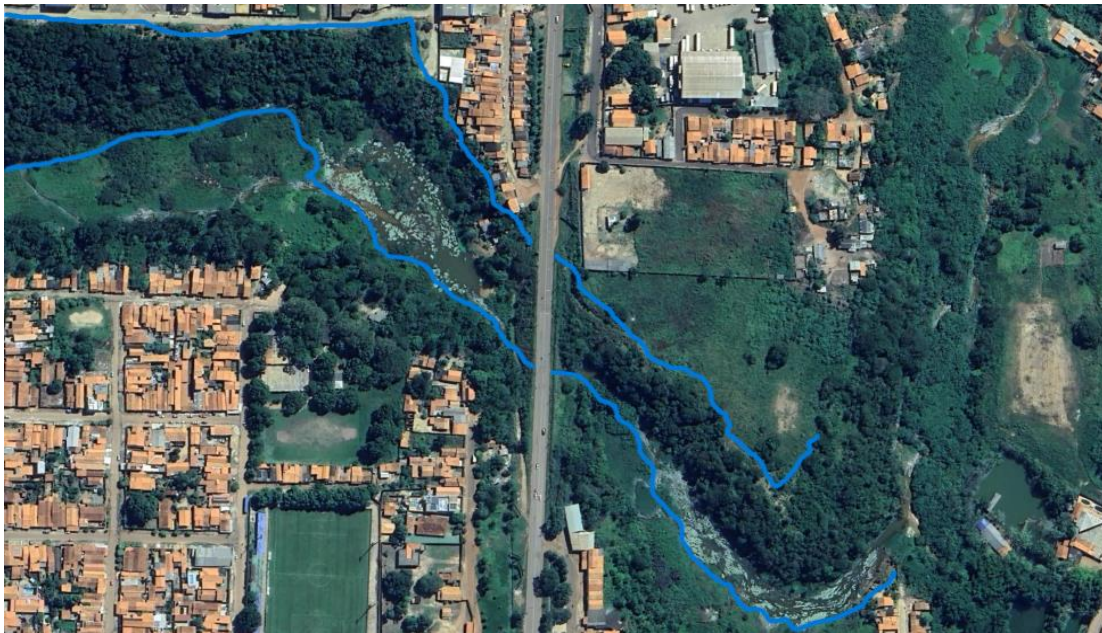


Fonte: Google Maps, 2024.

No município, o relevo da região é constituído pelo planalto ocidental, que se caracteriza por apresentar um conjunto de morfoesculturas do Oeste maranhense com altitudes máximas em torno de 350 m (Feitosa, 2006). A vegetação é composta pela floresta Ombrófila, que se caracteriza por apresentar altas árvores densas, e por encaves de floresta tropical caducifólia (Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos - IMESC, 2008).

A hidrografia da região é formada por aproximadamente 30 riachos, sendo os mais importantes riachos Açailândia, Itinga, Cajuapara, Pequiá, e os rios Gurupi e Pindaré. A Bacia Hidrográfica do Rio Açailândia é uma área ambiental importante com vários fatores naturais. Vale ressaltar, que o sistema de abastecimento de água para consumo da população acontece através de poços artesianos que são disponibilizadas pela Companhia de Água e Esgoto do Maranhão (CAEMA) e pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) (Açailândia, 2017).

Imagem 2 – Demarcação da área de estudo



Fonte: Google Earth, 2024.

O ponto do rio conhecido popularmente como Boeira faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Açailândia e está localizada às margens da BR 010, sob as coordenadas: 4.937733, - 47503506 e 4.938505, - 47502568. A observação inicial da área de estudo foi obtida através da análise de imagens via satélite, utilizando georreferenciamento pela ferramenta exploratória Earth e visita *in situ*.

O Rio Açailândia, com uma área total de aproximadamente 2.401 km², representa uma parte abrangente do sistema hídrico regional, sendo um componente para o equilíbrio ecológico e o desenvolvimento socioeconômico local. Dentro do município de Açailândia, 1.009 km² dessa bacia estão localizadas áreas urbanas e rurais que incluem o centro da cidade e bairros como Jacú e Laranjeiras (Lima *et al.*, 2020).

5.2.2 Coletas das amostras

Para as análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológico da qualidade da água foi adotada a metodologia de pesquisa de campo através do método *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association* (Método Padrão para Exame de Água e Efluentes, Associação Americana de Saúde Pública.) APHA (2023), e foram analisados parâmetros físico-químicos como, turbidez, condutividade, pH, cloreto, dureza total, fenóis, ferro solúvel, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, óleos e graxas, sólidos totais, sólidos totais dissolvidos, sulfatos, surfactantes aniônicos, e os parâmetros microbiológicos foram, bactérias heterotróficas, coliformes fecais, coliformes totais.

Na área da pesquisa, conhecida como trecho Boeira, foram realizadas três coletas de água em pontos diferentes para posteriormente serem analisadas. Os procedimentos para coleta e armazenamento das amostras, foram realizados levando em consideração a recomendação do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (2011). Após a escolha dos pontos, foram realizadas três coletas, cada coleta foi feita em pontos diferentes com um intervalo de 5 m de uma coleta para a outra, além disso a coleta foi realizada nas águas superficiais, ou seja, nos 30,0 cm da lâmina d'água.

Para as análises, as amostras foram coletadas em recipientes de vidro, com capacidade de 100 ml, conforme imagem 3, e em seguida foram colocados em caixa térmica, e transportados até O Laboratório de Biotecnologia Ambiental (LABITEC) da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), Campus (Imperatriz), onde foram analisadas de acordo com os métodos padrões para análise de água e efluentes recomendado APHA (2023).

Imagem 3 – Coleta de amostras



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Imagem 4 – Coleta de amostras



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O assoreamento é um impacto ambiental de grau elevado para um rio, e ocorre quando sedimentos como areia, cascalho e material orgânico, se acumulam no leito do rio, reduzindo sua profundidade (Santo e Araújo, 2023). Observa-se na imagem 5, que o rio Açailândia no trecho Boeira encontra-se assoreado. Esse dano reduz a capacidade de escoamento e aumenta as chances de enchentes, e ainda causa alterações no ecossistema aquático e na qualidade da água (Domingues, 2023).

Imagem 5 – Assoreamento no rio Açailândia, trecho Boeira



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A imagem 6, mostra a destinação de esgotos domésticos bruto sendo lançados diretamente no Rio Açailândia, trecho da Boeira.

Imagem 6 – Esgoto doméstico lançado para o rio Açailândia, trecho Boeira



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Na imagem 7, nota-se uma quantidade moderada de resíduos domésticos descartados de maneira inadequada próximo às margens do Rio.

Imagem 7 – Resíduos domésticos lançados próximo às margens do Rio Açailândia, trecho Boeira.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Conforme as imagens 6 e 7 revelaram hábitos comuns por parte da população como a disposição inadequada de resíduos sólidos, às margens de ruas ou cursos d'água que ocasionam a poluição visual, além de provocarem a contaminação de corpos d'água, proliferação de doenças, assoreamento e enchentes, (Conte, 2015). Isso reforça a importância e

urgência de implementação de medidas, principalmente em educação ambiental, inserindo conhecimento do quanto um descarte inadequado de resíduos sólidos e esgotos domésticos podem afetar tanto o meio físico quanto a qualidade da água de um corpo hídrico, e ainda gerar problemas de saúde pública.

6.1. Análise físico-química

A qualidade da água pode ser identificada por diversos parâmetros que revelam as suas principais características físicas, químicas e biológicas. Estes parâmetros devem estar de acordo com a Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de nº 357/2005, que "dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estipula os padrões de potabilidade da mesma, destinada ao consumo humano e ao lançamento de efluentes nos corpos d'água (Veiga, 2005).

Neste estudo, foram analisados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras de água coletadas nos pontos P1, P2, e P3 do Rio Açailândia, trecho conhecido como Boeira, os resultados foram comparados com os padrões de qualidade da Resolução Conama 357/2005 e são apresentados nos gráficos a seguir. Os mesmos foram detalhados, destacando os valores máximos permitidos para cada parâmetro, conforme os métodos de análise da APHA (2023).

As análises das características físico-químicas da água objetiva quantificar e identificar os elementos existentes neste composto e relacionar os efeitos de suas propriedades ao consumo humano e às questões ambientais. Sendo assim, os parâmetros físico-químicos analisados neste trabalho foram: cloreto, condutividade, dureza total, fenóis, ferro solúvel, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, óleos e graxas, pH, sólidos totais, sólidos dissolvidos, sulfatos, surfactantes aniônicos e turbidez. São fundamentais a interpretação e o conhecimento destas propriedades para identificar o nível considerado impróprio para o consumo humano (Sousa, 2022).

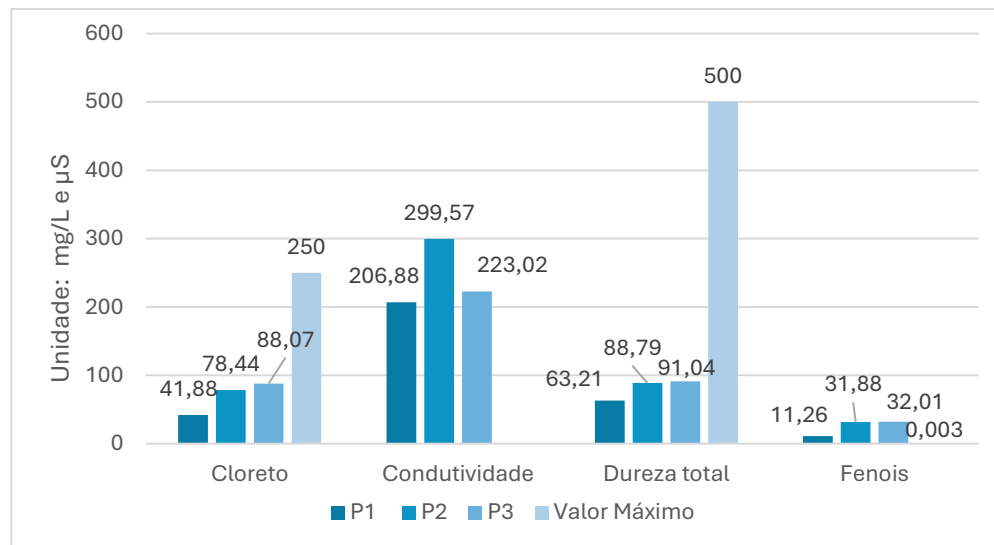
No Gráfico 1, são apresentados os resultados dos valores encontrados na quantificação do cloreto, condutividade, dureza total e fenóis. O cloreto, na natureza pode ser originário da desagregação de minerais ou mesmo da entrada de água marinha nas águas doces, além disso, podem ser provenientes dos despejos de efluentes domésticos, industriais, e de águas utilizadas na irrigação de lavouras em concordância com Sperling (2005). Com base na

Resolução Conama 357/2005, o valor máximo permitido para o cloreto é de 250 mg/L, as amostras coletadas no P1, mostrou um valor de 41,88 mg/L, P2 de 78,44 mg/L e P3 de 88,07 mg/L, indicando níveis dentro dos limites estabelecido na presente resolução.

Apesar de não ser um parâmetro padrão da Resolução Conama 357/2005, a condutividade elétrica é um parâmetro que pode evidenciar as alterações na composição dos corpos d'água, embora, não especifique quantidades e componentes, ela é importante para controlar e definir o estado e a qualidade de água, como reitera (Piratoba, *et al.*, 2017). Conforme relatado no Gráfico 1, sem valor máximo estipulado, as amostras P1 com valor de 206,88 $\mu\text{S cm}$, P2 com 299,57 $\mu\text{S cm}$ e P3 com 223,02 $\mu\text{S/cm}$, apresentaram valores que podem ser considerados elevados.

A dureza da água pode ser classificada por dois tipos: dureza temporária e dureza permanente. A temporária é oriunda da presença de carbonatos e bicarbonatos que podem ser eliminados por meio da fervura da água. A permanente é gerada devido à presença de cloretos, nitratos e sulfatos, que não são eliminados com a fervura. A junção das duas, dureza temporária e permanente dá-se o nome de "Dureza Total" da água (Silva, 2018). Para a dureza total o valor máximo permitido é de 500 mg/L, no entanto, os teores encontrados nas amostras P1, P2 e P3, apresentados no Gráfico 1, estão dentro do limite estabelecido, com valores de 63,21 mg/L, 88,79 mg/L e 91,04 mg/L, respectivamente.

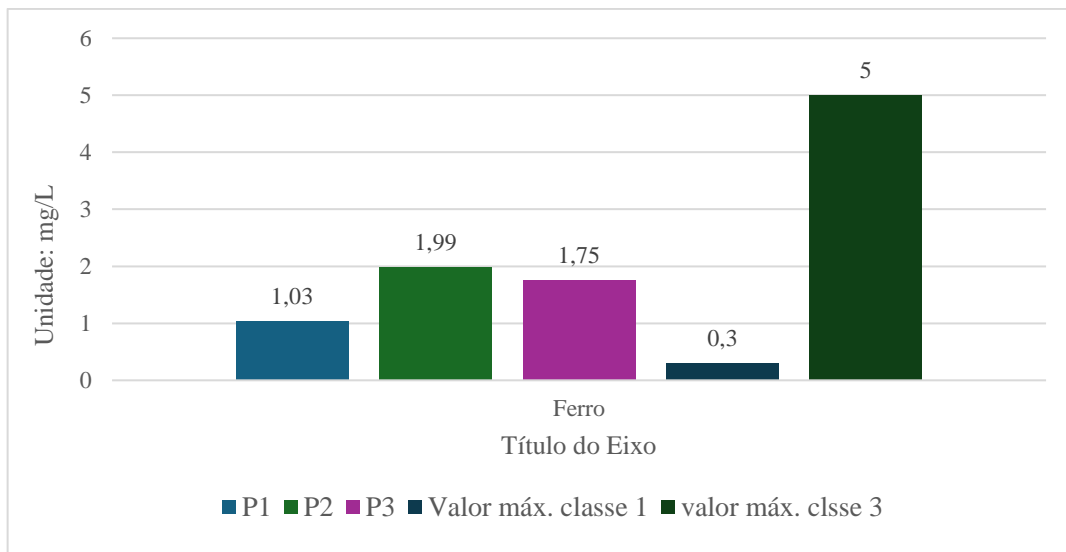
O fenol é um composto pouco solúvel em água e de ação cáustica sobre a pele (Rodrigues, 2006). Na natureza são oriundos da decomposição de substâncias húmicas, ligninas e taninos, mas em menores quantidades se comparadas com as originadas pela ação do homem (Schie e Yung, 2000). Esses compostos são gerados em processos industriais como, a produção de resinas, tintas, perfumes entre outros, e são considerados entre as substâncias orgânicas as de maior potencial poluidor, conforme Hollanda (2023). Nesse sentido, a Resolução Conama 357/2005, estabelece um valor máximo de 0,003 mg/L para o fenol, as análises das amostras P1, P2 e P3, apontam valores de: 11,26 mg/L (P1), 31,88 mg/L (P2) e 32,01 mg/L (P3). Portanto, os resultados das amostras demonstram concentrações muito acima dos padrões estabelecidos.

Gráfico 1 – Valores dos parâmetros cloreto, condutividade, dureza total e fenóis

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

No Gráfico 2 são apresentados os resultados dos valores encontrados na quantificação do ferro. Esse elemento pode ser encontrado naturalmente nos corpos hídricos em baixas concentrações de 0,3 mg/L. No entanto, dos corpos hídricos, as águas subterrâneas possuem um baixo risco de contaminação em comparação às superficiais, mas ainda assim, podem surgir problemas na sua qualidade devido à presença de ferro dissolvido em teores elevados. Isso acontece em decorrência da dissolução dos minérios de ferro pelo gás carbônico da água, principalmente em tempos chuvosos, de acordo com Bortoli (2016). Esses teores elevados podem transformar a características da água, como cor, sabor e odor, e consequentemente podem causar manchas em pisos e roupas (Miranda, 2011).

A Resolução Conama 375/2005 estipula um teor máximo de 0,3 mg/L para água de classe 1 e um teor de 5,0 mg/L para água de classe tipo 3. Os teores encontrados nas amostras coletadas do Rio Bueira foram de 1,03 mg/L P1, 1,99 mg/L P2, e 1,75 mg/L P3, todas as três amostras excederam o limite estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para classe 1 e estão dentro do limite para classe 3.

Gráfico 2 – Valores do parâmetro ferro

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

No Gráfico 3, são apresentados os resultados dos valores encontrados para os parâmetros físico-químico fósforo, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, nitrato, nitrito e pH. O fósforo é um macronutriente importante para o ecossistema e é obtido naturalmente através do intemperismo das rochas e da decomposição de matéria orgânica. O teor disponibilizado em todo mundo são de 3 teragramas (3 trilhões de gramas). No entanto, com a intervenção humana esse teor tem aumentado, chegando a 25 Tg, conforme discute (Cahoon e Mallin, 2020). As altas concentrações de fósforo nos cursos de água podem ocasionar a eutrofização dos mesmos, favorecendo o surgimento de cianobactérias, que representam riscos à saúde pública (Emídio, 2012).

Embora os resultados das análises não determinaram um valor máximo, os resultados de P1 com 63,01 mg/L, P2 84,56 mg/L e P3 88,04 mg/L, apresentados no Gráfico 3, apontam valores acima do padrão estabelecido pela Resolução Conama 357/2005, que estipula um teor máximo de 0,05 mg/L para um ambiente lântico (água parada) e 0,075 para um ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico.

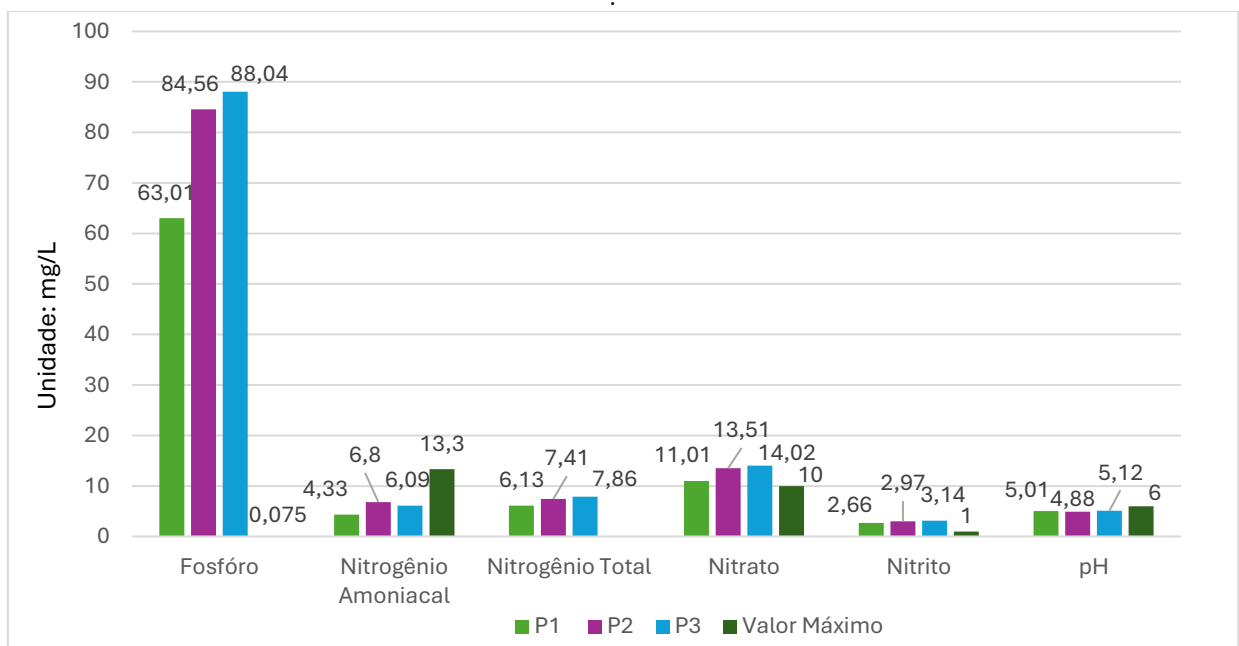
O nitrogênio amoniacal é um contaminante presente nas águas residuais. Ele ocorre em diversas formas e estados de oxidação e uma parcela desse nitrogênio chega aos corpos d'água na forma de amônio, nitrito e nitrato, e de acordo com o pH da água geram problemas de toxicidade causando impactos à flora e fauna aquática, como a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido (OD) o que leva a eutrofização, além de danos à saúde pública (Zoppas

et al., 2016). O nitrogênio total é a soma dos nitrogênios amoniacal, nitrito e nitrato e está associado a combinação de íons amônio e nitrogênio orgânico.

A Resolução Conama 357/2005 estabelece mais de um teor máximo para nitrogênio amoniacal, que está diretamente relacionado com o pH do corpo hídrico, são eles: 13,3 mg/L N, para $\text{pH} \leq 7,5$, 5,6 mg/L N, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$, 2,2 mg/L N, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ 1,0 mg/L N, para $\text{pH} > 8,5$. Para o nitrato, o teor é de 10,0 mg/L N, para o nitrito é de 1,0 mg/L N. Os resultados das amostras P1, P2 e P3 para nitrato apresentados no Gráfico 3 foram 11,01 mg/L (P1), 13,51 mg/L (P2) e 14,02 mg/L P3. Para o nitrito foram de 2,66 mg/L (P1), 2,97 mg/L (P2) e 3,14 mg/L (P3). Para nitrogênio amoniacal foram: P1 4,33 mg/L, P2 6,80 mg/L e p3 6,09 mg/L. Para o nitrogênio total as análises das amostras obtiveram resultados de P1 6,13 mg/L, P2 7,41 mg/L e P3, 7,86, mg/L. A Resolução Conama 357/2005, não estipula valorem máximo para o nitrogênio total.

O pH indica a concentração de íons de hidrogênio (H^+), denominando a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Um pH abaixo de 6, representa um potencial de acidez, o que pode ocasionar corrosividade e agressividade às tubulações ou peças de abastecimento de água. Para o pH, os resultados das amostras apresentados no Gráfico 3, foram: P1, 5,01, P2 4,88 e P3 5,12.

Gráfico 3- valores dos parâmetros fósforo, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, nitrato, nitrito e pH



Fonte: Elaborado pelo autores, 2024.

No Gráfico 4, estão apresentados os resultados dos parâmetros, óleos e graxas, sólidos totais, sólidos dissolvidos, sulfato, surfactantes e turbidez. Óleos e graxas são hidrocarbonetos e gorduras provenientes de substâncias de origem animal, vegetal e mineral e não são encontrados naturalmente em águas superficiais (Paula e Maia, 2023). Essas substâncias são provenientes de águas residuais, como esgotos domésticos, industriais e principalmente de postos de combustíveis e oficinas mecânicas (Kich e Böckel, 2017). Por serem insolúveis na água, a diferença de densidade altera sua tensão, tornando essas substâncias um “sobrenadante” na superfície aquática, dificultando a entrada de luz e oxigênio, limitando a atividade dos organismos aquáticos. Para isso, a Resolução Conama 357/2005, em seu artigo 15 e 17, determina que, visualmente, esses componentes devem estar ausentes em águas de classe I e toleram-se iridescências para águas de classe III. Nas amostras P1, P2 e P3 coletadas no Rio Açailândia, trecho Boeira foram detectadas presença de óleos e graxas. Porém, o resultado da análise para este parâmetro não indicou valores de concentrações para estas substâncias.

Os sólidos totais nas águas caracterizam toda a matéria que continuam como resíduo, mesmo após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo estipulado. As operações de secagem, calcinação e filtração definem as diferentes frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, fixos e voláteis). Os sólidos dissolvidos são as substâncias, que não ficaram retidas na filtração e permanecem após total secagem de determinado volume de amostra.

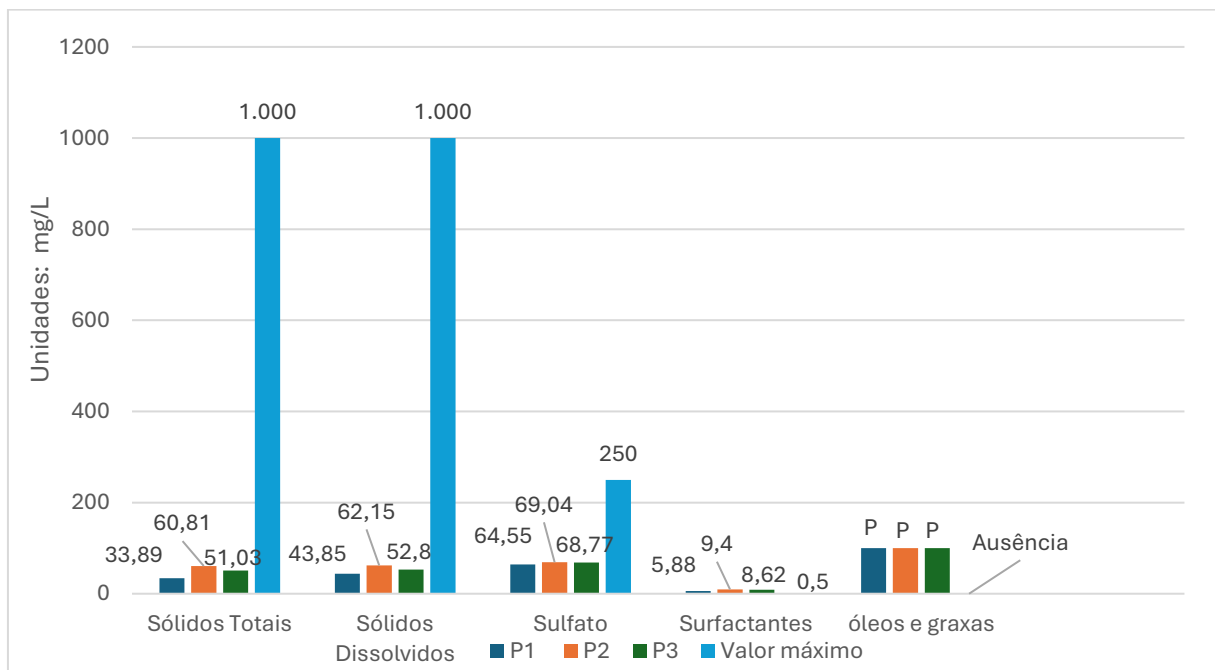
Nos recursos hídricos, os sólidos totais dissolvidos podem prejudicar e causar danos à vida aquática, por serem capazes de sedimentar o leito do recurso hídrico e conseqüentemente destruir os organismos responsáveis pelo fornecimento de alimento, além de reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos mesmos, promovendo decomposição anaeróbia (Silva, 2021). Com o valor máximo de 1.000 mg/L estipulado pela Resolução Conama 357/2005 para sólidos dissolvidos as amostras expressaram resultados de 33,89 mg/L (P1), 60,81 mg/L (P2) e 51,03 mg/L (P3), e para sólidos totais os resultados foram 43,85 mg/L (P1), 62,15 mg/L (P2) e 52,80 mg/L (P3), conforme apresentados no Gráfico 4.

O sulfato pode chegar às águas superficiais por meio natural, através da dissolução de minerais como depósitos de gesso, barita, gipsita, bem como pela atividade vulcânica e oxidação de minerais que contenham sulfeto. Mas, as maiores contaminações de sulfetos são advindas da ação humana através do despejo de esgoto doméstico, industrial, atividades de mineração e agricultura. Elevadas concentrações de sulfato na água podem causar danos à saúde

humana ao proporcionar efeitos laxativos e problemas gastrointestinais, além disso, podem contribuir para o processo de erosão, intemperismo carbonático e a evolução global do ciclo do carbono (Araújo, 2023). Diante disso, a Resolução Conama 357/2005 impõe um valor máximo de 250 mg/L para sulfato. Contudo, os valores das amostras apresentados no Gráfico 4 são de 64,55 mg/L (P1), 69,04 mg/L (P2) e 68,77 mg/L (P3), estando todas dentro do limite imposto.

Os surfactantes Aniônicos são compostos tensoativos cuja moléculas possuem porções hidrofílicas e hidrofóbicas que lhe caracterizam como fenômeno superficial. Em soluções dissolvidas, os surfactantes apresentam-se dispersos na forma de monômeros, já em soluções mais concentradas agrupam - se em agregados moleculares que contém de 50 a 100 moléculas, chamadas micelas. Eles atuam como umectante nos banhos neutros e com alta alcalinidade; como emulsionante de graxas e óleos; como solubilizante de materiais oleosos (Rioja, 2009). A Resolução Conama 357/2005 determina um teor máximo de 0,5 mg/L de surfactantes em águas doces, conforme apresentado no Gráfico 4, todas as amostras excederam o valor permitido, com 5,88 mg/L (P1), 9,40 mg/L (P2) e 8,62 mg/L (P3).

Gráfico 4 - Valores dos parâmetros sólidos totais, sólidos dissolvidos, sulfato, surfactantes e turbidez



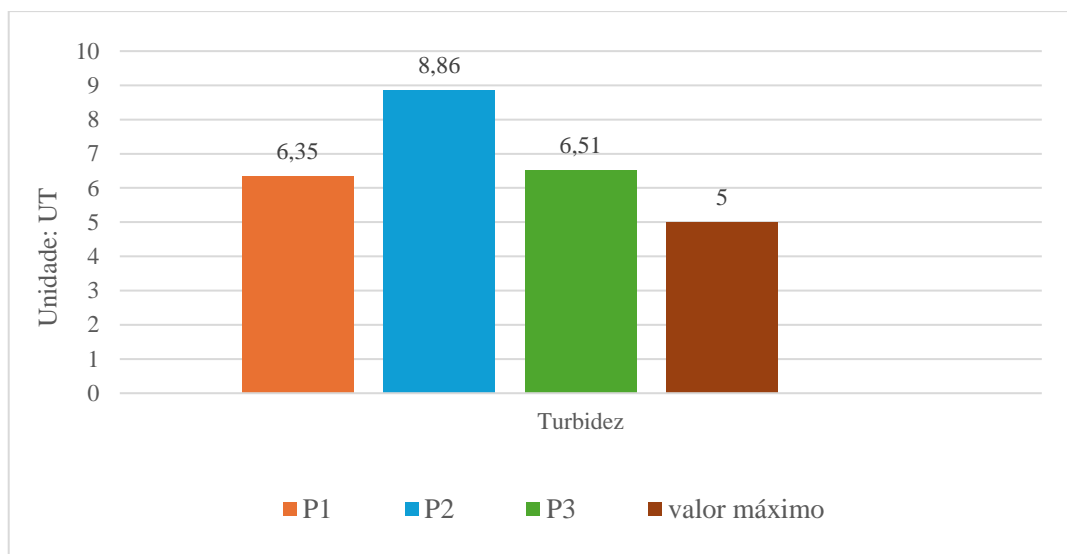
Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

A turbidez está relacionada com a redução ou perda da transparência da água devido a um grande acúmulo de materiais em suspensão que dificultam a passagem de luz (Moraes, 2023), assim, a presença de sólidos em suspensão, modifica as condições de iluminação das águas

e o alcance da radiação luminosa, influenciando na fotossíntese e no crescimento das plantas e do plâncton, especialmente em águas paradas ou com baixa velocidade de escoamento (Vieira, 2019).

Para o parâmetro de turbidez apresentado no Gráfico 4, as análises das amostras de água do Rio Açailândia (trecho Boeira), expressam valores de 6,35 UT (P1), 8,86 UT (P2) e 6,51 UT (P3), indicando excesso de material suspenso já que o permitido pela Resolução CONAMA/2005 é de 5 UT.

Gráfico 5 – valores do parâmetro turbidez



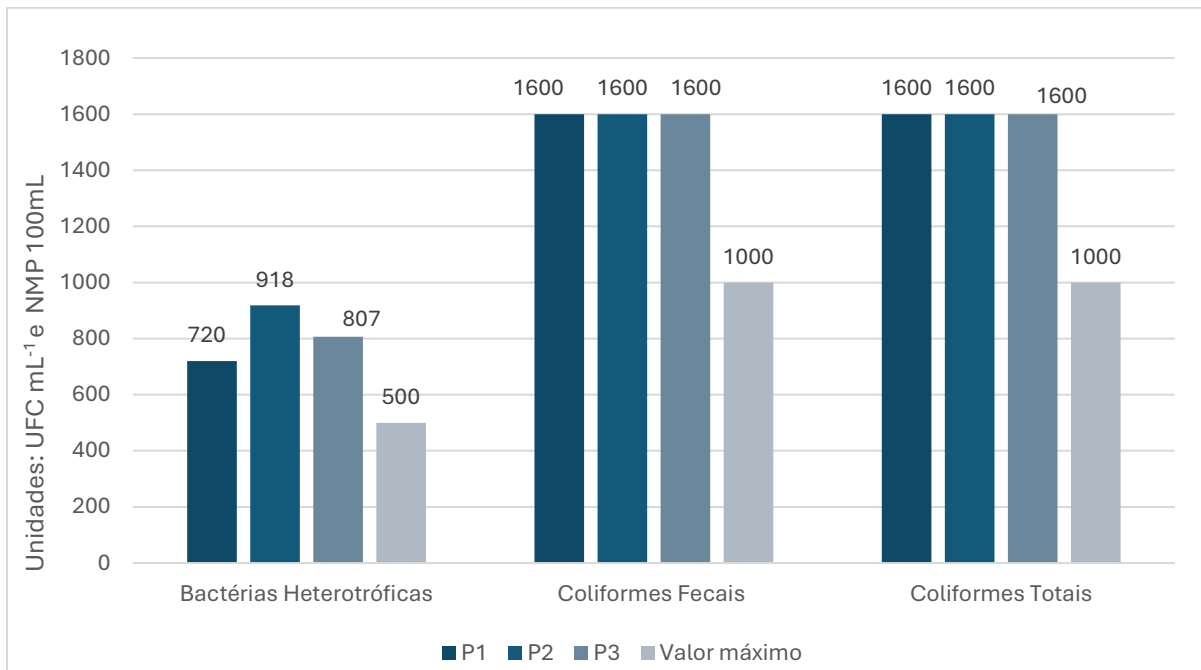
Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

6.2. Parâmetros microbiológicos

Inúmeros microrganismos prejudiciais, como bactérias, vírus e protozoários, normalmente não estão presentes na água de forma natural, quando eles aparecem, em geral sinalizam a existência de alguma fonte de contaminação, como aponta (Libânio, 2010). Segundo Leite *et al.* (2003) um dos principais indicadores responsáveis por garantir a característica natural da água é a qualidade microbiológica, pois através dessa avaliação é possível determinar a qualidade e segurança para uso e consumo. As bactérias heterotróficas, os coliformes fecais e os coliformes totais estão entre os principais parâmetros analisados. Esses são marcadores de contaminação orgânica, especialmente de origem fecal. A contaminação de esgotos domésticos e efluentes não tratados está diretamente ligada à presença desses microrganismos na água.

Conforme apresentado no Gráfico 5 os resultados das análises, que se concentram na estimativa do número de bactérias ou fungos viáveis nas amostras de água, isto é, unidade formadora de colônias (UFC), envolvendo três parâmetros microbiológicos, sendo eles, bactérias heterotróficas, coliformes fecais e coliformes totais.

Gráfico 6 – Valores dos parâmetros bactérias heterotróficas, coliformes fecais e coliformes totais



Fonte: Elaborado pelo Autores, 2024

Para coliformes totais e fecais a Resolução Conama 357/2005 determina que sejam obedecidas as recomendações da Resolução Conama 274/2000, que define os critérios para a qualidade da água destinada ao contato primário (Balneabilidade). A mesma define um limite de 500 UFC ml por amostra de 100 ml para coliformes fecais e totais para água considerada muito boa. Já para água considerada satisfatória o valor máximo permitido é de 1000 ml por amostra de 100 ml. No entanto, os resultados das análises das amostras P1, P2 e P3 conforme apresentado no Gráfico 5 excedem o valor máximo definido tanto para água considerada muito boa quanto para considerada satisfatória com os valores de 1.600 NMP para todas as amostras. Nas amostras, também foram feitas análises para bactérias heterotróficas, e conforme apresentado no Gráfico 5, os valores de 720 UFC ml (P1), 918 UFC ml (P2) e 807 UFC ml (P3) excederam o limite de 500 UFC ml, estipulado pela Portaria de Consolidação nº5 de 03 de outubro de 2017, que define os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Com base nos resultados das análises das amostras de água P1, P2 e P3 dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados foram detectados valores acima do limite máximo estabelecido pela Resolução Conama 357/2005 para os parâmetros: fenóis, ferro solúvel, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, surfactantes e turbidez, bactérias heterotróficas, coliformes fecais e totais, além de um pH abaixo de 6, que significa um pH ácido, e da presença de óleos e graxas. Diante dos resultados das análises, o Rio Açailândia no trecho Boeira pode ser classificado como de classe 2, que segundo a Resolução, são águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas e à recreação de contato primário.

7 CONCLUSÃO

Os valores acima do limite estabelecido pela resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005, identificado através das análises das amostras do Rio estudado, indicam que há uma grande contaminação proveniente de esgotos não tratados. Isso aponta que a infraestrutura de saneamento básico do município de Açailândia é inadequada, e as circunstâncias atuais do Rio Açailândia, no trecho Boeira, colocam a população local em risco de contaminação e de serem acometidas por doenças de veiculação hídrica, como: diarreia, giardíase, amebíase, gastroenterite entre outras. A situação do Rio demonstra a necessidade do governo municipal de fortalecer as políticas públicas de preservação ambiental e saneamento básico, além de medidas de recuperação do Rio.

Os efeitos ambientais causados pelo despejo de esgotos domésticos no Rio Açailândia, realizada com base nos parâmetros estabelecidos pela Resolução Conama 357/2005, mostrou que os recursos hídricos locais estavam sendo gravemente comprometidos. Os resultados das amostras de água mostram que há um nível preocupante de contaminação por poluentes químicos e microbiológicos. Essa contaminação ultrapassa os limites legais, prejudicando a qualidade da água e, portanto, a saúde pública e a sustentabilidade ambiental da região.

Torna-se evidente que ao analisar a situação do Rio Açailândia trecho Boeira, este estudo contribui para o debate sobre a gestão sustentável dos recursos hídricos em cidades de pequeno e médio porte no Brasil e reforça a importância de políticas públicas que priorizem a preservação ambiental e a saúde pública. A continuidade da pesquisa nesta área é fundamental para a tomada de decisões políticas e a promoção de iniciativas concretas para conservar os recursos naturais e melhorar a qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS

- AÇAILÂNDIA. Prefeitura Municipal. Serviço Autônomo de Água e Esgoto – ACL. **Estudo preliminar da necessidade nos setores de distribuição de água do serviço autônomo de água e esgoto de Açailândia (MA).** – SAAE (ACL). Açailândia, 2015.
- ALMEIDA, M., L., et al. Poluição das águas e impactos à saúde pública: o desafio do saneamento básico no Brasil. **Revista Brasileira de Saúde e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 15670, 2019.
- ALVES, B. **Conectividade hidrodinâmica da Bacia Hidrográfica Ribeirão Lajeado - UGRHI 19**, Baixo Tietê, de 2001-2021. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/items/0c1cb3be-0e24-4ca2-a66a-96f5b618e34b>>. Acesso em: 6 dez. 2024.
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2023.
- ARAGÃO, Jefferson da Silva. **O acesso ao saneamento urbano: os desafios da universalização no abastecimento de água e esgotamento sanitário**. um estudo de caso em Manaus - Am. 2017. 171 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.
- ARAÚJO, Samuel Cavalcante. **Análises da presença de espécies químicas da base de espécie de enxofre em corpos hídricos no Estado do Ceará**. 2023. Monografia (Bacharelado em Química do Departamento de Química Analítica e Físico-Química). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2023.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Vigilância em Saúde Ambiental: perspectiva da agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Brasília- DF, 2023.
- BRASIL, Deilton. O agravamento da poluição química das águas subterrâneas. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, Brasília, v. 6, n. 1, (p. 101-128, 2016, jan. 2016).
- BONIFÁCIO, C. M.; NÓBREGA, M. T. DE. Parâmetros de qualidade da água no monitoramento ambiental. **Recursos Hídricos: gestão, planejamento e técnicas em pesquisa**, p. 219–232, 2021.
- BORTOLI, Jaqueline. **Qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada para consumo humano e dessedentação animal em propriedades rurais produtoras de leite na região do vale do Taquaris/ RS, 2016**. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento na linha de Pesquisa em Ecologia. Lajeado, 2016).
- CAHOON, L.B.; MALLIN, M. A. The Hidden Impacts of Phosphorus Pollution to Streams and Rivers. **BioScience**, v. 70, n° 4, p. 315–329, abr.2020.

- CARVALHO, A. E. C.; SAMPAIO, L. M. B. Paths to universalize water and sewage services in Brazil: The role of regulatory authorities in promoting efficient service. **Utilities Policy**, v. 34, p. 1–10, jun. 2015.
- CINTRA, L. S. et al. Monitoramento de parâmetros de qualidade da água do rio Paraíba do Sul em Campos dos Goytacazes – RJ. **Holos**, Rio de Janeiro, v. 5, 2020.
- CONTE, Andrea Angélica. **Educomunicação socioambiental como instrumento de informação e sensibilização sobre a poluição dos rios por resíduos sólidos**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.
- COSTA, Kylvia, Luciana, Pereira. **Saneamento e seu impacto na saúde coletiva: um estudo em comunidades rurais no alto sertão Paraibano. 2023**. Dissertação (Pós Graduação em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2023.
- COSTA, F., S., et al. Recursos Hídricos, energia alternativa, empregabilidade. Sergipe. **Caderno de graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**, Sergipe, v. 1, n.15, p. 67-73, out. 2012.
- CUNHA, C.L.N.; FERREIRA, A.P.; LOPES, A.G.S. Implicações do saneamento na saúde pública observadas na região da Leopoldina, Rio de Janeiro. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 31, n. 2, p. 225-239, 2007.
- DOMINGUES, Franklin. O assoreamento de rios e suas consequências. **Jornada acadêmica das engenharias**, v.4, Governador Valadares, 2023,
- EMÍDIO, Vanessa Joana Gomes. **A problemática do fósforo nas águas para consumo humano e águas residuais e soluções para o seu tratamento**, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente na especialidade de Tecnologias Ambientais) - Universidade do Algarve - Faculdade de Ciências e Tecnologia. Algarve, 2012.
- EDOKPAYI, J. N.; ODIYO, J. O.; DUROWOJU, O. S. Impact of Wastewater on Surface Water Quality in Developing Countries: A Case Study of South Africa. **Water Quality**, 18 Jan. 2017.
- ENGLE, N. L. et al. Adaptation to climate change in the Colorado River basin. **Weather, Climate and Society**, v. 6, n. 2, p. 238-250, 2014.
- FERNANDES, F. **Parâmetros de qualidade de água**. In: Fundamentos de gestão ambiental. São Paulo: Pearson, 2012.
- FERNANDES, William Vieira. **Uso da Luffa cilíndrica como meio suporte para crescimento bacteriano em filtro anaeróbico tratando esgotos domésticos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.
- FLORES, F. et al. O desenvolvimento do saneamento básico no Brasil e as consequências para a saúde pública. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 4, 2017.

GADELHA, José, et al. Consequências da eutrofização em corpos hídricos. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, Minas Gerais, v. 3, 2022.

HOLLANDA, Luana Rabelo. **Aplicabilidade de resíduos à base de ferro como catalisadores de fenton para a degradação de fenol**. 2023. Tese (doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades: Maranhão: Açailândia: infográficos: evolução populacional e pirâmide etária**. Rio de Janeiro, 2011.

Disponível em:

<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/populacao.php?lang=&codmun=210005&search=%7Açailândia>. Acesso em: 25 out. 2024.

JIANG, Y., GUO, C.; WU, Y. Can environmental information disclosure promote the high-quality development of enterprises? The mediating effect of intellectual capital. **Environmental Science and Pollution Research**, 16 fev. 2021.

KICH, M. BOCKEL, W. J. **Análise de óleos e graxas em efluentes por espectrofotometria**. Estação Científica, Macapá, v. 7, n. 3, p. 61-69, 2017.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Átomo, 4. ed. Campinas, 2016.

LI, P.; WU, J. Drinking Water Quality and Public Health. **Exposure and Health**, v. 11, n. 2, p. 73–79, 4 fev. 2019.

MACCHI, P. A. et al. The impact of pesticides on the macroinvertebrate community in the water channels of the Río Negro and Neuquén Valley, North Patagonia (Argentina). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 11, p. 10668–10678, 1 fev. 2018.

MARATHE, N. P. et al. Untreated urban waste contaminates Indian river sediments with resistance genes to last resort antibiotics. **Water Research**, v. 124, p. 388–397, nov. 2017.

MARCELO, Cruz Rodrigues. **A problemática da falta de saneamento básico para a população de Açailândia – Ma**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação engenharia civil) – Universidade Vale do Aço – FAVALE. Açailândia, 2021.

MARCOS, Von Sperling. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. rev. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452 p. v. 1. ISBN 8570411146.

MARTINS, M. B.; CARBONAI, D. Entre o vínculo e o distanciamento: desafios na atuação de Agentes Comunitárias de Saúde. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 37, p. e 3711001, 21 nov. 2022.

MARTINS, A., G., L., A. Impactos ambientais e qualidade microbiológica da água do Rio Açailândia, localizado na cidade de Açailândia, Estado do Maranhão. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 6, n. 10, p.83702-83717, out. 2020.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Science Advances**, v. 2, n. 2, p. e1500323, 12 fev. 2016.

MELO M.G. et al. Sewage contamination of Amazon streams crossing Manaus (Brazil) by sterol biomarkers. **Environmental pollution**, v. 244, p. 818–826, 1 jan. 2019.

MIRANDA, J.C. **Desenvolvimento de um equipamento portátil e de sistema de análises em fluxo empregando multicomutação: determinação de ferro em águas de rios**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2011.

MORAIS, Guilherme Lins. **Otimização do tratamento de águas residuárias de mineração por meio de coagulantes naturais**. 2023. Monografia (graduação engenharia civil) - Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2023.

MOTA, Suetônio. **Introdução à engenharia ambiental**. 4. ed. rev Rio de Janeiro: ABES, 2006. 388 p. ISBN 85-702239-8.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 1, p. 111–124, 1 jun. 2008.

OLIVEIRA, et al. Coliformes Termotolerantes: bioindicadores da qualidade da água destinada ao consumo humano. **Atas saúde ambiente**. p. 24–29, 2015.

PAULA, Estevão Rosa de; MAIA, Rodolfo. **Deteção de óleos e graxas na sub-bacia do rio Formate utilizando dois diferentes métodos**, 2023. Monografia (Bacharelado Química Industrial) - Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Vila Velha, 2023.

PAULO, S. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. **repositório.cetesb.sp.gov.br**, 2011.

PAZ, M. G. A. DA et al. Os conflitos das políticas da água e do esgotamento sanitário: que universalização buscamos? **Estudos Avançados**, v. 35, p. 193–208, 23 ago. 2021.

PEIXEIRO, R.; POSTOLACHE, O.; PEREIRA, J. M. D. Virtual instrument for water quality parameters measurement. **2012 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering**, p. 840-844, 2012. DOI: 10.1109/ICEPE.2012.6463829

PEREIRA, P. S. et al. **Metodologia da Pesquisa Científica**. 1. ed. Santa Maria, RS: UFSM, NTE, 119 p. 2018.

PIRATOBA, A. R. A. et al. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. vol. 12 n. 3, Taubaté, jun. 2017.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, p. 43-60, 2008.

POSTEL, S., RICHTER, B. **Rivers for Life: Managing Water for People and Nature**. v. 1, p. 220, 2003. ISBN 155963443X.

RIOJA, Jéssica del Carmem Castro. **Uso do resíduo siderúrgico na adsorção e peroxidação catalítica de surfactante aniônico**. 2009. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia da UFMG 2009.

RODRIGUES, Kelly de Araújo. **Usos de reatores biológicos com fungos para remoção de fenol de água residuária sintética**, 2006. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo. São Carlos 2006.

RODRIGUES, C. F. O. Crescimento das indústrias sucroalcooleiras na microrregião de Quirinópolis, no período de 2005 a 2020. **Pucgoias.edu.br**, 2020.

SANTOS, Rômulo, ARAÚJO, Glaucio. Deterioração dos rios devido a construção civil: assoreamento de rios. Unifacig, 2020.

SHAYO, G. M. et al. Severity of waterborne diseases in developing countries and the effectiveness of ceramic filters for improving water quality. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 47, n. 1, p. 113, 24 jul. 2023.

SILVA, R.U. et al. Esgoto doméstico como principal causa de poluição do rio das antas na cidade de Cambuí-MG. **XII Congresso Nacional de Meio Ambiente**. 20 A 22 de maio de 2015. Disponível em: <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.meioambientepocos.com.br>. Acesso em: 13 de dez. 2024.

SILVA, F. H. et al. Impactos da poluição hídrica na saúde pública. Resolução CONAMA 357/2005. **Saúde e Sociedade**, v. 29, n. 3, p. 475-489, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sausoc>. Acesso em: 20 ago. 2024.

SILVA, Jairo Catrario. **Desenvolvimento de um equipamento para medir sólidos totais na água para fins didáticos usando método nefelométrico**. 2021. Dissertação (Mestrado em Tecnologia ambiental) - Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP, Ribeirão Preto, 2021.

SILVA, Natália Maria. **Análise da qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada em duas unidades de alimentação e nutrição escolar localizadas nos municípios do Glória do Goitá e Vitória de Santo Antão-PEA**, 2018, 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) - Universidade Federal de Pernambuco. Vitória de Santo Antão, 2018.

SOUZA, C. M. N. Gestão da água e saneamento básico: reflexões sobre a participação social. **Saúde e Sociedade**, v. 26, n. 4, p. 1058–1070, dez. 2017.

SOUZA, Viviane Thomé de. **Água e saneamento básico como direitos fundamentais: A universalização do direito à água e o esgotamento sanitário na cidade de Manaus**. 2024. Dissertação (Mestrado em Direito) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2024.

VEIGA, Graziella. **Análise físico-química e microbiológica de água de poços de diferentes cidades da região sul de Santa Catarina e efluentes líquidos industriais de algumas empresas da grande Florianópolis**, 2005. Relatório de Estágio Supervisionado do Curso de Química – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

VEIGA, M. M., SILVA, D. M., VEIGA, L. B. E. Managing water quality in a polluted lake of southeast Brazil. **International Journal of Sustainable Development and Planning**, v. 8, n. 2, p. 158–172, 22 mai. 2013.

VIEIRA, M. R. Os principais parâmetros monitorados pelas sondas multiparâmetros são: pH, condutividade, temperatura, turbidez, clorofila ou cianobactérias e oxigênio dissolvido. **Agência Nacional das Águas (ANA)**, 2019. Disponível em: <https://www.agsolve.com.br>. Acesso em: 28 nov. 2024.

XAVIER, M. DAS V. S., QUADROS, H. C., SILVA, M. S. S. DA. Parâmetros de potabilidade da água para o consumo humano: uma revisão integrative. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, 10 jan. 2022.

ZOPPAS, F.M., BERNADES, A. M., MENEGUZZI, A. Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea. **Eng Sanit Ambient** | v.21 n.1, 2016.