



**UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO  
MARANHÃO**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA  
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS -CECEN  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA - DGeo  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, NATUREZA E DINÂMICA DO  
ESPAÇO - PPGeo**

**ELNA LUCILIA SANTOS CORRÊA**

**INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL COMO SUBSÍDIO À  
GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: o caso da sub-bacia do rio Una, Maranhão**

**SÃO LUÍS/MA  
2022**

**ELNA LUCILIA SANTOS CORRÊA**

**INDICADORES DE QUALIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL COMO SUBSÍDIO  
À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: o caso da sub-bacia do rio Una, Maranhão**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço – PPGeo como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos

SÃO LUÍS/MA  
2022

Corrêa, Elna Lucília Santos.

Indicadores de qualidade da água superficial como subsídio à gestão de recursos hídricos: o caso da sub-bacia do rio Una, Maranhão / Elna Lucília Santos Corrêa. – São Luís, 2022.

131 f

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos.

1.Qualidade hídrica. 2.IET. 3.Gestão dos recursos hídricos. I.Título.

CDU: 556.18(812.1)

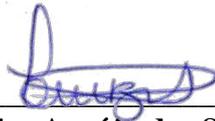
**ELNA LUCILIA SANTOS CORRÊA**

**INDICADORES DE QUALIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL COMO SUBSÍDIO Á  
GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: o caso da sub-bacia do Rio Una, Maranhão**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço – PPGeo como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em Geografia

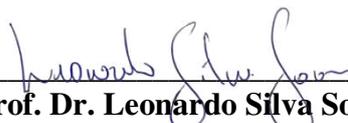
**Aprovado em: 02/06/2022**

**BANCA EXAMINADORA**



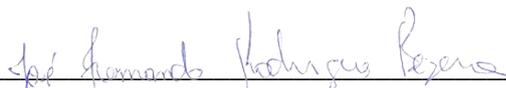
---

**Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos (Orientador)**  
Doutor em Geografia  
Universidade Estadual do Maranhão



---

**Prof. Dr. Leonardo Silva Soares**  
Pós Doutor em Planejamento Ambiental e Geoecologia da Paisagem  
Universidade Federal do Maranhão



---

**Prof. Dr. José Fernando Rodrigues Bezerra**  
Doutor em Geografia  
Universidade Estadual do Maranhão

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus meu porto seguro, a minha mãe Maria Lúcia minha maior fonte de inspiração nessa vida, a minha família e a todos que acreditaram em mim ao longo dessa caminhada!*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a *Deus* pela vida, força, sabedoria e saúde.

A minha família maravilhosa que sempre me apoiou. Aos meus pais *Maria Lúcia Corrêa* e *Egidio Edson Corrêa* pelo incentivo ao estudo, por todo amor e dedicação. As minhas irmãs *Élida Corrêa* e *Edjane Corrêa* pelo amor, carinho e encorajamento.

Agradeço a meu sobrinho *João Miguel Corrêa* pela paciência, pois não pude dá a devida atenção as suas brincadeiras devido a concentração nos estudos e conseqüentemente na escrita da dissertação;

Ao meu companheiro *Lailson Silva dos Santos* pelo amor, carinho, paciência, incentivo e momentos de descontração nas horas de desânimo. Obrigada por ouvir minhas lamentações, enxugar minhas lágrimas em tempos de fragilidade e tornar a minha vida mais leve;

Gratidão a Fundação de Amparo a Pesquisa (FAPEMA) por subsidiar os estudos e contribuir para a realização desse sonho;

Ao PPGeo pela oportunidade, apoio e incentivo a pesquisa;

Ao *Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos* pela orientação e contribuição no desenvolvimento do trabalho, além de toda disponibilidade, incentivo e amizade prestada;

Ao *Prof. Dr. José Fernando Bezerra* pelos conhecimentos prestados desde a graduação, pelo apoio e principalmente por sempre estimular seus alunos a progredir nos estudos;

Ao *Prof. Dr. Leonardo Silva Soares* que aceitou o convite para fazer parte da banca examinadora, partilhando diretrizes essenciais para o enriquecimento desta pesquisa. Muito obrigada!

Ao *Prof. Me. Luiz Jorge Dias* pelos ensinamentos, amizade, dedicação e conselhos essenciais para o desdobramento desta pesquisa;

Ao Zoneamento Ecológico e Econômico do Maranhão (ZEE-MA) pelos préstimos de equipamentos e base de dados que contribuíram para o avanço do trabalho;

A minha amiga *Jessica Suyane Sousa* pelo carinho, companheirismo, paciência e estímulo durante os longos anos de amizade;

A *Manuela Costa* pela amizade, paciência e dedicação. Obrigada por me ouvir nos momentos de desespero;

A *Allana Costa* minha amiga, que muito me ajudou e até hoje me ajuda com troca de conhecimentos, inclusive, foi uma das maiores incentivadoras pra eu ingressar no mestrado. Quando tudo parecia não fluir ela sempre me direcionava palavras de conforto e principalmente possíveis soluções, ela é maravilhosa;

A *Anny Portela* pelos longos anos de amizade, toda dedicação, orientação quanto a elaboração cartográfica e pela atenção nos momentos de desesperos que não foram poucos. Sempre com uma visão positiva da situação e disposta a ajudar, ela é admirável;

Agradeço de coração aos amigos que o ZEE- MA me deu, os quais me apoiaram em todos os sentidos nessa jornada, principalmente fornecendo ajuda na elaboração de bases cartográficas:

*Letícia Mousa, Zidane Ferreira Silva, Brenda Nunes, Juciana Birino;*

Gostaria de demonstrar minha gratidão a secretária da PPGeo, Nana Alves pessoa maravilhosa, de coração nobre, amiga, parceira e que abraça todas as nossas causas. Obrigada por toda atenção e cuidados ao longo desses 2 anos de curso;

Agradeço a todos os meus amigos que de alguma forma colaboraram para o progresso dessa pesquisa.

Á todos vocês meus sinceros agradecimentos!

*“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso, mas o que ele se torna com isso”.*

*John Ruskin*

## RESUMO

A recorrente intervenção humana nos mananciais alteram as características naturais desses ambientes, causando sérios problemas direcionados a qualidade e disponibilidade hídrica. O estado do Maranhão é dotado de uma das maiores malhas hídricas do país, tendo o rio Una (Morros, Maranhão, Brasil) como integrante desse sistema, o qual possui, importante influência na economia local, devido seu uso, principalmente para atividade do turismo na região. A bacia hidrográfica é considerada uma unidade de planejamento para desenvolver políticas que visem a otimização dos recursos hídricos. Desse modo, o objetivo principal do presente trabalho foi analisar os parâmetros físico-químicos, biológicos e indicadores de qualidade das águas superficiais da sub-bacia do rio Una, como elemento de diagnose de qualidade ambiental. A abordagem teórica-metodológica está consubstanciada na teoria da análise integrada da paisagem, que explica e descreve os fenômenos existentes no ambiente. As coletas foram realizadas em dois períodos distintos sendo chuvoso e de estiagem, onde foram constatados *in loco* os parâmetros físicos e em laboratório os indicadores químicos e biológicos. O nível de trofia foi mensurado pelo Índice de Estado Trófico (IET), através do modelo proposto por Lamparelli (2004). Os resultados obtidos nas análises indicaram boa situação da qualidade da água da sub-bacia para uso de classes 2 conforme a Resolução CONAMA N° 357/2005, com estado trófico caracterizado em Ultraoligotrófico para todos os pontos de amostragem. No entanto, após realizar correlações entre os parâmetros estudados e o comportamento das classes de uso e cobertura da terra referente aos anos de 2000 e 2020, identificou-se fragilidades nos pontos (P2, P3, P4) com maior influência antrópica. A partir dessas informações, foram elaborados cenários prospectivos para a mitigação de políticas públicas que visem a conservação dos ambientes naturais, sobretudo, dos recursos hídricos.

**Palavras-chave:** Qualidade Hídrica. IET. Gestão dos Recursos Hídricos

## ABSTRACT

The recurrent human intervention in water sources alters the natural characteristics of these environments, causing serious problems related to water quality and availability. The state of Maranhão is endowed with one of the largest water networks in the country, with the Una River (Morros, Maranhão, Brazil) as part of this system, which has an important influence on the local economy, due to its use, mainly for tourism activity, in the region. The watershed is considered a planning unit to develop policies aimed at optimizing water resources. Thus, the main objective of the present work was to analyze the physical-chemical, biological parameters and quality indicators of the surface waters of the Una river sub-basin, as an element of diagnosis of environmental quality. The theoretical-methodological approach is based on the theory of integrated landscape analysis, which explains and describes the phenomena existing in the environment. The collections were carried out in two distinct periods, being rainy and dry, where the physical parameters were verified in loco and in the laboratory the chemical and biological indicators. The trophic level was measured by the Trophic State Index (IET), through the model proposed by Lamparelli (2004). The results obtained in the analyzes indicated a good water quality situation in the sub-basin for use in classes 2 according to CONAMA Resolution No. 357/2005, with a trophic state characterized as Ultraoligotrophic for all sampling points. However, after performing correlations between the parameters studied and the behavior of land use and land cover classes for the years 2000 and 2020, weaknesses were identified in the points (P2, P3, P4) with greater anthropic influence. Based on this information, prospective scenarios were developed for the mitigation of public policies aimed at conserving natural environments, especially water resources.

**Keywords:** Water Quality. EIT. Water Resources Management

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da sub-bacia do rio Una - Ma.....	22
Figura 2 - Base institucional do SINGREH.....	50
Figura 3 - Instrumentos de gestão conforme o PNRH.....	51
Figura 4 - Fluxograma representativo de etapas de trabalho.....	55
Figura 5 - Coleta de amostras de água rio Una.....	59
Figura 6 - Mapa de localização dos pontos de coleta.....	61
Figura 7 - Características ponto 1.....	62
Figura 8 - Características ponto 2.....	63
Figura 9 - Características ponto 3.....	64
Figura 10 - Características ponto 4.....	65
Figura 11 - Sonda multiparâmetro Horiba.....	66
Figura 12 - Afloramento rochoso de rochas magmáticas no município de Morros-Ma.	74
Figura 13 - Mapa de geologia da sub-bacia do rio Una, Ma.....	75
Figura 14 - Distribuição anual média de precipitação para Morros no ano de 2021.....	77
Figura 15 - Vegetação bioma cerrado no município de Morros.....	78
Figura 16 - Floresta de característica amazônica no limite de Morros com Axixá (Ma)	78
Figura 17 - Uso e cobertura da terra na su-bacia do rio Una – Ma, no ano 2000.....	80
Figura 18 - Uso e cobertura da terra na sub-bacia do rio Una-Ma, ano de 2020.....	81
Figura 19 - Remanescentes florestal, divisa entre os municípios de Morros e Icatú ....	83
Figura 20 - Formação savana no limite municipal de Morros e Icatú.....	84
Figura 21 - Área de campo alagado no baixo curso do rio Una, Morros-Ma.....	85
Figura 22 - Características vegetacionais de formação campestre.....	86
Figura 23 - Área de pasto nas proximidades do Una dos Moraes, Morros - Ma.....	87
Figura 24 - Ocupação irregular as margens do rio Una, Morros-Ma.....	88
Figura 25 - Sede do município de Morros.....	89
Figura 26 - Atividade turística no rio Una, sede do município de Morros-Ma.....	90
Figura 27 - Atividade de pesca.....	90
Figura 28 - Queimada do solo para cultivo na agricultura de pequeno porte.....	91
Figura 29 - Gráfico comportamento da temperatura.....	93
Figura 30 - Gráfico comportamento do oxigênio dissolvido (O.D).....	94
Figura 31 - Gráfico do comportamento do potencial Hidrogeniônico (pH).....	96
Figura 32 - Comportamento da condutividade elétrica.....	97

Figura 33 - Comportamento do fósforo.....	98
Figura 34 - Comportamento do nitrito.....	99
Figura 35 - Comportamento da amônia.....	100
Figura 36 - Comportamento do nitrogênio total.....	101
Figura 37 - Gráfico comportamento sólidos totais dissolvidos (STD).....	103
Figura 38 - Comportamento do alumínio .....	104
Figura 39 - Comportamento da turbidez.....	105
Figura 40 - Percentual de indicador microbiológico .....	106
Figura 41 - Nível de complexidade para resolução dos cenários territoriais.....	114

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do estado trófico.....	69
Tabela 2 - Contextos socioambientais que integram o atual cenário.....	69
Tabela 3- Pesos para cada atributo qualitativo utilizado na avaliação de cenários.....	71
Tabela 4 - Área das classes de uso e cobertura da terra na sub-bacia do rio Una.....	82
Tabela 5 - Resultados dos parâmetros físico-químicos conforme a resolução CONAMA 357/2005.....	92
Tabela 6 - Classificação de trofia dos pontos de amostragem segundo Lamparelli (2004).....	108

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Atribuições dos instrumentos de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos .....	32
Quadro 2 - Indicadores de qualidade hídrica.....	37
Quadro 3 - Classificação do nível de estado trófico.....	39
Quadro 4 - Representação requisitos de qualidade da água relacionado aos seus respectivos usos .....	45
Quadro 5 - Classes de enquadramento dos corpos hídricos .....	47
Quadro 6 - Descrição da localização dos pontos de coleta.....	62
Quadro 7 - Sobreposições e suas complexidades para resolução/mitigação no município de Morros, Ma .....	110

## LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CCA – Centro de Ciências Aplicadas

CECEN – Centro de Ciências Exatas e Naturais

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

CBHs- Comitês de Bacias Hidrográficas

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

GPS - Global Positioning System

IAP - Índice de Qualidade de Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público

IAPC - Instituto de Aposentadoria e Pensões dos Comerciantes

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IET – Índice de Estado Trófico

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IQA – Índice de Qualidade de Água

IMESC – Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos

IVA - Índice de Preservação da Vida Aquática

LABOHIDRO - Laboratório de Hidrobiologia

LEBAC- Laboratório de Estudos de Bacias Hidrográficas

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NBR – Norma Brasileira

NSF - National Sanitation Foundation

NUGEO – Núcleo de Geodiversidade

O.D – Oxigênio Dissolvido PH – potencial Hidrogeniônico

OMS – Organização Mundial da Saúde

pH- Potencial Hidrogeniônico

PNMA - Política Nacional de Meio Ambiente

PNRH – Política Nacional dos Recursos Hídricos

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SEMA - Secretaria de Meio Ambiente do Maranhão

SCIELO - Scitific Electronic Library Online

SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação

Hídricos

STD – Sólido Total Dissolvido

UEMA – Universidade Estadual do Maranhão

UFMA – Universidade Federal do Maranhão

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2 ABORDAGEM TEÓRICA-METODOLÓGICA</b> .....	24
<b>2.1 A Paisagem como Categoria de Análise Geográfica em Bacia Hidrográfica.</b>	<b>24</b>
<b>2.2 Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento.</b>	<b>27</b>
<b>2.3 Índices e Indicadores de Qualidade Hídrica</b> .....	<b>35</b>
2.3.1 Índice de Estado Trófico – IET .....	38
<b>2.4 Qualidade das Águas</b> .....	<b>43</b>
<b>2.5 Gestão de Recursos Hídricos.</b>	<b>48</b>
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICO</b> .....	55
<b>3.1 Levantamento Bibliográfico.</b>	<b>55</b>
<b>3.2 Aquisição de Dados e Informação</b> .....	<b>56</b>
3.2.1 Base Cartográfica .....	56
3.2.3 Caracterização dos Pontos de Coleta .....	60
<b>3.3 Determinação e Análise dos Parâmetros de Análise da água</b> .....	<b>65</b>
3.3.1 Parâmetros Físicos .....	65
3.3.2 Parâmetros Químicos .....	66
3.3.2.1 Metais Pesados .....	67
3.3.2.2 Nutrientes .....	67
3.3.3 Coliformes Termotolerantes.....	68
<b>3.4 Determinação do Índice do Estado Trófico na Bacia</b> .....	<b>68</b>
<b>3.5 Cenarização</b> .....	<b>69</b>
<b>3.6 Dificuldades no desenvolvimento da pesquisa.</b>	<b>71</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	73
<b>4.1 Análise Ambiental Geointegrada da Área de Estudo</b> .....	<b>73</b>
<b>4.2 Caracterização da Evolução do Uso e Cobertura da Terra em 2000 e 2020</b> .	<b>79</b>
4.2.2 Formação Florestal .....	83
4.2.3 Formação Savana Arborizada .....	84
4.2.4 Mangue.....	84
4.2.5 Campo alagado e área pantanosa .....	85
4.2.6 Formação Campestre.....	85
4.2.7 Pastagem .....	86
4.2.8 Área Urbanizada.....	87
4.2.9 Outras Áreas não Vegetadas .....	89
4.2.10 Rios, lagos e lagoas .....	89
4.2.11 Outras Lavouras Temporárias .....	90

<b>4.3 Avaliação dos Indicadores de Qualidade Hídrica.....</b>	<b>91</b>
4.3.1 Temperatura, Oxigênio Dissolvido, pH e Condutividade Elétrica .....	93
4.3.2 Fósforo, Nitrito, Nitrato e Amônia.....	97
4.3.3 Nitrogênio Total, STD, Metais Pesados, Turbidez .....	101
4.3.4 Coliformes Termotolerantes.....	106
<b>4.4 Índice de Estado Trófico .....</b>	<b>107</b>
<b>4.5 Cenários para Mitigação de Danos Socioambientais.....</b>	<b>109</b>
4.5.1 Ordenamento Territorial.....	115
4.5.2 Geração de Emprego e Renda .....	115
4.5.3 Qualidade de Vida.....	116
4.5.4 Usufruto do Espaço para o Lazer .....	117
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>119</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>121</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial que garante as diferentes formas de vida existentes no planeta Terra. Além de fornecer condições básicas para sobrevivência das diversas espécies e de manter o equilíbrio dos ecossistemas terrestres, a água é indispensável para garantir o desenvolvimento territorial e econômico. As atividades antrópicas podem ter um impacto sobre os recursos hídricos, interferindo negativamente em sua qualidade e disponibilidade (FERREIRA; SILVA; SOUZA, 2018, p. 54).

Ao longo do tempo de ocupação do espaço, os mananciais sempre representaram objeto de interesse do homem, pois são fontes de recursos para sua sobrevivência. A partir dos usos indiscriminados desde as primeiras civilizações, prevaleceu a cultura do desperdício, sem haver investimentos em preservação de mananciais e aplicação de leis e técnicas destinadas a proteção e manutenção destes recursos (ANA, 2019).

Por esse motivo, as questões ambientais têm se tornado um dos maiores desafios da atualidade, visto que o homem vem modificando o meio de modo a adequá-lo as suas necessidades. Uma das maiores deficiências, principalmente nos países em desenvolvimento, está infraestrutura sanitária deficitária, que por sua vez compromete o bem-estar da população e degrada o meio ambiente (ROCHA, 2019).

Embora o Brasil conte com sistemas de esgotamento sanitário projetados, em locais sem cobertura, esgotos *in natura*, lançados a céu aberto, escoam para os canais de drenagem e poluem as águas pluviais (CAMELO, 2019). O reflexo do consumo acelerado e dos diferentes usos desenvolvidos nos corpos hídricos, vem contribuindo para o comprometimento do meio ambiente, das atividades sociais e econômicas relacionadas (ENCONTRO INTERNACIONAL DE ÁGUAS, 2017).

No que se refere aos recursos hídricos, o Maranhão é conhecido como um estado de grande potencial, representado por aproximadamente 2,8% de águas superficiais e 97,2% de águas subterrâneas, onde se inserem três bacias hidrográficas federais, sete estaduais e dois sistemas hidrográficos costeiros (PERH, 2020). Pertencendo a este cenário encontra-se a sub-bacia do rio Una, localizado na mesorregião norte do Maranhão, inserido na bacia do rio Munim, abrangendo áreas dos municípios de Morros, Icatú e Cachoeira Grande (Figura 01).

Nas últimas décadas a sub-bacia do rio Una é alvo de grande visitações turísticas impulsionada pela sua beleza natural, que por sua vez, promoveu o avanço da população no espaço sem o devido planejamento territorial. Conseqüentemente, o progresso das atividades econômicas desenvolvidas na região, a falta de estrutura e de saneamento básico na cidade

para atender a demanda, tem provocado alterações das características naturais desse corpo hídrico.

Dentre as principais modificações identificadas na localidade, aponta-se a destruição da mata ciliar, resíduos jogados no leito do rio, lixo a céu aberto nas proximidades da mata ciliar, construções em desacordo com as normas e especificações ambientais, a inexistência em grande extensão para coleta e tratamento dos esgotos produzidos. Todas essas causas contribuem para a redução da qualidade da água, podendo implicar na sua utilização pelos seres vivos desse ecossistema e para a sociedade como todo.

Torna-se notório, a ausência da participação dos órgãos competentes quanto a fiscalização e aplicação das normas contidas nas legislações ambientais vigentes, além da falta de práticas educativas que envolvam a população com vista a preservação do rio e investimento na estrutura da cidade para melhor atender o fluxo de visitantes.

Mediante o exposto, faz-se necessário avaliar a qualidade da água da sub-bacia, pois da forma inerente como o turismo está desenvolvendo-se na região, a tendência é o rio ter mais pressão antrópica e conseqüentemente ser comprometido com a poluição e assoreamento, sendo estes reflexos de uma exploração causada pela falta de preparo do poder público municipal.

Na perspectiva de avaliar a qualidade da água da área de estudo, utilizou-se o Índice de Estado Trófico (IET) para estabelecer os níveis de trofia da bacia, cujo verifica à concentração de fósforo total, clorofila e transparência das águas, possibilitando a classificação em classes tróficas. Portanto, para a presente pesquisa adotou-se o modelo proposto por Lamparelli (2004) a qual considera dentre as variáveis estabelecidas para o cálculo do IET, o fósforo total como o elemento mais importante, pois este nutriente é, na maioria das vezes, o fator limitante para a produção primária.

Quanto a qualidade da água do rio Una, foi enquadrada na classe 2 conforme estabelece a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) Nº 357/2005, associada com as características físicas do ambiente, com os valores obtidos dos parâmetros físico-químicos e biológicos, comparadamente a Lei vigente.

Cabe ressaltar, que é de suma importância à avaliação por meio dos parâmetros físicos, químicos e biológicos na sub-bacia do rio Una para identificar os índices de contaminação do curso, relacionando-os a baixa concentração de oxigênio dissolvido refletido na disponibilidade de nutrientes e quantidade de fósforo. O resultado das análises indicou o índice de estado trófico – IET e o grau de propagação através dos parâmetros analisados, indicando os pontos mais graves ao longo do rio.

Nesse contexto a colocação da bacia hidrográfica como unidade de planejamento possibilita a preservação, a conservação dos recursos naturais, principalmente a água. Desse modo, Botelho e Silva (2004, p.184) colocam que “a bacia hidrográfica é o espaço de planejamento e gestão das águas, onde se procura compatibilizar as diversidades demográficas, sociais, culturais e econômicas das regiões”.

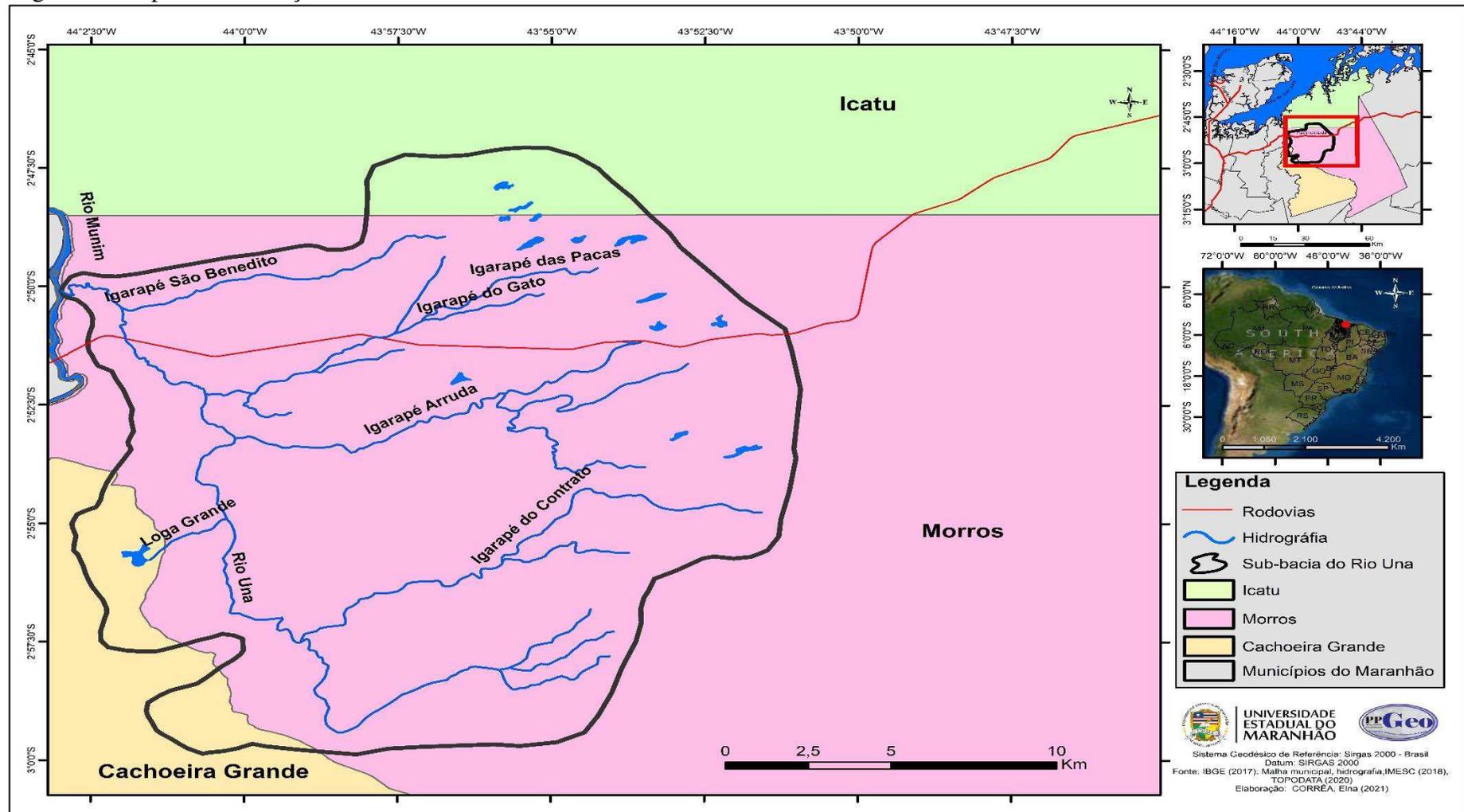
O estudo integrado da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos é essencial, pois a mesma é analisada como célula espacial enquanto entidade sistêmica tornando-se alvo de diversas pesquisas de cunho hidrológico, relacionando os diferentes aspectos (físicos e sociais) do ambiente. Sobretudo, fomenta pesquisas direcionadas para o planejamento e políticas públicas visando o desenvolvimento ambientalmente sustentável.

Destaca-se que a paisagem deve ser estudada dentro da perspectiva ambiental, a partir de uma visão holística e dinâmica para diferenciar o comportamento dos fenômenos e associá-los as transformações existentes no espaço. No entanto, o estudo da paisagem integrada é considerado um relevante instrumento de planejamento e gestão de políticas em áreas urbanizadas para subsidiar pesquisas que esbocem estratégias de controle que visem a preservação do ambiente (natural e cultural).

Nesse viés aborda-se o estudo da sub-bacia do rio Una – MA, a partir da análise da categoria geográfica de paisagem integrada, a qual considera os elementos naturais e artificiais como fatores modeladores da mesma. No entanto, serão avaliados o uso e cobertura da terra, geologia, vegetação, atividades desenvolvidas nesse ambiente, dentre outros fatores que possam representar a atual cenário desse sistema.

Por esse motivo, é essencial a criação de cenários prospectivos, uma vez que sua participação contribui em compreender melhor os fenômenos naturais e entender como se deve agir fazendo parte desse sistema, pois a contínua agressão ao meio ambiente se torna de interesse público e social, planejar estruturas de gestão e controle do uso dos recursos naturais, em especial os recursos hídricos.

Figura 1 - Mapa de localização da sub-bacia do rio Una - MA



Fonte: Registro da pesquisa, 2022.

Diante as questões aqui mencionadas relacionadas aos problemas ambientais, sobretudo a respeito das fragilidades dos recursos hídricos decorrente da alteração da paisagem, o presente trabalho, possui os seguintes objetivos:

### **Objetivo Geral**

Analisar os parâmetros e indicadores de qualidade das águas superficiais da sub-bacia do rio Una, como elemento de diagnose de qualidade ambiental desse conjunto de recursos hídricos.

### **Objetivos Específicos**

- Avaliar os níveis tróficos associados aos recursos hídricos superficiais na sub-bacia do rio Una;
- Averiguar os parâmetros previstos na Resolução CONAMA 357/2005 e a aplicabilidade parcial dos mesmos no contexto da área de pesquisa para a proposição de indicadores e parâmetros como subsídio ao início de um programa de monitoramento de águas;
- Analisar o uso e ocupação da terra atual na sub-bacia do rio Una, como propósito de geração de insumos para o conhecimento do território drenado;
- Indicar estratégias de acompanhamento sistemático das condições físicas e geoquímicas da sub-bacia do rio Una como subsídio às políticas de uso da água (Cenarização).

## **2 ABORDAGEM TEÓRICA-METODOLÓGICA**

### **2.1 A Paisagem como Categoria de Análise Geográfica em Bacia Hidrográfica**

A princípio, a paisagem era identificada conceitualmente no Oriente (século IV) sem qualquer reflexão sobre a concepção da observação do meio, era conhecida apenas como algo abstrato através de ornamentações de jardins construídos em palácios, monumentos arquitetônicos, em pinturas e esculturas desenvolvidas pelos movimentos artísticos.

Nesse primeiro momento, a paisagem representava os traços culturais de cada povo expressado na organização do espaço, no entanto, essa forte influência pode ser observada principalmente no Egito, nos Povos da Mesopotâmia, Assírios, Roma, China e Japão, onde são identificados até os dias atuais características intrínsecas dos costumes marcados na paisagem. Contribuindo com esse pensamento, Maximiano (2004, p. 84) enfatiza que:

A noção de paisagem está presente na memória do ser humano antes mesmo da elaboração do conceito. A ideia embrionária já existia, baseada na observação do meio. As expressões desta memória e da observação podem ser encontradas nas artes e nas ciências das diversas culturas, que retratavam inicialmente elementos particulares como animais selvagens, um conjunto de montanhas ou um rio. As pinturas rupestres são uma referência para esta percepção direcionada a alguns componentes do ambiente.

Por conseguinte, apenas no século XIX com o surgimento da geografia como ciência é que a paisagem começou a ser reconhecida como uma categoria geográfica e sobretudo como um conceito científico utilizado como base de estudo da disciplina em questão. A partir desse momento, a paisagem começa a ter um significado diferenciado, deixando de ser apenas uma referência espacial ou um objeto de observação e contemplação.

Para Venturi (2004) esse processo de consolidação da geografia como ciência ocorre quando há um distanciamento entre o homem e a natureza, e a possibilidade de domínio técnico suficiente para poder apropriar-se e transformá-la. Tal distanciamento surge com o positivismo lógico que impõe a necessidade de mensurar matematicamente os fenômenos existentes no espaço.

Ao decorrer do desenvolvimento científico a palavra em destaque apresentou diferentes conceitos em vários países provocando distintos olhares acerca dessa concepção. Segundo Venturi (2004) os conceitos vão variar de acordo com as perspectivas de análise, da abordagem e das orientações teórico-metodológicas das várias disciplinas e escolas preocupadas com sua compreensão.

Na Geografia o termo paisagem concebe-se como o conjunto de “formas” que caracterizam um setor determinado da superfície terrestre. Seguindo esta concepção que considera puramente as formas, o que se distingue é a heterogeneidade da homogeneidade, de modo que se pode analisar os elementos em função de sua forma e magnitude e, assim, obter uma classificação de paisagens: morfológicas, vegetais, solos, etc. (PASSOS, 2003).

Corroborando com essa perspectiva Sauer (1925) relata que “a paisagem é uma área composta por associação distinta de formas, ao mesmo tempo físicas e culturais, onde sua estrutura e função são determinadas por formas integrantes e dependentes, ou seja, a paisagem corresponde a um organismo complexo, feito pela associação específica de formas e apreendido pela análise morfológica”. Ressaltando que se trata de uma interdependência entre esses diversos constituintes, e não de uma simples adição, e que se torna conveniente considerar o papel do tempo.

A partir dessa percepção, começou a ser incluído na ciência geográfica o conceito de geossistemas proposto por Sotchava em 1962, cujo afirmava que o mesmo é “uma dimensão do espaço terrestre onde os mais diversos componentes naturais (antrópica, ecológica, biológica) se encontram em conexões sistêmicas uns com os outros”. Essa teoria contribui para entender a inter-relação dos constituintes existentes no meio e como estes se comportam.

Os geossistemas correspondem ao resultado da combinação dos fatores geomorfológicos, climáticos, hidrológicos e da cobertura vegetal, podendo influir fatores sociais e econômicos, e, por serem processos dinâmicos, podem ou não gerar unidades homogêneas internamente e associam-se à ideia de organização do espaço com a evolução da natureza (MENDONÇA, 2001; CAMARGO, 2002).

Esse marco foi a entrada naturalista de análise do meio ambiente, trata-se de um espaço/tempo antropizado e corresponde à interação dos componentes abióticos (rocha, ar, água), bióticos (animais, vegetais, solos) e antrópicos (os impactos das sociedades sobre a natureza) (PEREIRA, 2017).

A partir de tais informações, é importante frisar que a paisagem na perspectiva de categoria geográfica busca identificar os componentes espaciais que constituem determinado local, tendo como base crucial a percepção e considerações empíricas para obter a noção real do espaço e conseqüentemente analisar os aspectos físicos (naturais e/ou abióticas) e sociais do ambiente.

A paisagem é uma unidade espacial delimitada, que segue o nível de resolução do pesquisador a partir dos objetivos centrais da análise, sendo estes “sempre resultante da

integração dinâmica, portanto instável, dos elementos de suporte e cobertura (físicos, biológicos e antrópicos)” (MONTEIRO, 2001, p.39).

Segundo Ab´Sáber (2003) as paisagens têm o caráter de herança de processos (fisiográficos e biológicos), de atuação antiga, remodelados e modificados por processos de atuação recente. Assim, as paisagens são uma herança, um patrimônio coletivo dos povos que, historicamente os modificaram ao longo do tempo e do espaço.

Ainda baseado no pressuposto do autor supracitado, a categoria geográfica em questão é tida como “um conjunto de elementos naturais ou artificiais sempre interligados à herança, o qual é determinado por processos de atuação de antigos e recentes eventos, que remodelam a topografia diante de forças da natureza em uma escala de tempo de milhões a dezenas de milhões de anos” (AB´SÁBER, 2003, p.28).

A paisagem permite analisar o ambiente de forma integrada estabelecendo um estudo complexo, holístico e unificado do espaço geográfico, bem como uma melhor compreensão e/ou análise espacial dos elementos físicos e sociais, seus processos, suas relações e correlações. Além de investigar as entradas e saídas de energia e matéria do sistema sociedade-natureza (LEITE; ROSA, 2009, p. 21).

Em vista disso, Bolós (1992, p. 68) define paisagem integrada como:

Uma área geográfica, unidade espacial, cuja morfologia agrega uma complexa inter-relação entre litologia, estrutura, solo, flora e fauna, sob a ação constante da sociedade, que a transforma. Corresponde, portanto, ao espaço geográfico onde as intervenções da sociedade alteram-se ao longo do tempo e sua dinâmica e evolução são determinados por processos históricos e naturais.

A paisagem também é definida como um conjunto inter-relacionado de formações naturais e antroponaturais, podendo ser considerada como: um sistema que contém e reproduz recursos, um meio de vida e da atividade humana, um laboratório natural e fonte de percepções estéticas (RODRIGUEZ, 2017).

Partindo dessas primícias, Sochava (1977) enfatiza a base do conceito de paisagem, considerando a natureza como um todo composto por partes que se integram para formar um sistema natural. Pois, em condições normais se devem estudar, não só os componentes da natureza, mas as conexões entre eles, sua dinâmica, estrutura funcional e conexões.

Assim como qualquer sistema material, a paisagem também é propícia a mudança. O enfoque evolutivo-dinâmico consiste em esclarecer as leis e a regularidades do desenvolvimento do território. As mudanças dinâmicas caracterizam-se pela periodicidade e

reversibilidade provocadas como consequência do conjunto de processos que ocorrem no interior das paisagens e em partes da autorregulação (RODRIGUEZ, 2017).

Diante dos fatos supracitados será analisado a bacia hidrográfica a partir dessa prerrogativa, pois permite estudar o conjunto de unidades e suas relações por meio da visão sistêmica, a qual considera a mesma como um sistema integrado, em que cada componente isolado não possui propriedades integradoras. Todavia, estas propriedades somente desenvolvem-se quando se estuda a bacia como um sistema total.

Para Lima (2012) a visão integradora dos sistemas físicos e antrópicos, assim como a abordagem sobre bacias hidrográficas são pautadas na análise geossistêmica, como unidade espacial-territorial para o planejamento ambiental sustentável. Contudo, Guerra e Cunha (2004) corroboram com essa concepção afirmando que veem na bacia hidrográfica a unidade integradora desses setores (naturais e sociais), que deve ser administrada com esta função, a fim de que os impactos ambientais sejam minimizados.

## **2.2 Bacia Hidrografica como Unidade de Planejamento**

A bacia hidrográfica é definida como a área da superfície terrestre drenada por um rio ou canal principal e seus afluentes ou tributários, estando limitada pelos divisores de água e pela saída da bacia em seu exultório. Conforme Souza & Fernandes (2000), o termo bacia hidrográfico refere-se a uma compartimentação geográfica natural demarcada por divisores topográficos.

Contribuindo com o conceito de bacias hidrográficas Cunha e Guerra (1999) relatam que a mesma constitui-se na superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum localizada num determinado ponto do curso do rio principal denominada de foz, funcionando exatamente como um sistema natural. Enquanto espaço geográfico, a bacia hidrográfica integra a maior parte das relações de causa-efeito a serem consideradas na gestão dos recursos hídricos, principalmente as que dizem respeito à degradação ambiental oriunda das atividades humanas.

As bacias hidrográficas são unidades espaciais de dimensões variadas, onde se organizam os recursos hídricos superficiais em função das relações entre a estrutura geológica-geomorfológica e as condições climáticas, onde os cursos d'água são sistemas ambientais complexos, os quais possuem importância como elemento componente e transformador da paisagem geográfica, bem como, fonte de recurso natural (CARVALHO, 2018).

Conforme Christofolletti (1980) a quantidade de água que a bacia hidrográfica vai receber depende do tamanho da área ocupada pela bacia hidrográfica e por processos naturais que envolvem precipitação, evaporação, infiltração, escoamento, etc. Também compreendida como rede hidrográfica, a mesma é uma unidade natural que recebe a influência da região que drena, é um receptor de todas as interferências naturais e antrópicas que ocorrem na sua área tais como: topografia, vegetação, clima, uso e ocupação etc. Assim um corpo de água é o reflexo da contribuição das áreas no entorno, que é a sua bacia hidrográfica.

Assim o comportamento da bacia ocorre ao longo do tempo por dois fatores, sendo o primeiro de ordem natural responsável pela pré-disposição do meio à degradação ambiental e o segundo de ordem antrópica no qual as atividades humanas interferem de forma direta ou indireta no funcionamento da bacia. Diante o exposto, “tem-se adotado a bacia hidrográfica como área de delimitação dos recursos hídricos a serem gerenciados, devido à mesma apresentar-se como unidade física de fácil reconhecimento, caracterização e avaliação para gestão das águas” (VILAÇA; GOMES; MACHADO; et al, 2008, p. 34).

Segundo Porto (2008) são nas delimitações desse sistema que se desenvolvem todos os setores da sociedade: as áreas urbanizadas, a agricultura, a pecuária, as indústrias e o ecossistema. Assim constitui uma área ideal para estudos ambientais, pois proporciona a integração entre os aspectos físicos, sociais e econômicas.

Os recursos hídricos, enquanto parte importante do meio físico, são facilmente comprometidos, sejam no âmbito da qualidade e/ou quantidade, no aspecto de características como alteração de cursos d’água ou diminuição dos canais de drenagem. Esses fatores são responsáveis pelo atual cenário de degradação existente nesse sistema natural (SILVA, 2003, p. 15).

O aumento crescente dos problemas ambientais tem levado a comunidade científica a conduzir seus trabalhos na busca de soluções para os impactos ambientais provocados pela sociedade sobre o espaço ocupado. Por conta disso, talvez “um dos maiores desafios para as ciências, na atualidade, seja o de ajustar suas metodologias, ou redirecionar suas ações, na tentativa de apontar mecanismos e possíveis respostas que possam levar a soluções, que, no mínimo, orientem a forma adequada de planejar, recuperar ou conservar as diversidades de paisagens da superfície terrestre” (GUERRA, 2014, p. 53).

As agências de planejamentos, órgãos governamentais de regulação e de controle ambiental utilizam esta unidade para caracterizar as condições do meio físico como reveladoras do diagnóstico ambiental. Por esse motivo, devido a importância designada pelas

bacias hidrográficas seu estudo tem sido cada vez mais objeto de diversas pesquisas (ANTUNES, 2017).

Partindo dessas perspectivas, atualmente foram despertadas sucessivas discussões voltadas à problemática do uso, qualidade e disponibilidade da água desencadeando o interesse de pesquisas fomentadas nesse âmbito a níveis mundiais. Por este motivo faz-se menção da grande demanda por esse recurso natural ocasionada pela ação antrópica a qual é responsável pelo acelerado processo de degradação das características químicas, físicas e biológicas do ambiente aquático.

Diante do atual quadro que circunda os recursos hídricos ressalta-se a necessidade de adaptações no contexto do planejamento dos mesmos, cujo apontem definições centralizadas a problemática. Como relata Afonso e Barbosa (2005, p. 23) “a necessidade de construção de novas relações sociedade/natureza se alia então a este novo modelo de gestão que tem seu foco territorial na bacia hidrográfica, que apesar de ter se desenvolvido, enquanto conceito, prioritariamente dentro das políticas de recursos hídricos representa uma reorganização espacial e sócio-funcional inovadora a ser absorvida por nossas políticas públicas em várias escalas”. Os mesmos autores ainda expõem que:

Possibilidades de organizar a população por bacias hidrográficas é interessante pelo fato da água ser um elemento de mobilização social (pelo grau de interesse que ela gera na população, nos setores usuários e administradores públicos) e um excelente indicador de qualidade ambiental, por ser a bacia uma unidade geográfica muito propícia às análises das intervenções antrópicas, uma vez que o ciclo da água está intrinsecamente interligado a outros ciclos de escala mais ampla da biosfera (AFONSO; BARBOSA, 2005, p. 24).

A bacia como unidade de planejamento tem o propósito de apresentar um vasto campo abrangendo áreas das políticas públicas, tecnologias e educação com a finalidade de subsidiar a solução das adversidades concernentes a otimização desses recursos naturais e a garantia dos usos múltiplos da água, levando em consideração a participação dos respectivos usuários, autoridades, poder público, organizações públicas e privadas.

Para planejar o uso dos recursos hídricos é necessário que haja práticas eficazes de implementação e de viabilização de políticas públicas. Deve-se determinar os objetivos de utilização dos recursos naturais, principalmente da água, dentro de uma unidade que é a bacia hidrográfica. Essa área deve ser zoneada em escalas de prioridade direcionadas ao uso e ocupação da terra, agricultura, pesca, conservação, recreação, usos domésticos e industriais da água (TUNDISI, 2018).

A concepção de bacia hidrográfica como uma unidade bem definida se consiste mediante características intrínsecas que concedem um conjunto interdisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, ciência, estudo e atividade ambiental. Contudo, o desenvolvimento de técnicas de planejamento e gerenciamento desse recurso tem o intuito de promover a conservação e/ou recuperação desse ecossistema.

A adoção da bacia hidrográfica, como unidade de planejamento e gerenciamento, enfatiza a integração econômica e social em processos conceituais. A utilização de tecnologias de proteção, conservação, recuperação e tratamento. “A integração dos setores públicos e privados em uma unidade fisiográfica, como a bacia hidrográfica, é fundamental concretizar a otimização de usos múltiplos e o desenvolvimento sustentável. A bacia hidrográfica é um exemplo para aplicar um estudo integrado, funcionando como importante instrumento para o gerenciamento de recursos, decisões políticas relevantes em meio ambiente e ética ambiental” (TUNDISI, 2003, p. 23).

Entretanto, compreende-se que a implementação de uma gestão de recursos hídricos que considere diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, culturais e questões territoriais envolvidas pela produção social não é algo fácil, mas pode ser relevante para a concepção do sucesso de planejamento hídrico. Pois, a bacia hidrográfica torna-se o território materializado dessas ações, que se tem como diretriz básica, a articulação da gestão hídrica com a do uso do solo, trabalhando diretamente com os setores de usuários, com os planejamentos regional, estadual e nacional (CARVALHO, 2020).

Para que haja a realização do planejamento e gestão dos recursos hídricos com vista a proteção das águas, sobretudo contra as diversas formas de poluição e dos usos indevidos nesses ambientes, é necessário a implementação das diretrizes contidas na Política Nacional de Recursos Hídricos deliberada pela Lei Federal N° 9.433/97, que tem a pretensão de planejar, regular e controlar a utilização desses recursos. Nesse sentido, relata-se sobre as principais políticas de nível federal e estadual que compõem a Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil.

➤ **Política Nacional de Recursos Hídricos:** Apesar da relevância da água ser frisada na Constituição Federal de 1988, foi apenas a partir da Lei N°. 9.433 de 1997 cujo estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) que foram introduzidas bases legais com desígnio a proteção das bacias hidrográficas.

A Lei Federal N° 9.433/97, menciona na sua estrutura os fundamentos, objetivos, diretrizes de ação e os instrumentos para a gestão dos recursos hídricos no Brasil. Apresenta

no fundamento I que “a água é um bem público” reforçando o estabelecido nos artigos 20 e 26 da Constituição Federal de 1988, que tratam dos bens da União e dos estados. Os artigos determinam que as águas superficiais são públicas, de domínio da União e dos estados, enquanto as águas subterrâneas são de domínio dos Estados. Dessa forma, não existe dominialidade de água municipal e particulares (SANTOS, 2012, p. 178).

Henkes (2011) explicita que o domínio público da água ratificado pela Lei Nº. 9.433/97, não transforma o Poder Público Federal e Estadual em proprietário da água, mas o torna gestor desse bem, no interesse de todos. O ente público não é proprietário, senão no sentido formal (tem poder de autotutela do bem), na substância é um simples gestor do bem de uso coletivo.

Baseado na necessidade de garantir a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade favorável a longo prazo para a sociedade, foram incorporadas diretrizes gerais na Política Nacional de Recursos Hídricos que auxiliam no monitoramento da água no país, dentre elas:

- I - a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;
- II - a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;
- III - a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;
- IV - a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional;
- V - a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;
- VI - a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras (BRASIL, 1997, Art. 3º).

Considerando a importância da água para a manutenção da vida, quando para a geração de insumos econômicos do país, faz-se necessário a proteção desse elemento contra todas as formas de poluição. Em razão disso, foram determinados preceitos legais que complementam a criação de critérios objetivados ao ordenamento de unidades territoriais de gestão e criação de entidades que prestem suporte administrativo quanto ao planejamento, regulação e controle da água, conforme os padrões definidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

A partir do momento em que os instrumentos de gestão de recursos hídricos e a legislação que a fomenta são tomadas como conhecimento base para a aplicação de políticas públicas, esta torna-se uma importante ferramenta aliada no que tange a gestão da água. Para tanto, no quadro 01 aponta-se os seis instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos definidos no art. 5º da Lei Nº 9.433/97.

Quadro 1- Atribuições dos instrumentos de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos

Instrumentos da PNRH	Competências
<b>Planos de Recursos Hídricos</b>	<p>I - diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;</p> <p>II - análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;</p> <p>III - balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;</p> <p>IV - metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;</p> <p>V - medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;</p> <p>VI - responsabilidades para execução das medidas, programas e projetos;</p> <p>VII - cronograma de execução e programação orçamentário-financeira associados às medidas, programas e projetos;</p> <p>VIII - prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;</p> <p>IX - diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;</p> <p>X - propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.</p>
<b>Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos</b>	<p>I - derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;</p> <p>II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;</p> <p>III - lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;</p> <p>IV - aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;</p> <p>V - outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.</p>
<b>Cobrança pelo Uso da Água</b>	<p>I - reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;</p> <p>II - incentivar a racionalização do uso da água;</p> <p>III - obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.</p>
<b>Enquadramento dos Corpos d'água em Classes</b>	<p>I - assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas;</p>

	II - diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.
<b>Compensação a Municípios</b>	Prever o repasse financeiro a municípios que abrigam reservatórios de usinas hidrelétricas pelo uso dos recursos hídricos. Porém foi vetado pela Lei.
<b>Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos</b>	I - reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil; II - atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional; III - fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.

Fonte: Adaptado Brasil, 1997.

Os instrumentos legais acima mencionados são tidos como fundamento para a discussão sobre a gestão dos recursos hídricos no Brasil, os quais contribuem para tratar as questões ambientais e a gestão em bacias hidrográficas. Logo, esses marcos legais federais associados às legislações estaduais fornecem mecanismos regulamentadores eminentes para a implantação de organizações que visam o monitoramento dos recursos hídricos.

➤ **Política Estadual de Recursos Hídricos:** A Lei Estadual 8.149/2004 institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Maranhão, cujo é planejada e executada de acordo com os critérios e princípios estabelecidos na presente Lei e na Lei Federal 9.433/97. Outrossim, exerce uma gestão descentralizada, que vale-se a participação do poder público, dos usuários e da sociedade civil.

Os instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos contém poucas diferenças em relação a Política Nacional, pois apresenta cinco instrumentos a mais na constituição, resultante a 11 instrumentos que se remetem aos direitos dos múltiplos usos da água a nível estadual. Assim, lista-se os respectivos instrumentos contidos no Art. 6º da Lei Estadual nº 8.149/2004.

- I – os Planos de Recursos Hídricos;
- II – os Planos Diretores de Bacia Hidrográfica;
- III – o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- IV – a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos e o licenciamento das obras utilizadoras destes recursos;
- V – a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- VI – o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos;
- VII – os programas destinados à capacitação profissional na área de recursos hídricos;

- VIII – as campanhas educativas visando conscientizar a sociedade para a utilização racional dos recursos hídricos do Estado;
- IX – o Cadastro Estadual de usuários de recursos hídricos;
- X – o Fundo Estadual de Recursos Hídricos e demais Fundos;
- XI – a aplicação de penalidades (MARANHÃO, 2004).

Para efetivação da referida Política, conta-se com o arranjo institucional constituído pelo: Conselho Estadual de Recursos Hídricos, Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Naturais, Comitês de Bacia Hidrográfica, Agências de Bacias, associações municipais, consórcios intermunicipais, associações de usuários, e organizações civis legalmente criadas com atuação comprovada na área de recursos hídricos há pelo menos três anos (ANA, 2018, p. 4).

➤ **Plano Estadual de Recursos Hídricos:** O governo do estado instituiu o PERH-MA como estratégia implementar da Política Estadual, para auxiliar na execução de medidas voltadas aos recursos hídricos estaduais. O Plano aqui mencionado foi elaborado visando a gestão integrada que conta com a participação do poder público, usuários e sociedade civil, para definir qual a melhor forma de utilizar as águas mantendo-as limpas e próprias para os múltiplos usos.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos prevê que a Gestão dos Recursos Hídricos seja exercida por Bacias Hidrográficas, pois assim será definido o cuidado com as águas por regiões onde estão inseridas. Ressalta-se, que o mesmo deve ser desenvolvido a partir de uma visão prática de longo (+10 anos), médio (10 anos) e curto prazo (2-4 anos).

Conforme a Lei Estadual nº 8.149/2004 dispõe em seu Art. 6º, o Plano Estadual de Recursos Hídricos e os Planos Diretores de Bacia Hidrográfica são planos diretores que objetivam fundamentar e orientar à implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e o gerenciamento destes recursos por meio dos seguintes conteúdos:

- I - inventário e diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos elaborados por bacia hidrográfica ou por conjunto de bacias;
- II - análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução das atividades produtivas e de modificações dos padrões da ocupação do solo;
- III - balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;
- IV - metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis; V - medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;
- VI - prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;
- VII - diretrizes e critérios para cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- VIII - propostas para a criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos;
- IX - programas de desenvolvimento institucional, tecnológico e gerencial de valorização profissional e de comunicação social na área de recursos hídricos;

X - objetivos e diretrizes gerais para o aperfeiçoamento do sistema de planejamento estadual e inter-regional dos recursos hídricos (MARANHÃO, 2004).

Destaca-se que a cada quatro anos o Plano deverá ser revisado, onde poderão ser propostas novas ações por parte de toda a sociedade competente, sendo crucial para a ação contínua de preservação e manutenção da vida aquática. No entanto, apesar de obter mais de 10 anos da criação do Plano Estadual, o Maranhão ainda apresenta grandes percauços quanto ao desempenho das ações do mesmo em seu território.

### **2.3 Índices e Indicadores de Qualidade Hídrica**

Os índices e indicadores de qualidade hídrica foram definidos a partir da necessidade em mensurar o grau de alteração dos componentes químicos, físicos e biológicos da água provenientes da poluição oriunda das diversas fontes de uso urbano. Assim, Santos; et. al. (2001, p.32) declara que:

A poluição a que os corpos d'água estão sujeitos, causada por diferentes fontes de origem urbana, rural e industrial, conduz à necessidade de planos de prevenção e recuperação ambiental, a fim de garantir condições de usos atuais e futuros, para diversos fins. Esses planos, além de medidas de acompanhamento de suas metas, através de fiscalização, requerem para sua proposição e efetiva implementação, dados que indiquem o estado do ambiente aquático. Para esse fim, são estabelecidos os programas de monitoramento da qualidade da água. Programas de monitoramento da qualidade da água são estabelecidos para avaliar as substâncias presentes na água, avaliadas sob os aspectos físicos, químicos e biológicos.

Segundo o Plano Nacional de Meio Ambiente (PNMA, 2013) o indicador é uma característica específica da água, podendo ser, física, química ou biológica, como por exemplo: oxigênio dissolvido (O.D), fósforo total, pH, sólidos totais dissolvidos (STD), temperatura, clorofila, nitrogênio, dentre outros componentes.

Outrossim, os índices são importantes no acompanhamento da qualidade da água levando em conta que existem incertezas por detrás das variáveis que os compõem. Assim, o Índice consiste na agregação de dois ou mais indicadores sendo avaliados por meio do: Índice Qualidade da Água (IQA), Índice de Qualidade de Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público (IAP), Índice de Preservação da Vida Aquática (IVA), Índice do Estado Trófico (IET) e etc. (PNMA, 2013).

Os estudos direcionados para essa temática surgiram em 1970 com a criação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) nos Estados Unidos, pela National Sanitation Foundation (NSF), porém, no Brasil a utilização desse recurso designou-se somente a partir

de 1975 sendo utilizada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Nas décadas posteriores, outros estados brasileiros aderiram o IQA, que atualmente é o índice primordial de qualidade da água utilizado no país.

Nesse sentido, a Agência Nacional de Água (ANA, 2015), relata que o IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público após tratamento, no entanto, os parâmetros usados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos. Todavia, com a necessidade de examinar outras fontes de poluentes, a Cetesb incluiu novos indicadores (IAP, IVA, IET, IB) específicos para definir com mais precisão os valores que designam a qualidade da água.

Os índices são utilizados para fornecer uma visão geral da qualidade da água, pois integram os resultados de diversas variáveis por meio de um único indicador. A partir disso, são utilizados índices específicos que refletem a qualidade das águas de acordo com seus usos pretendidos (CETESB, 2019).

Os estudos através dos índices e indicadores de qualidade da água “procuraram sintetizar os dados de eficiência hídrica, através da relação entre o nível de pureza da água e a poluição, atrelados a ocorrência de determinadas comunidades de organismos aquáticos. Em lugar de um valor numérico, a qualidade da água era categorizada por uma classe, entre várias, de poluição” (DERÍSIO, 1992, p. 26).

Para adquirir a caracterização de um corpo hídrico, é necessário realizar avaliações de variáveis que possam demonstrar suas particularidades físicas, químicas e biológicas. “A análise das variáveis constituem-se em importantes indicadores de qualidade da água, imputando condições favoráveis quando não se evidencia impacto sobre o sistema hídrico ou condições impactantes onde for observada a presença de valores superiores aos estabelecidos para determinado uso” (VON SPERLING, 2005, p. 43).

Dentro desse contexto, o (Quadro 2) expõe os indicadores estabelecidos pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2018) para mensurar a qualidade dos corpos hídricos a partir dos atributos da água, sendo estes analisados conforme os valores máximos permitidos pelos índices supracitados.

Quadro 2 - Indicadores de qualidade hídrica

<b>Parâmetros Físicos</b>	<b>Parâmetros Químicos</b>	<b>Parâmetros Biológicos</b>
<b>Temperatura</b> <b>Sabor e Odor</b> <b>Cor</b> <b>Turbidez</b> <b>Sólidos</b> <b>Condutividade elétrica</b>	<b>Ph</b> <b>Alcalinidade</b> <b>Dureza</b> <b>Cloretos</b> <b>Ferros e manganês</b> <b>Nitrogênio</b> <b>Fosfóro</b> <b>Fluoretos</b> <b>Oxigênio dissolvido (OD)</b> <b>Demanda Química de Oxigênio (DQO)</b> <b>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)</b> <b>Componentes inorgânicos</b> <b>Componentes orgânicos</b>	<b>Coliformes</b> <b>Algas</b>

Fonte: Adaptado ANA, 2013.

A avaliação da disponibilidade qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos tornam-se a cada dia mais importante, pois busca-se constantemente saber a situação das águas para os diversos usos. Essas avaliações podem ter como base os parâmetros legais que classificam os rios em diversas classes de uso, ou ainda, podem utilizar índices de qualidade de água (utilizado pela Cetesb), que de modo geral, retratam as atuais condições de um recurso hídrico, classificando - o de excelente a muito ruim (ROCHA et al.; 2011).

De acordo com a Cetesb (2013), os índices e os indicadores ambientais apareceram como resultado da preocupação social com os aspectos ambientais do desenvolvimento, processo esse que necessita de um grande número de informações em graus de complexidade cada vez maiores. Por outro lado, os indicadores tornaram-se essenciais no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos.

Diante à deterioração dos ambientes aquáticos estimulada em grande parte por questões antrópicas, quanto por fatores naturais, em menor escala, é de suma importância para a gerência dos recursos hídricos conhecer a qualidade da água disponível, por meio da avaliação dos vários índices e indicadores ambientais, com base em suas características físico-químicas e biológicas.

### 2.3.1 Índice de Estado Trófico – IET

Em decorrência ao quadro de poluição que afeta o sistema hídrico em especial os rios, cabe ressaltar a importância de avaliá-los para mensurar o grau de trofia e impactos ambientais existentes no meio aquático, sendo estes estabelecidos através dos parâmetros de qualidade da água utilizado pelo IET.

O Índice do Estado Trófico (IET) tem por objetivo classificar os corpos hídricos em diferentes graus de trofia, avaliando a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes. Dessa forma, pode fornecer subsídios para a formulação de planos de manejo e gestão de ecossistemas aquáticos, por meio de estratégias que visem à sustentabilidade dos recursos hídricos (LAMPARELLI, 2004, p. 56).

O referido índice foi proposto, inicialmente, por Carlson (1977), calculado a partir da profundidade do disco de Secchi, que mede a transparência da água, clorofila-a (biomassa) e fósforo total (PT). No Brasil, o IET foi adaptado para ambientes lóticos por Toledo et. al (1983, 1984, 1990), Yoshimi (1987), Lamparelli (2004) e Sorrel (2006), os quais utilizaram outros parâmetros determinantes para a avaliação desse índice.

O ambiente lótico distingue-se por apresentar ecossistema aquático de água corrente, como por exemplo: rios, nascentes, ribeiras e riachos. Obtendo como principal característica o fluxo hídrico, que influencia diretamente nas variáveis físico-químicas da água e nas comunidades biológicas presentes (ANA, 2013, p. 13).

O índice de estado trófico (IET) estabelece níveis de trofia em relação à concentração de fósforo total, à clorofila e ao disco de Secchi, possibilitando a classificação das águas em classes tróficas. Lamparelli (2004) afirma, que dentre as variáveis estabelecidas para cálculo do (IET) o fósforo total é a mais importante, pois este nutriente é, na maioria das vezes, o fator limitante para a produção primária.

Na prática, a caracterização do estado trófico é quantificada através de variáveis que se relacionam diretamente com o processo de eutrofização, em geral, clorofila “a”, transparência das águas e as concentrações de nutrientes e oxigênio dissolvido (TOLEDO et al., 1984; HAYDÉE, 1997).

Diante o exposto, ressalta-se que o IET classifica os corpos d’água mediante suas respectivas características, incluindo-as na classe do estado trófico apresentadas no quadro (Quadro 3).

Quadro 3 - Classificação do nível de estado trófico

<b>Estado trófico</b>	<b>Características dos corpos de água</b>
<b>Ultraoligotrófico</b>	Corpos de água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
<b>Oligotrófico</b>	Limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, pela presença de nutrientes.
<b>Mesotrófico</b>	Ambientes aquáticos com produtividade intermediária de nutrientes causando possíveis implicações sobre a qualidade da água.
<b>Eutrófico</b>	Corpos de água com alta produtividade de nutrientes, baixa redução da transparência, que geralmente são afetados por atividades antrópicas causando sérios danos ao ambiente.
<b>Supereutrófico</b>	Corpos de água com alta produtividade de nutrientes, baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, com freqüentes alterações indesejáveis na qualidade da água, como florações de algas.
<b>Hipereutrófico</b>	Corpos de água afetados pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a aflorações de algas ou mortandade de peixes.

Fonte: Adaptado de CETESB, 2009.

Portanto, na pesquisa em questão para a classificação do estado trófico conforme o IET em ambientes lóticos, são utilizados os seguintes parâmetros físicos e químicos segundo Lamparelli (2004):

➤ **Fósforo:** o fósforo na água apresenta-se basicamente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fosfato orgânico. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico, sem a necessidade de conversão a formas mais simples. Os ortofosfatos mais detectados na água são os  $\text{PO}_4^{3-}$  (fosfato),  $\text{HPO}_4^{2-}$  (hidrogenofosfato),  $\text{H}_2\text{PO}_4$  (di-hidrogenofosfato) e  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (ácido fosfórico).

A sua presença na água ocorre em função da presença de sólidos em suspensão e dos sólidos dissolvidos. A sua origem natural é devido à dissolução de compostos do solo e a decomposição da matéria orgânica. A sua origem antropogênica ocorre devido aos despejos domésticos, despejos industriais, detergentes, excrementos de animais e uso de fertilizantes (SPERLING, 2005).

Conforme a CETESB (2009), o Fósforo constitui um dos principais nutrientes para os processos biológicos e também é considerado um macronutriente, por ser consumido em grandes quantidades pelas células. Contudo, torna-se o parâmetro indispensável na

caracterização de efluentes em que se pretende realizar um tratamento através de um processo biológico, pois o seu excesso conduz a processos de eutrofização.

Estudos disponibilizados no Relatório de Conjuntura da ANA (2019) mostram que o fósforo, assim como o nitrogênio são importantes nutrientes para processos biológicos e seu excesso pode causar a eutrofização das águas. Em condições naturais, a disponibilidade de fósforo na água é geralmente limitante para o crescimento de algas e plantas aquáticas, uma vez que o nitrogênio pode ser obtido diretamente da atmosfera por meio de fixação biológica e química.

**Condutividade Elétrica:** A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes lóticos impactados (VARIS, 1996).

➤ **Turbidez:** A turbidez é uma característica física da água, decorrente da presença de substâncias em suspensão, ou seja, sólidos suspensos, finamente divididos em estado coloidal, e de organismos microscópicos. O tamanho das partículas responsáveis pela turbidez varia muito, desde grosseiras a colóides, de acordo com o nível de turbulência do corpo hídrico (RICHTTER; AZEVEDO NETTO, 2002, p.11).

Ainda os mesmos autores explicitam que a presença destas partículas provoca a dispersão e a absorção da luz, deixando a água com aparência turva, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa, pois pode prejudicar a fotossíntese das algas e plantas aquáticas submersas. Partículas em suspensão localizadas próximo à superfície podem absorver calor adicional da luz solar, aumentando a temperatura da camada superficial da água.

A principal causa da turbidez é a erosão dos solos, embora esgotos ou outras fontes de poluição também possam elevar o seu percentual na água. Esse parâmetro pode indicar indiretamente o fluxo de nutrientes nos rios, uma vez que estes geralmente estejam associados com os sedimentos em suspensão (ANA, 2018, p. 22).

➤ **Oxigênio Dissolvido (O.D):** Segundo Von Sperling (2005), o O.D é de essencial importância para os organismos aeróbios e, também, para a estabilização da matéria orgânica pelas bactérias que, para tal, usam o oxigênio a ponto de poderem causar a diminuição de sua concentração no meio e, eventualmente, levar à morte muitos organismos aquáticos estritamente aeróbios.

As baixas concentrações de oxigênio dissolvido são indícios de processos de oxidação de substâncias lançadas nos rios. Quando se considera apenas a concentração de

oxigênio dissolvido, as águas poluídas tendem a serem aquelas que apresentam baixa concentração de O.D, devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos. Enquanto que, as águas limpas tendem a apresentar concentrações de O.D elevadas, atingindo níveis pouco abaixo da concentração de saturação (FUZINATTO, 2009).

Esse componente é vital para a preservação da vida aquática, cujo tem papel fundamental na manutenção de processos que ocorrem nos corpos hídricos, como a autodepuração. “As águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de O.D, pois este é consumido no processo aeróbio de decomposição da matéria orgânica. A concentração abaixo de 2 mg/L caracteriza situação de hipóxia e comprometem a vida aquática, principalmente dos peixes. Por outro lado, as águas com boa qualidade apresentam concentrações mais elevadas, geralmente superiores a 5 mg/L. O oxigênio é introduzido nas águas através de processos físicos (aeração) e por meio da fotossíntese” (ANA, 2018, p. 27).

➤ Temperatura (°C): A variação de temperatura em um corpo hídrico, normalmente, é um evento natural de acordo com variações sazonais e climáticas. Contudo, acentuadas elevações de temperatura de um curso d’água sugerem o lançamento de despejos industriais e efluentes de sistemas de resfriamento. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante d ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam (CETESB, 2010).

➤ Potencial Hidrogeniônico (pH): O pH é a medida do balanço ácido de uma solução, definida como um logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio. A escala de pH varia de 0 a 14, de forma que os valores menores que 7 são denominados ácidos e os maiores, alcalinos. Já o valor de pH igual a 7 indica a neutralidade da solução (CHAPMAN, KIMISTACH; 1996).

O pH atua de forma indireta na precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados, ou em outras condições que possam exercer efeitos sobre a solubilidade de nutrientes. A utilização de águas ácidas pode acarretar problemas como corrosão em equipamentos (tubos de revestimentos, filtros, bombas, etc), turbidez e presença de ferro na água (CETESB, 2010).

➤ Sólidos Totais Dissolvidos (S.T.D): Os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré- estabelecida durante um tempo fixado. Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis)

(PIVELI 1996).

Entretanto, os sólidos exercem função de forma indireta na vida aquática, impossibilitando a presença de luz e influenciando no aquecimento da água o que, resulta na baixa concentração de oxigênio dissolvido no ambiente.

Os sólidos totais dissolvidos são resíduos que resta na cápsula após a evaporação em banho “maria” de uma porção de amostra e sua posterior secagem em estufa a 103-105°C até peso constante. No entanto, os sólidos suspensos ou em suspensão distinguem-se por conceituar a partir da porção dos sólidos totais que fica retida em um filtro a qual propicia retenção de partículas de diâmetro maior ou igual a 1,2  $\mu\text{m}$  (SABESP, 1999).

Para esta pesquisa foi utilizado o STD, pois este parâmetro é grande indicador de poluição das águas a partir de que modifica as características físicas especificamente na interferência de luz, aglomerado de sedimentos no leito dos rios prejudicando a vida dos seres existentes nesse ambiente.

➤ **Metais Pesados:** Os metais podem ser encontrados naturalmente na composição de algumas rochas na superfície terrestre, entretanto, no ambiente aquático, os metais podem ser incorporados por processos naturais como o intemperismo e atividades antropogênicas. Essas espécies, devido não se degradarem quimicamente ou biologicamente, são consideradas uma classe especial de poluente e de acordo com sua concentração, no ambiente aquático e características físico-químicas da água, podem gerar graves alterações no ambiente (ALVES; TONANI; CARDOSO; et al., 2010, p. 37).

➤ **Nitrogênio Total:** O nitrogênio é componente químico fundamental para as reações biológicas, já que as mesmas só ocorrem quando há a presença de quantidade suficiente desse elemento químico. O nitrogênio está presente no ambiente de diferentes formas, sendo: nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico.

A água que contém altas concentrações de nitrogênio orgânico e amoniacal e pequenas concentrações de nitritos e nitratos não pode ser considerada segura, pois indica que o local teve contaminação recente. No caso de as concentrações de nitrogênio amoniacal terem se reduzido e as de nitrato aumentado, significa que a contaminação não é mais recente (VIEIRA, 2015).

Geralmente os metais pesados mais encontrados na água são o mercúrio, chumbo, cádmio, magnésio, zinco, ferro e alumínio, no entanto, para a presente pesquisa foram avaliados apenas o ferro (Fe) e o alumínio (Al). Os metais pesados em quantidades moderadas são importantes na composição da água e também no organismo humano, porém se

identificados em valores acima do permitido pela Resolução são considerados altamente tóxicos.

➤ Nitrito: Os nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) são produto da oxidação do amônio ou da redução dos nitratos. Sua origem pode ser biológica, resultante da redução microbiana dos nitratos, ou química, por oxidação do amônio/amoníaco proveniente, por exemplo, da desinfecção de água através das cloraminas, em especial a temperaturas elevadas.

➤ Nitrato: Os íons nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), normalmente encontrados na água são oriundos de fontes naturais que incluem as rochas ígneas, drenagem da terra e decomposição de plantas e tecidos animais. Esse componente é proveniente do solo chegando mais rapidamente aos corpos de água do que o fósforo ou outros nutrientes. Apesar de serem nutrientes essenciais para as plantas, podem, em excesso, causar problemas significativos na água, isto é, juntamente com o fósforo, podem acelerar a eutrofização dos lagos (CNPMA, 2018, sem paginação).

➤ Amônia: a amônia está presente naturalmente nos corpos d'água como produto da degradação de compostos orgânicos e inorgânicos do solo e da água, resultado da excreção da biota, redução do nitrogênio gasoso da água por micro-organismos ou por trocas gasosas com a atmosfera (REIS, MENDONÇA; 2009, p. 13).

Para tanto, Erickson (1985) enfatiza que as soluções aquosas, a amônia pode se apresentar sob as formas ionizadas ( $\text{NH}_4^+$ ) ou não - ionizadas ( $\text{NH}_3$ ). Embora alguma toxicidade possa ser atribuída à amônia ionizada, a forma não-ionizada é reconhecidamente a espécie mais tóxica de amônia.

Avaliar como se encontram os valores dos parâmetros físico-químicos da água é crucial para identificar os processos e interferências das ações da sociedade no ambiente natural, pois a qualidade da água é um quadro representativo das recorrentes pressões existentes no seu entorno. Desse modo, é objeto de análise para implantação de políticas públicas.

## 2.4 Qualidade das Águas

A água é o recurso natural utilizado intensamente pela espécie humana e é fundamental para a existência e a manutenção de toda as espécies vivas. Para tanto, precisa estar presente no ambiente em quantidade e qualidade apropriadas (BOZZINI et al., 2018). Segundo dados da Organização Mundial de Saúde (OMS, 2019) “uma em cada três pessoas

no mundo não tem acesso a água potável, ou seja, bilhões de pessoas em todo o mundo continuam sofrendo com a falta de acesso a água, saneamento e higiene”.

A água é um dos compostos de maior distribuição e importância na crosta terrestre e, cobre cerca de 70% da mesma. Neste sentido, Rebouças (2002, p.109), enfatiza que “a água é o elemento essencial e indispensável à manutenção da vida, não apenas por suas características peculiares, mas pelo fato de que nenhum processo metabólico ocorre sem sua ação direta ou indireta. Nestas condições, torna-se imprescindível que sua presença no ambiente esteja em quantidade e qualidade apropriadas para sua posterior utilização”.

Segundo Von Sperling (2007) a qualidade de uma água está determinada por fenômenos naturais e antrópicos exercidos na bacia hidrográfica. A água é o solvente universal, o qual transporta gases, elementos e substâncias, e compostos orgânicos dissolvidos que são à base da vida no planeta (TUNDISI E MATSUMURA – TUNDISI, 2008, p. 100).

Nessa conjuntura, Rocha (2004, p. 14) explicita que:

Nem todos os problemas relacionados à qualidade da água são devido a impactos causados pela atividade humana. Metais presentes na litosfera podem ciclar no ambiente como resultado da atividade geológica, incluindo ação vulcânica, atividades hidrotérmicas e longos períodos chuvosos. Porém é indiscutível que a atividade humana interfere na qualidade das águas de forma considerável, sendo a poluição por matéria orgânica devido à ocupação humana um dos principais problemas ambientais do mundo.

Na legislação, a definição de qualidade da água é relativa e está em consonância direta com o uso a que se remete, determinando os padrões de qualidade segundo as Resoluções N.º.357/2005, 396/2008 e 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que dispõem sobre a classificação e normas ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e superficiais determinando as condições e critérios de lançamento de efluentes. Dessa forma, a política normativa nacional de uso da água, estabeleceu parâmetros que definem limites cabíveis de elementos estranhos considerando suas funções específicas.

O monitoramento qualitativo e quantitativo dos corpos hídricos é essencial, para indicar a influência do manejo em uma bacia hidrográfica e realizar o controle da poluição das águas (SIMEDO et al., 2018). Através do acompanhamento sistemático, torna-se mais provável o conhecimento acerca das propriedades da água para aplicar políticas de gestão que visem a melhoria desse ambiente antes de atingir alto nível de degradação.

A água é composta por vários componentes, os quais se originam do ambiente natural ou foram introduzidos de forma artificial, no entanto, para caracteriza-la são

estabelecidos parâmetros que correspondem as suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Contribuindo nessa perspectiva Telles e Costa (2007, p. 25) relatam que:

Quando se define a qualidade de um produto, entende-se que ele esteja dentro de um conceito normativo, aprovado para um determinado fim e seja capaz de satisfazer uma necessidade. Para isto são reconhecidas as suas características e especificadas suas aplicações, sua qualificação e quantificação assim como a sua viabilização e manutenção.

Os padrões de qualidade, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (NBR N° 9896/87), são constituídos por um conjunto de parâmetros e respectivos limites, como por exemplo, concentrações de poluentes, em relação aos quais os resultados dos exames de uma amostra de água são comparados, aquilatando-se a qualidade da água para um determinado fim. Os padrões são estabelecidos com base em critérios científicos que avaliam o risco para uma dada vítima e o dano causado pela exposição a uma dose conhecida de um determinado poluente (NASCIMENTO; VON SPERLING, 1998, p. 71).

As características da água apresentam propriedades diferentes associadas ao ambiente em que está inserida, ou seja, passa por alteração de origem natural ou impulsionada pelos fatores sociais que podem ser prejudiciais á saúde humana e sobretudo comprometer o equilíbrio ecológico desse ecossistema. Por esse motivo, para cada uso da água são estabelecidos padrões de qualidade como explana o (Quadro 04).

Quadro 4 - Representação sobre requisitos de qualidade da água relacionado aos seus respectivos usos

Uso Geral	Uso Específico	Uso Requerido
<b>Abastecimento de água Doméstico</b>	-	- Isenta de substâncias químicas prejudiciais a saúde; - Isenta de organismos prejudiciais á saúde; - Adequada para serviços domésticos; - Baixa agressividade e dureza; - Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor, odor e ausência de micro-organismos);
<b>Abastecimento Industrial</b>	- Água é incorporada ao produto (ex.: alimento, bebidas, remédios). -Água entra em contato com o produto. - Água não entra em contato com o produto (refrigeração e caldeiras).	-Isenta de substâncias químicas prejudiciais a saúde; -Isenta de organismos prejudiciais á saúde; - Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor, odor e ausência de micro-organismos); - Variável com produto -Baixa Agressividade -Baixa Dureza
<b>Irrigação</b>	- Hortaliças produtos ingeridos crus ou com casca.	- Isenta de substâncias químicas prejudiciais a saúde;

	- Demais Plantações	-Isenta de organismos prejudiciais á saúde; - Salinidade não excessiva; - Isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e ás demais plantações.
<b>Recreação e lazer</b>	- Contato primário (contato direto com o meio líquido); (ex.: natação, esqui, surfe). - Contato secundário (não há contato direto com o meio líquido); (ex.: navegação de lazer, pesca, lazer contemplativo).	-Salinidade não excessiva; -Isenta de substâncias químicas pejudiciais á saúde; -Isenta de substâncias químicas prejudiciais a saúde; -Isenta de organismos prejudiciais á saúde;  - Baixos teores de sólidos em suspensão e óleos e graxas; -Aparência Agradável.
<b>Geração de energia</b>	- Usinas hidrelétricas  -Usinas nucleares ou termelétricas (ex.: torres de resfriamento).	-Baixa Agressividade  -Baixa Dureza
<b>Transportes</b>	-	Baixa presença de material grosseiro que possa pôr em risco as embarcações.
<b>Diluição de despejos</b>	-	-

Fonte: Adaptado Von Sperling, 1996.

Em razão disso, o monitoramento e avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas são fatores primordiais para a realização adequada da gestão dos recursos hídricos. Esses procedimentos permitem a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas, sendo essenciais para várias atividades, tais como: planejamento, outorga, cobrança, e enquadramento dos cursos de água, que são reconhecidas como estratégias importantes para o manejo sustentável do uso dos recursos hídricos (ANA, 2011, p. 16).

Para tanto, foi definido pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH – Lei Nº. 9.433/97) a classificação dos corpos d'água, mediante a Resolução CONAMA Nº. 20 datada em 18 de junho de 1986, a mesma especificou as águas em 13 classes de qualidade dividindo-as em doces, salinas e salobras, sendo as águas doces pertencentes as classes Especiais, 1, 2, 3 e 4 ambas tipificadas por cores (Quadro 5).

Quadro 5 - Classes de enquadramento dos corpos hídricos

<b>Classe especial</b>	<p>Águas destinadas:</p> <p>a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;</p> <p>b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,</p> <p>c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.</p>
<b>Classe 1</b>	<p>Águas destinadas:</p> <p>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;</p> <p>b) à proteção das comunidades aquáticas;</p> <p>c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA N° 274, de 2000;</p> <p>d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e</p> <p>e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.</p>
<b>Classe 2</b>	<p>Águas destinadas:</p> <p>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;</p> <p>b) à proteção das comunidades aquáticas;</p> <p>c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA N° 274, de 2000;</p> <p>d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e</p> <p>e) à aquicultura e à atividade de pesca.</p>
<b>Classe 3</b>	<p>Águas destinadas:</p> <p>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;</p> <p>b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;</p> <p>c) à pesca amadora;</p> <p>d) à recreação de contato secundário; e</p> <p>e) à dessedentação de animais.</p>
<b>Classe 4</b>	<p>Águas destinadas:</p> <p>a) à navegação; e</p> <p>b) à harmonia paisagística.</p>

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA, 357/ 2005.

Tundisi *et al.* (2008) afirma que o conhecimento das águas dos rios e o uso e ocupação de suas bacias hidrográficas é necessária inclusive para traçar estratégias de planejamento e gestão, projetando cenários futuros, como o aumento da demanda de água,

mudanças nos mosaicos de paisagem decorrente do desenvolvimento da região e até mesmo as possíveis consequências das mudanças climáticas globais.

Atualmente, devido à grande demanda de uso sobre os recursos hídricos muitos estudos vêm sendo desenvolvido nessa perspectiva, em busca de conhecer as características da água, bem como suas propriedades e sobretudo os efeitos da sociedade no mesmo. É importante conhecer a evolução das atividades produtivas da sociedade para entender a dinâmica dos fenômenos na paisagem.

## **2.5 Gestão de Recursos Hídricos**

O Brasil por abranger vasta extensão em seu território ocupada por recursos hídricos, busca sucessivamente uma forma de preservar e valorizar as particularidades desse recurso utilizando meios legais a partir das regulamentações criadas pelos órgãos competentes.

Mas essa preocupação iniciou-se somente no transcorrer do século XX, com a aceleração da industrialização e da urbanização, que trouxeram efeitos de eventos críticos de poluição e dos conflitos pelo uso das águas. Devido a isso, ficou cada vez mais nítida a necessidade de impor um maior controle no uso dos recursos ambientais, de uma maneira geral, e em especial nos recursos hídricos (BRASIL, 2015).

Em decorrência, foi sistematizado a gestão de recursos hídricos que se consiste no conjunto de ações para regular e controlar o uso, além de proteger esses recursos naturais. O gerenciamento deve ser feito em concordância com a legislação vigente e de forma a preservar em quantidade e qualidade as águas superficiais e subterrâneas (ANA, 2013).

A origem da legislação dos recursos hídricos no país ocorreu por meio do Decreto N° 24.643 em 10 de julho de 1934, que aprovou o Código de Águas Brasileiro (CETESB, 2017). O mesmo designa em seu primeiro artigo os critérios que instituem o tratamento da água pelo seguinte ordenamento:

Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - A água é um bem de domínio público;

II - A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é reconhecida por estabelecer instrumentos para a gestão dos recursos hídricos de domínio federal e criar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Visando a eficácia do cumprimento da Lei, a mesma utiliza dos Planos de Recursos Hídricos, que se trata de um conjunto de diretrizes, metas e programas para implementar sua gestão. Cada projeto deve orientar e racionalizar o uso das águas no país, atuando também como um instrumento preventivo e mediador de possíveis conflitos pela utilização do recurso (BRASIL, 2020).

Os planos foram divididos em Plano Nacional, Planos Estaduais, Planos de Bacias de rios de domínio da União e os Planos de Bacias de rios de domínio dos Estados. Enquanto o desenvolvimento do plano é responsabilidade da Agência Nacional das Águas (ANA), a autorização compete ao comitê de bacias (ANA, 2020). Destaca-se ainda que:

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é a principal referência para a gestão das águas do Brasil, tendo a ANA papel central na sua implementação. Ao integrar em documento único, a visão do governo, dos setores usuários e de diferentes atores da sociedade, busca consolidar e direcionar as ações estratégicas voltadas ao fortalecimento do SINGREH, à melhoria das condições de qualidade e quantidade de água, à implementação dos instrumentos de gestão e ao estabelecimento das interfaces com as diversas políticas relacionadas aos recursos hídricos (ANA, 2020, p. 82).

Quanto ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos teve sua implantação ordenada pela Constituição de 1988. Em atendimento a este princípio constitucional, foi promulgada a Lei nº 9.433, em 9/01/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRAGA et al., 2005).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2013) um dos principais avanços da Lei das Águas é o estabelecimento de um novo modelo de gestão dos recursos hídricos: a gestão compartilhada. Representantes políticos eleitos, servidores públicos, usuários e a sociedade civil organizada integram o novo sistema, fazendo parte de diferentes organismos, que, por sua vez, exercem atribuições e responsabilidades variadas. Para compreender os papéis de cada um e como as decisões são tomadas, devemos conhecer alguns detalhes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

A Lei supracitada tem o objetivo de “coordenar a gestão integrada das águas; arbitrar administrativamente os conflitos ligados ao uso da água; implementar a Política

Nacional de Recursos Hídricos (PNRH); planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; promover a cobrança pelo uso da água” (TUNDISI, 2003, p. 146).

Pois, pode-se observar na (Figura 02) abaixo a estrutura institucional do SINGREH com as instituições organizacionais a nível: federal, estadual e municipal, que são incumbidas de promover ações de proteção, recuperação e monitoramento em bacias hidrográficas.

Figura 2 - Base institucional do SINGREH



Fonte: Adaptado ANA (2020)

Conforme Brasil (2015) foi após o advento da Lei nº 9.433/1997, que é o protagonismo inicial dos estados no setor de recursos hídricos foi, de certa forma, suplantado pela atuação federal. A evolução da Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) caracterizou-se pela criação e fortalecimento do Conselho Nacional e dos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CNRH/CERHs), destacando-se uma fase inicial de organização interna, com a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), seguida pela elaboração de diretrizes complementares para a implementação da PNRH e do Singreh, com ênfase nos instrumentos de gestão.

A Lei das Águas determina os Planos de Recursos Hídricos como os planos diretores de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos (art. 7º), e visam fundamentar e orientar a implementação da PNRH e o gerenciamento dos recursos hídricos (art. 6º). A Lei determina

que os Planos sejam elaborados em três níveis: para o País (Plano Nacional de Recursos Hídricos), por estado (Planos Estaduais de Recursos Hídricos) e por bacia hidrográfica (Planos de Bacia Hidrográfica) (art. 8º) (BRASIL, 2015).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabelece diretrizes e políticas públicas para melhor utilização da água. Os principais objetivos dessa política é assegurar a disponibilidade da água, utilizá-la racionalmente e se prevenir contra possíveis eventos hidrológicos críticos. Em face ao exposto, é necessário a articulação sistemática para garantir a aplicabilidade da mesma, assim é essencial a utilização dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos (Figura 3) nesse processo.

Figura 3 - Instrumentos de gestão conforme o PNRH



Fonte: Registro da Pesquisa, 2021.

Cabe ressaltar, que é de suma importância, dentro desse sistema, a participação do público como um todo, usuários e sociedade civil, do nível nacional até os comitês municipais e/ou estaduais, legitimando as decisões e garantindo tais implementações. Viegas (2005) afirma que para contribuir nessa ação houve e a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), implementado com a criação da Lei nº 9.984/2000 que instituiu a Agência Nacional de Água (ANA), responsável por estabelecer regras de atuação, bem como, estruturação administrativa e fontes de recursos (VIEGAS, 2005, p. 04).

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico é uma instituição federal direcionada a manutenção dos recursos hídricos no Brasil. Contudo, têm a responsabilidade de estabelecer regras quanto aos usos em todos os mananciais de domínio da união e executar a gestão de recursos hídricos no país.

Todavia, possui a competência de disciplinar a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos de gestão criados pela Política Nacional de Recursos Hídricos. Deste modo, sua regulação abrange todos os aspectos institucionais referentes à regulação dos recursos hídricos no espaço nacional.

Para tentar proporcionar uma gestão compartilhada dos recursos hídricos, em razão do domínio ora federal, ora estadual das águas, a ANA vem efetuando convênios de integração (com os estados, com a interveniência dos CBHs), além de convênios de cooperação (para o apoio técnico e financeiro aos estados que dele necessitam) e contratos de gestão (para o repasse dos recursos financeiros para as Agências de Água) (BRAGA; HESPANHOL; CONEJO; et al, 2008).

É importante também destacar a participação do Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) como fórum agregado ao SNGRH os quais instituem o “debate das águas” entre representantes de determinada bacia hidrográfica e órgãos competentes incubidos do poder público. Tal diálogo ocorre concernente a práticas de ações que visem os benefícios de todos.

Assim, a resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 alterada pela Resolução 410/2009 e 430/2011 estabelece uma nova classificação para os corpos d’água e traça diretrizes para seu enquadramento. A mesma estipula ainda a classificação das águas (doces, salinas e salobras) determinando, para cada uma delas limites e condições para seus respectivos usos, trazendo tais disposições descritas no artigo 2º adotadas nas definições a seguir:

Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições: I-águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5%;  
II- Águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%; III- águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30%;  
IV- Ambiente lentic: ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado;  
V- Ambiente lótico: ambiente relativo a águas continentais moventes; [...] (BRASIL, 2005, p. 4).

Nessa perspectiva, o estado do Maranhão por apresentar uma grande malha hídrica em seu território abrangendo 12 bacias hidrográficas, criou a Lei nº. 8.149 em 15 de junho de 2004 visando proteger e preservar seus mananciais. No entanto, essa lei foi originada conforme a Política Estadual de Recursos Hídricos e executada segundo os critérios estabelecidos pela Constituição Federal, Política Nacional de Recursos Hídricos, Constituição Estadual e o Código de Proteção do Meio Ambiente do Estado do Maranhão.

No art. 3º da Lei Estadual nº 8.149 expõe os seguintes objetivos propostos:

- I - Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II - A utilização racional e integrada dos recursos hídricos incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes de uso inadequado dos recursos naturais, que ofereçam riscos à saúde e à segurança pública, e prejuízos econômicos e sociais;
- IV - A utilização racional das águas superficiais e subterrâneas;
- V - O aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos e o rateio dos custos das respectivas obras;
- VI - A gestão do uso e da ocupação do solo urbano e a de coleta, tratamento e disposição de resíduos sólidos e líquidos;
- VII - a articulação intergovernamental para compatibilização de planos de uso e ocupação do solo urbano e da disposição dos resíduos sólidos e líquidos, visando a proteção de mananciais;
- VIII - a conservação e a proteção permanente de áreas dotadas de características fisiográficas indutoras da recarga natural de aquíferos, para a manutenção da dinâmica das águas superficiais.

Fazendo parte desse cenário constitucional o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), o qual é considerado como robusto instrumento de planejamento, é objetivado a orientar a sociedade e os tomadores de decisões na recuperação, proteção e conservação dos recursos hídricos das Bacias ou Regiões Hidrográficas do que compõe o estado.

Além das atribuições mencionadas, o PERH também visa em sua implementação estabelecer medidas de previsões quanto ao crescimento populacional e econômico; bem como as mudanças climáticas, ou situações que sugerem uma pressão sobre os recursos hídricos nos anos vindouros. Assim, desenvolve estudos para alertar e tentar amenizar os problemas futuros relacionados a escassez e qualidade hídrica (SEMA, 2016).

Outro importante regulamento importante para a temática, é a Lei 11.269/2020 que constitui o Zoneamento Ecológico-Econômico dos Biomas do Maranhão (ZEE-MA) cujo atribui diretrizes e critérios ecológicos, jurídico-institucionais e socioeconômicos a serem considerados nas políticas públicas estaduais, ambientais e socioprodutivas voltadas para: I - a melhoria da qualidade de vida da população; II - a proteção e a recuperação do patrimônio ambiental remanescente; III - o desenvolvimento socioeconômico sustentável; IV - educação ambiental (SEMA, 2020, art. 2º).

O ZEE tem como objetivo viabilizar o desenvolvimento sustentável a partir da compatibilização do desenvolvimento socioeconômico com a conservação ambiental. Este mecanismo de gestão ambiental consiste na delimitação de zonas ambientais e atribuição de usos e atividades compatíveis segundo as características (potencialidades e restrições) de cada uma delas. O objetivo é o uso sustentável dos recursos naturais (florestas, recursos hídricos, clima e etc.) e o equilíbrio dos ecossistemas existentes (IMESC, 2020).

Diante dos diversos interesses relacionados ao uso da água, distribuição e utilização imprópria, existem conflitos que expõem riscos quanto a assecuridade desse recurso para as atuais e futuras gerações. Pensando nesses fatos o Maranhão distribuiu Comitês de Bacias, sendo cada bacia hidrográfica do estado com sua gestão participativa e integrada para favorecer no controle desses recursos (SEMA, 2018).

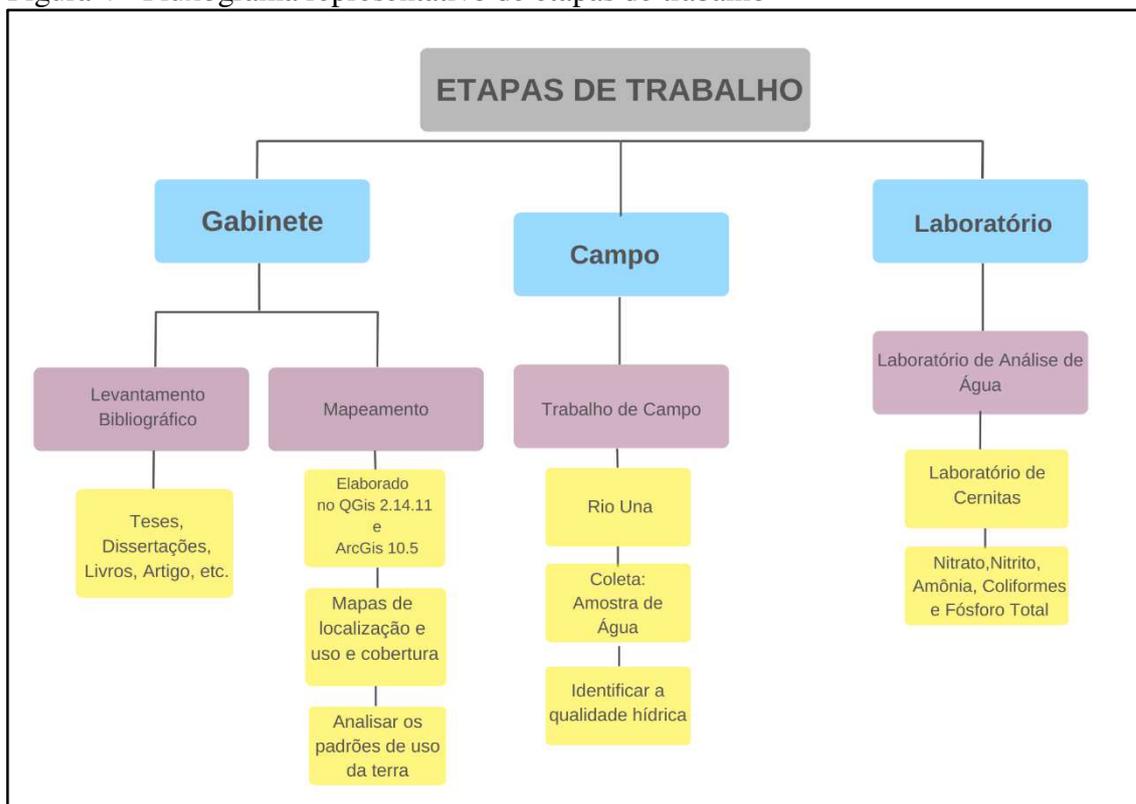
O rio Una como parte integrante desse sistema, compõe o CBHs da bacia hidrográfica do rio Munim a qual recebe participação de representantes de entidades federais, estaduais e usuários da água para tomar decisões acerca da gestão. Os integrantes devem estar devidamente regularizados segundo a Lei e comprometidos com o desenvolvimento sustentável da bacia.

O planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos são essenciais, pois estes são determinantes para a preservação do ambiente aquático considerando os diversos usos da água, a participação da sociedade e do governo nas decisões sobre esses recursos. Assim, pode-se constituir um processo de conservação e proteção ambiental, por meio do estímulo de uma política integrada.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICO

Esse capítulo apresenta os dados, as etapas e os procedimentos desenvolvidos para a elaboração do presente trabalho, as quais contribuíram na obtenção dos resultados que serão explanados no capítulo de Resultados e discussão. As etapas foram divididas em três momentos, sendo o primeiro pertencente ao gabinete, onde realizou-se a revisão bibliográfica, elaboração cartográfica, organização prévia de campo e análise de informações; posteriormente destaca-se a atividade de campo (coleta de água e coordenadas, fotografias) e por fim laboratório cujo está vinculado as análises de água, como mostra a (Figura 04).

Figura 4 - Fluxograma representativo de etapas de trabalho



Fonte: Registro da pesquisa, 2021.

#### 3.1 Levantamento Bibliográfico

A revisão e aprofundamento da literatura foram realizados por meio de publicações de autores renomados na área, com posterior leitura detalhada dos títulos e resumos. No entanto, como critérios estabelecidos para inclusão das referências bibliográficas foram utilizados trabalhos e obras disponíveis em diferentes idiomas pesquisados na biblioteca central da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, na biblioteca central da

Universidade Federal do Maranhão – UFMA, nas bases de dados do Laboratório de Estudos de Bacias Hidrográficas (LEBAC-DEGEO), nas bases de dados Scitific Electronic Library Online (SCIELO), Centro Científico Conhecer e Revista Eletrônica de Recursos Hídricos, documentos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), relatórios do Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos E Cartográficos (IMESC) e relatórios da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), dentre outras fontes.

Os principais autores citados na obra foram incorporados ao longo do desenvolvimento do trabalho conforme a sua temática de pesquisa, a mencionar: Venturi (2004), Maximiano (2004), Monteiro (2001), Ab’Sáber (2003), Cunha e Guerra (1999), Christofolletti (1980), Afonso e Barbosa (2005), Tundisi (2018), PNMA (2013), ANA (2015, 2018), CETESB (2009, 2019), Von Sperling (2005), Lamparelli (2004), Rebouças (2002), CONAMA (2005), dentre outros.

### **3.2 Aquisição de Dados e Informação**

Nessa etapa fez-se o levantamento de dados por meio da bibliografia analisando o tema abordado do geral ao específico, seleção das imagens de satélites para produção dos mapas, arquivos de fotos e dados de precipitação. Sobretudo, foram analisados os dados climáticos para a identificação dos meses de coleta referente ao período chuvoso e de estiagem.

A partir da análise da drenagem foi decidido os pontos a serem realizados o procedimento de coleta ao longo da bacia hidrográfica do rio Una, assim como os locais considerados relevantes para visita em campo. Posteriormente, fez-se a verificação dos resultados da análise de água paralelo as informações obtidas em campo por meio de observação e de relatos de moradores.

#### **3.2.1 Base Cartográfica**

Na perspectiva de conhecer as características geoambientais da área de estudo, foi elaborado mapeamento da sub-bacia do rio Una e de Uso e Cobertura da Terra compreendendo os municípios de Morros, Cachoeira Grande e Icatú. A confecção dos mapas deu-se por meio do software ArcGis for Deskop Advanced versão 10. 5 (licença ENT-ES-0006-17IMESC-0117) e QGis v. 2.8 (Free Software Foundation, Inc).

Para elaboração cartográfica, foi organizado banco de dados a ser trabalhado, a partir da delimitação da sub-bacia do rio Una, drenagem (IBGE, 2018), cartas (DSG, 1982) base municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), curvas de nível extraída das cartas de altimetria da CPRM (2020), dados de geologia (CPRM, 2018) e imagens de satélite Alos Palsar (ASF) adquiridas no Alaska (2020), e dados do Instituto Maranhense de Estudos Sociais e Cartográficos do Maranhão (IMESC, 2020).

Para a produção do mapa de localização foi utilizado a delimitação da sub-bacia, a qual foi produzida por meio das cartas DSG (*Sertãozinho e São Luís*), em virtude de apresentar melhor qualidade para realização do procedimento. Assim, foi feito a vetorização dos rios, lagos e lagoas que compreendem a área e com o auxílio das curvas de nível com representação de equidistância em 30 metros ocorreu a delimitação, deslocando-se sempre pelas cotas altimétricas mais altas obedecendo os divisores de água.

Após, os dados de drenagem, limite da sub-bacia do rio Una e malha territorial foram introduzidos ao compositor para processamento e finalização. Conjuntamente, foi criado o mapa de localização dos pontos de coletas representando a espacialização dos pontos que foram visitados ao longo da bacia, sendo georreferenciados no trabalho de campo.

A partir dos dados de geodiversidade do estado do Maranhão disponível pela CPRM (2018) foi realizado o recorte da área de estudo e extraído as informações das características geológicas da sub-bacia. Em decorrência foi elaborado o mapa temático de geologia na escala de 1:100.000 que fomentou no melhor detalhamento das características naturais da localidade.

Ademais, para a criação do mapa comparativo de Uso e Cobertura da Terra, foi utilizado a base de dados do MAPBIOMAS (disponível:<<https://mapbiomas.org/download>>) referente aos anos de 2000 e 2020, na escala de 1:100.000, realizando-se consecutivamente o recorte da área de pesquisa. Desse modo, todo o processo metodológico de reclassificação e legendação do mapa em questão, foi elaborado conforme a classificação supervisionada estabelecida pelo MAPBIOMAS (2020) para estudos dessa tipologia.

Dessa forma, o mapa de uso evidenciou 10 classes dos preponderantes usos realizados na localidade, dando ênfase principalmente a vegetação e comportamento da malha urbana existente no entorno da sub-bacia. Os resultados estabelecidos corroboram para a identificação do atual cenário da área de pesquisa.

### 3.2.2 Trabalho de Campo

#### I) Articulação de trabalho de Campo

A etapa de campo foi crucial para o desenvolvimento da pesquisa, pois contribuiu para o reconhecimento da área de estudo e confirmação de informações obtidas em gabinete. No entanto, em todos os campos realizados foi organizado previamente roteiro considerando a distância, transporte, acessibilidade e escolha dos pontos de coleta classificados relevantes para análise.

Assim, foram realizadas quatro atividades de campo que permitiram fazer a análise integradora da paisagem. A priori, no dia 28 e 29 de outubro de 2020 fez-se o reconhecimento das características naturais e de Uso e Cobertura da Terra nos municípios de Morros, Icatu e Cachoeira Grande, cujo está inserida a sub-bacia do rio Una que contou com a ajuda de drone para identificar as classes existentes na região.

Ademais, na data referente ao dia 8 de março de 2021 houve a calibração da sonda multiparâmetro Horiba U-50, para testagem do equipamento na área de pesquisa e constatação quanto a precisão dos posteriores resultados. Em decorrência, no dia 12 de março de 2021 aconteceu a primeira coleta de água e por fim na data de 29 de outubro do mesmo ano, ocorreu a segunda coleta concernente ao período de estiagem nos respectivos pontos selecionados conforme descrito no presente trabalho.

#### II) Coleta de Amostras

A coleta de amostras da água é uma das etapas mais relevantes para a avaliação da sua qualidade. No entanto, para a realização dessa fase é necessário técnica e cautela para que não haja alterações no material coletado de forma a interferir nos resultados (Figura 05). Para tanto, estas foram realizadas em conformidade ao Guia Nacional de Coleta e Preservação das Amostras (CETESB, 2011) e Norma Técnica da ABNT N<sup>o</sup> 9898 (1997).

Figura 5 - Coleta de amostras de água rio Una



Fonte: Própria pesquisa, 2021.

O material foi coletado em frascos de plástico estéreis, com todos os cuidados de assepsia, sendo o volume de 1 L por ponto amostral. O período, entre a coleta e, o início da análise, não foi superior a 24 horas para os parâmetros (Sólidos Totais Dissolvidos - SDT, nitrito, nitrato, nitrogênio total, amônia e fósforo), sendo os parâmetros de temperatura, condutividade elétrica, turbidez, pH e O.D determinados *in loco*.

Por meio das coletas de amostras das águas na bacia pretende-se retratar o comportamento dos parâmetros indicadores da qualidade das águas versus o processo de uso e ocupação dentro deste ambiente geográfico. A partir desses resultados, pode-se entender a correlação entre ambos e sobretudo como os preponderantes usos refletem na qualidade hídrica.

As coletas foram realizadas no período da manhã e início da tarde, entre 8h e 13:30h, e no final do dia procedeu-se a determinação dos parâmetros no Laboratório Cernitas. Estas foram realizadas no mês de março, no dia 12/03/2021 e em 29/10/21, em pontos previamente selecionados, no *Google Earth*, sendo estes, posteriormente confirmados em campo, considerando-se a facilidade de acesso e características físicas suficientes para atender a coleta. Estes pontos foram georreferenciados com auxílio de GPS (*Global Positioning System*), modelo Garmim, além de serem registradas as características naturais de cada ponto por meio de fotografias.

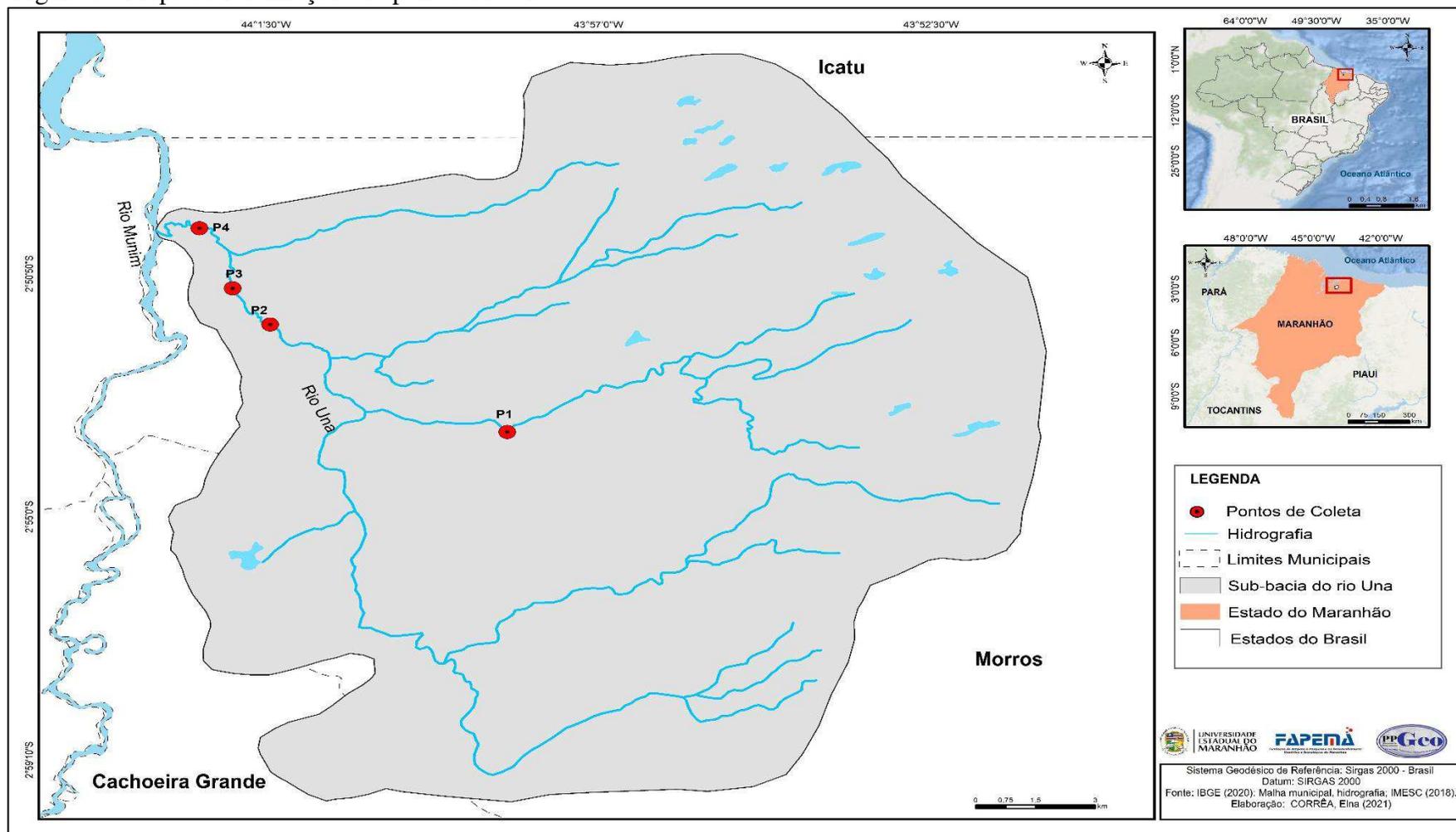
Os parâmetros nacionais e internacionais solicitam duas análises de água para que se inicie um monitoramento das características físicas e geoquímicas do ambiente aquático.

No presente trabalho as mesmas serão realizadas no período de estiagem e outra no período chuvoso para obter melhor precisão de resultados das análises.

### 3.2.3 Caracterização dos Pontos de Coleta

O estudo foi realizado em quatro pontos ao longo da sub-bacia, os quais foram escolhidos, como foi anteriormente mencionado, pela facilidade de acesso para realização das coletas e por serem locais onde possuem maior influência antrópica, seja ela, por habitação ou visitação turística. Assim, apresenta-se a espacialização dos pontos de pesquisa no mapa de amostragem (Figura 6).

Figura 6 - Mapa de localização dos pontos de coleta



Fonte: Registro da pesquisa (2022).

A partir dos pontos observados para avaliação da qualidade da água da área de estudo, foi possível obter uma melhor caracterização, representatividade do local e sobretudo a real situação desse corpo hídrico. Por esse motivo, apresenta-se as coordenadas de descrição da localização de cada ponto analisado (Quadro 6).

Quadro 6 - Descrição da localização dos pontos de coleta

Pontos	Localização	Latitude	Longitude
P1	Rodovia MA-110, Povoado do Arruda	S:02° 33' 22"	W: 43° 58' 22"
P2	Estrada do Rio Una (Sede do município)	S: 02° 51' 702"	W: 44° 01' 436"
P3	Rodovia MA- 402, Ponte Quebra Anzol	S: 02° 50' 045"	W: 44° 02' 416"
P4	Rua Una dos Moraes	S: 02° 50' 624"	W: 44° 02' 687"

Fonte: Própria pesquisa (2021).

**Ponto 01:** O ponto denominado Cachoeira do Arruda é localizado no povoado Arruda, considerado como um lugar de difícil acesso, pois sua acessibilidade conta com percurso de 20 minutos caminhando em trilhas compostas de areia ou por meio de carro traçado até o destino final. No entanto, caracteriza-se por apresentar mata ciliar fortemente preservada com presença de vegetação arbórea de grande e médio porte.

Neste trecho o canal do rio possui largura acima de 5 metros, queda-d'água, fluidez e alta transparência de suas águas. Nas margens do rio é notório a presença de afloramento rochoso e ausência de ocupação humana. É uma área muito requisitada por turistas e moradores locais para desfrutar das belezas naturais que o lugar pode proporcionar (Figura 7).

Figura 7 - Características ponto 1



Fonte: Registro da pesquisa (2021).

**Ponto 02:** No ponto conhecido como Quebra Anzol localizado nas proximidades da sede do município de Morros, especificamente as margens da MA- 402 que corta a cidade, encontra-se concentração de hotéis, bares e residências alocados em seu entorno, não respeitando a distância permitida por Lei para ocupações as margens de rio. É uma área com presença da mata ciliar preservada representada por árvores de grande, médio e pequeno porte que promovem sombra e ar fresco no ambiente.

Quanto ao rio é dotado de água em abundância, com alta transparência, sendo está comprometida apenas pela expressiva presença de matéria orgânica em seu leito. É evidente a existência de peixes no corpo hídrico o qual dispõe de vasta disponibilidade hídrica nesse manancial (Figura 08). Diante dos fatos, a localidade é bem requisitada pela população local, bem como por viajantes que passam e param para apreciar as suas qualidades naturais.

Figura 8 - Características ponto 2



Fonte: Registro da pesquisa (2021).

**Ponto 03:** O trecho identificado de Una dos Moraes pertence a uma área urbanizada do município de Morros localizado próximo a confluência entre o rio Una e rio Munim, a qual é frequentemente utilizada para atividades turísticas e domésticas. Contudo, foi constatado a presença de vegetação de média e grande porte as margens do rio Una, porém com determinado nível de comprometimento de conservação devido a construção de casas, bares, restaurantes e hotéis.

Nessa localidade o rio encontra-se com correnteza estável em seu leito, transparência do corpo d'água, com dotada largura e afloramento rochoso em praticamente

toda área que circunda o rio. Cabe mencionar que o ponto aqui mencionado é utilizado como polo para passeios náuticos ao longo do rio (Figura 9).

Figura 9 - Características ponto 3



Fonte: Registro da pesquisa (2021).

**Ponto 04:** Situa-se na sede do município de Morros, por essa razão encontra-se em meio a ocupações humanas recebendo constante presença de banhistas. Alterações foram observadas nessa área a redução da mata ciliar, erosão marginal em fase inicial e presença de resíduos sólidos no entorno do rio.

Quanto as especificidades das águas pode-se perceber cristalinas com grande disponibilidade de água no leito maior do rio. Foi constatado ainda nessa localidade a forte influência antrópica nas margens do rio as quais retiram a mata ciliar modificando a paisagem natural do ambiente e contribuindo para uma possível degradação desse corpo d'água. (Figura 10).

Figura 10 - Características ponto 4



Fonte: Registro da pesquisa (2021).

### 3.3 Determinação e Análise dos Parâmetros de Análise da água

Neste estudo, foi determinado os parâmetros físicos, químicos, metais pesados e nutrientes. A análise destes parâmetros permite identificar a qualidade das águas na bacia do rio Una, ao mesmo tempo, corroborar para as discussões sobre o nível trófico dos recursos hídricos. A determinação dos parâmetros, foi realizada tanto *in loco* por meio de equipamento portátil, assim como em laboratório em Laboratórios de Análise de Água Cernitas.

Os resultados foram comparados com as condições e padrões de qualidade das águas doces estabelecidos na Resolução CONAMA N°. 357 de 17 de março de 2005. Descreve-se a seguir os métodos a serem utilizados na determinação dos parâmetros estudados. Sendo a determinação destes em triplicata para a obtenção de valor médio.

#### 3.3.1 Parâmetros Físicos

Para determinação dos parâmetros temperatura, pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD) e condutividade elétrica foi utilizada Sonda Multiparâmetro Orion Star, modelo Horiba U-50 (Figura 11). Esta sonda permite a determinação *in loco* de parâmetros físico-químicos. Neste estudo determina-se *in loco*, os parâmetros supracitados e em laboratório, posterior leitura dos demais parâmetros.

Figura 11 - Sonda multiparâmetro Horiba



Fonte: Registro da pesquisa (2021).

### 3.3.2 Parâmetros Químicos

Na determinação dos parâmetros potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD) também utilizar-se-a sonda multiparametro Horiba U-50, sendo realizado *in loco* a leitura do O.D e pH.

Para a determinação dos parâmetros fosfato e sulfeto foram utilizados um Fotocolorímetro Multiparâmetro, equipamento de bancada, da Alfakit, modelo AT10P. Em laboratório, seguindo os procedimentos estabelecidos no manual do fabricante foi realizado a leitura destes parâmetros.

O fósforo total será determinado através de colorimetria realizada pelo Método do Vanodomolibdico, conforme indicação do *Spectrokit da Alfakit*, adquirido para este trabalho, com auxílio de espectrofotômetro UV/VIS modelo DR 200 da marca HACH no Laboratório Cernitas. O comprimento de onda selecionado será de 415nm (nanômetro). Este método está descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Waste water; 21ªed, 2005 parágrafo 6*.

Nesse método, para determinação de fósforo total, o fosfato reage com o molibdato de amônia, em meio acidificado, na presença de vanádio para formar um produto de cor amarela com intensidade de cor proporcional a concentração de fósforo na amostra, que é determinada no espectrofotômetro.

Leitura do Fósforo no Espectrofotômetro:

- a) Organização do Spectrokit Fósforo em bancada;
- b) Mede-se 5 ml de água destilada e adiciona-se ao tubo de ensaio do Espectrofotômetro;
  - c) Realiza-se a calibragem do equipamento, zerando-o através de uma prova em branco com a água destilada;
  - d) Adiciona-se 12 gotas do reagente (Fósforo vanadomolibdica) em cada amostra,
  - e) agita-se a amostra, em seguida aguardou-se 10 min antes da leitura;
  - f) Fez-se a leitura das amostras no Espectrofotômetro. Os resultados serão apresentados em mg/L de concentração de fósforo (P).

### 3.3.2.1 Metais Pesados

Os metais pesados considerados neste estudo foram o alumínio (Al) e ferro (Fe), sendo estes determinados, igualmente aos parâmetros anteriormente citados, por meio do Fotocolorímetro Multiparametro.

### 3.3.2.2 Nutrientes

Para a determinação dos parâmetros subscrito utiliza-se Fotocolorímetro Multiparâmetro, equipamento de bancada, da Alfakit, modelo AT10P. No Laboratório, foi seguido os procedimentos estabelecidos no manual do fabricante para realizar a leitura dos parâmetros.

A Determinação dos parâmetros com Folocolorímetro de bancada serão seguidos as respectivas ordens:

- a) organização das amostras na sequência para determinação dos parâmetros;
- b) transferência de 200 ml da amostra para um becker;
- c) transferência da amostra para tubos de ensaio;
- d) calibração do equipamento com realização de amostra em branco (com água destilada);
- e) realização da leitura do parâmetro escolhido no fotocolorímetro;
- f) lavagem da vidraria usada com sabão neutro, e esterilização com água destilada para determinação de cada parâmetro. Repete-se as etapas anteriormente descritas para deteminação de cada parâmetro.

Para a determinação do nitrogênio total adotou-se o modelo colorímetro com ácido vanadomolibdofosfórico descrito no método 4500-N C da Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater 23<sup>o</sup> ND edição de 2017.

### 3.3.3 Coliformes Termotolerantes

Para esse parâmetro foi realizado a contagem de possíveis microrganismos através da técnica de membrana filtrante, que consiste na inoculação da amostra em meios de cultura específicos (mFC Agar) para o desenvolvimento de bactérias do grupo coliformes. As amostras foram diluídas com água tamponada devido a matriz e concentração de odores, turbidez e entre outras características.

Posteriormente, as amostras foram filtradas para retenção dos possíveis microrganismos presentes através de uma membrana filtrante específica de 0,45µm de porosidade. A membrana foi colocada em uma placa de Petri contendo meio de cultura e seguiu e para incubação em estufa de cultura a 44,5±0,2°C por 24h. A leitura foi feita pelo crescimento de colônias de coloração azul que desenvolveu no meio e o resultado é reportado como UFC/mL (unidade formadora de colônia) como representada na Equação.

$$UFC/100 (mL) = \frac{N^{\circ} \text{ de colônias contadas} \times 100 \text{ mL}}{mL \text{ de amostra (diluição utilizada)}}$$

### 3.4 Determinação do Índice do Estado Trófico na Bacia

O índice trófico das águas será determinado conforme equação proposta por Lamparelli (2004) para ambientes lóticos, sendo:

$$IET (PT) = 10. (6 - ((0,42 - 0,36 \cdot (\ln PT)) / \ln 2)) - 20$$

Onde:

**IET (PT):** Índice de estado trófico em relação à variável fósforo total para ambientes lóticos

**PT:** concentração de fósforo total (µg L<sup>-1</sup>)

A partir deste modelo, chega-se à classificação do estado trófico para ambientes lóticos, conforme apresentado na Tabela 01.

Tabela 1 - Classificação do estado trófico

<b>Estado Trófico</b>	<b>Ponderação</b>
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrofico	$IET > 67$

Fonte: Lamparelli (2004).

### 3.5 Cenarização

O método aplicado ao contexto de cenarização da presente pesquisa, foi pautado na perspectiva de Marques (2000) que direciona sua aplicabilidade para o planejamento territorial com enfoque a realçar os dados ambientais segundo a condição de contorno (limites) mais favorável à gestão territorial, compreendendo o planejamento ambiental, tomada de decisão e monitoramento. Além disso, identifica os pontos (fortes/fracos) no âmbito social e ambiental que contribuem para o desenvolvimento do problema e/ou para resolução do mesmo.

Para aplicação de cenários foi necessário o levantamento do atual cenário da área de pesquisa, seus contextos socioambientais e suas principais perspectivas de uso, os quais fomentaram em posterior avaliação de sua importância, em termos de severidade, frequência e classificação (Tabela 2). No entanto, para cada elemento foram atribuídos pesos que variam na escala de 1 à 4 obedecendo ordem crescente (fraco, médio e forte), sendo quanto maior o número, maior é a importância da atuação desse condicionante no cenário.

Tabela 2 - Contextos socioambientais que integram o atual cenário

<b>Atores</b>	<b>Escala</b>
Poder Público Municipal	1
Donos de Pousadas/bares/restaurantes	2
População Local	4
Visitantes	3
<b>Contextos</b>	
Rede Hidrográfica Favorável à Visitação	3
Paisagem Integrada	2

Biodiversidade Regional	1
Localização Geográfica	4
<b>Perspectiva de Uso</b>	
Ordenamento Territorial	1
Geração de Emprego e Renda	3
Qualidade de Vida	2
Usufruto do Espaço para o Lazer	4

Fonte: Registro da pesquisa (2022).

Segundo Sabourin (2002) os cenários multiétnicos e setoriais conduzem a apontamentos imprescindíveis em termos quantitativos e qualitativos. Nessa pesquisa, definiu-se como atributos qualitativos para essa pesquisa todos elementos que, isolados ou em conjunto, podem indicar os graus de complexidade antropogênico de resolução de problemas socioambientais, com ênfase nas observações em campo e repercussões destas pela população local. Sendo considerados como elementos qualitativos:

**Esfera de Governança/Arbitragem (EG):** Nessa variável pode-se relacionar as condicionantes em que para resolução dos problemas necessita-se de intervenção de uma ou mais esferas de governança (municipal, estadual e/ou federal), além da sociedade civil organizada e Poder Público;

**Prazo (PZ):** Na variável pode-se relacionar as condicionantes em que para resolução dos problemas necessita-se de ajustes e intervenções que ocorram em curto (C – até 02 anos), médio (M – entre 03 e 05 anos) ou longos prazos (L – acima de 06 a até 10 anos).

**Mediação (MD):** Considera-se mediação a capacidade de articulação institucional e social pela composição de relações de poder nos territórios para resolução dos possíveis problemas, tendo em vista a participação das partes envolvidas que apresentam interesses divergentes e/ou convergentes, em fácil, média e difícil interação de articulação.

Para obter a classificação, foram estabelecidos valores, os quais apontam o grau de comprometimento e as possibilidades de reversibilidade dos impactos. A partir disso, indica-se o grau de complexidade da resolução dos problemas através da soma dos números atribuídos para a historicidade, mediação e prazo (Tabela 3).

Tabela 3 - Pesos para cada atributo qualitativo utilizado na avaliação de cenários

Atributo qualitativo	Tipologia de atributo qualitativo	Valores atribuídos
Historicidade	Até 10 anos	1
	De 10 – 20 anos	2
	Acima de 20 anos	3
Mediação	Fácil	1
	Médio	2
	Difícil	3
Prazo	Curto	1
	Médio	2
	Longo	3

Fonte: Registro da pesquisa (2022).

Em seguida foi realizado o cruzamento dos dados, os quais foram estabelecidos quanto a sua magnitude e importância, resultando na soma dos pesos que são determinados para os atributos. Assim, os valores consequentes da somatória são classificados:

- **Valor mensurado até 4:** é considerado de baixa complexidade e de fácil resolução;
- **Dentro do quantitativo 5 a 6:** será de média complexidade e mediana resolução;
- **Valores superiores a 7:** indicam situações de alta complexidade de resolução.

Para este método deve-se respeitar em maior amplitude as condições, fatores, mudanças produtivas e os agentes naturais/sociais sob a perspectiva de escalas local, regional e mundial. A partir disso, pode-se fomentar a criação e/ou a implantação de políticas públicas com vista a conduzir de forma mais adequada as ações que tendem a solucionar e/ou prevenir problemas na sociedade.

### 3.6 Dificuldades no desenvolvimento da pesquisa

Desde o final do ano de 2019 o mundo vem passando pelas adversidades provocadas pelo novo Coronavírus (COVID - 19), cujo desencadeou sérios danos a saúde humana com sintomas de síndrome respiratória aguda e de rápida transmissão. Como consequência trouxe a calamidade no sistema de saúde pública e privada, alarmante percentual de vítimas fatais, fome, isolamento social e uma população marcada por traumas.

Diante dos fatos, houve a necessidade de adotar medidas que viabilizasse meios de convivência mais seguro levando em consideração o bem-estar da população, dentre elas foi determinado o Decreto Estadual nº 35. 859/2020 que demanda a suspensão das atividades presenciais nas unidades de ensino de Rede Estadual de Educação. Com isso, as instituições de ensino incorporaram as aulas remotas de maneira a continuar o ensino, sem causar ainda mais danos a comunidade científica.

Apesar da continuidade das aulas a distância, a Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) deliberou a Resolução n.º 1421/2020 considerando a Portaria n.º 188 do Ministério da Saúde, de 3 de fevereiro do mesmo ano restringindo todas as atividades presenciais. Desse modo, a realização de projetos e pesquisas que dependem de práticas laboratoriais e de campo para a coleta de dados foram postergadas.

A partir da intensificação das medidas restritivas, muitas foram as dificuldades para o desenvolvimento da presente pesquisa, pois tiveram de ser reformuladas etapas metodológicas para caber na atual conjuntura da sociedade, a citar, a redução de quantidade dos pontos de coleta, com vista a minimizar gastos no estudo; além da limitação de áreas com fácil acessibilidade que não necessitasse ter contato com as comunidades da área de estudo para recolher dados.

Outro fator a ser mencionado, foi a carência de veículos ofertados pela universidade no referido período para consolidar os trabalhos de campo, bem como de ajuda de custo para cobrir com os gastos da diária, que muitas vezes foram custeados pelo próprio pesquisador. Além dos empecilhos aqui retratados relata-se, que conciliar o desenvolvimento da pesquisa com os lapsos psicológicos causados pela ansiedade, tristeza, desmotivação, caos, medo e tantas perdas, foi altamente desafiador.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Análise Ambiental Geointegrada da Área de Estudo**

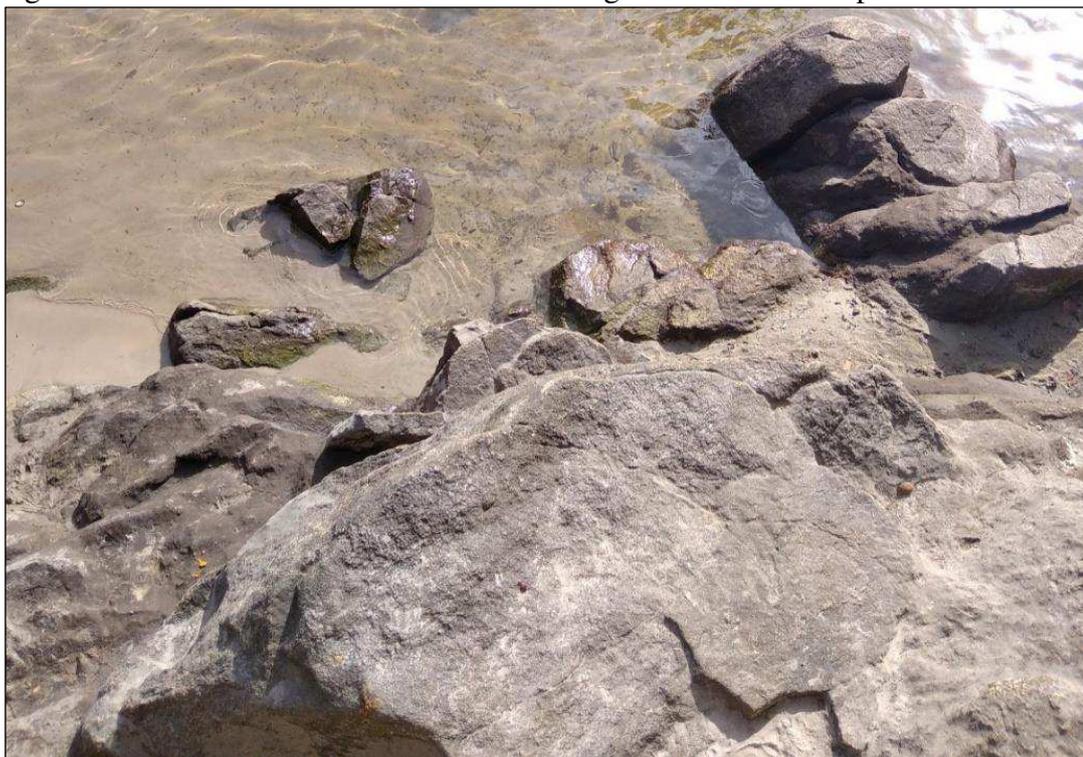
A pesquisa foi desenvolvida na sub-bacia do rio Una que compreende em grande escala o município de Morros e em menor proporção as cidades de Cachoeira Grande e Icatú, localizadas na mesorregião Norte do Estado do Maranhão. No entanto, o rio em questão abrange 378,787 km<sup>2</sup> de extensão territorial, sendo considerado um afluente da bacia hidrográfica do rio Munim.

Situada a 98,8 km da capital do estado, a área de estudo possui relevo inserido nos domínios da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Segundo o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2013) na área, o Quaternário é representado pelos sedimentos inconsolidados dos Depósitos Eólicos Continentais (Q1e), dos Depósitos de Cordões Litorâneos (Q1cl) e pelos Depósitos Aluvionares (Q2a).

As rochas sedimentares são rochas formadas por matéria orgânica, fragmentos e grãos de rochas preexistentes (como as rochas ígneas e metamórficas e as próprias rochas sedimentares) que se acumularam em depressões da superfície terrestre e foram compactadas com o passar do tempo. Tal fragmentação, é decorrente dos processos internos e externos que contribuem para a dinâmica dos agentes transformadores do relevo (CPRM, 2013).

A fisiografia da área compreende o embasamento geológico caracterizado por rochas magmáticas (Figura 12) do Arco Ferrer-Urbano Santos, que afloram em diferentes níveis topográficos formando pequenas cachoeiras freqüentemente utilizadas para atividades turísticas. Conforme a CPRM (2013) essas rochas foram formadas pelo resfriamento e consolidação do magma, sendo caracterizadas petrograficamente como quartzo dioritos, tonalitos, granodioritos e andesitos, com predominância dos termos tonalíticos.

Figura 12 - Afloramento rochoso de rochas Magmáticas no município de Morros-MA



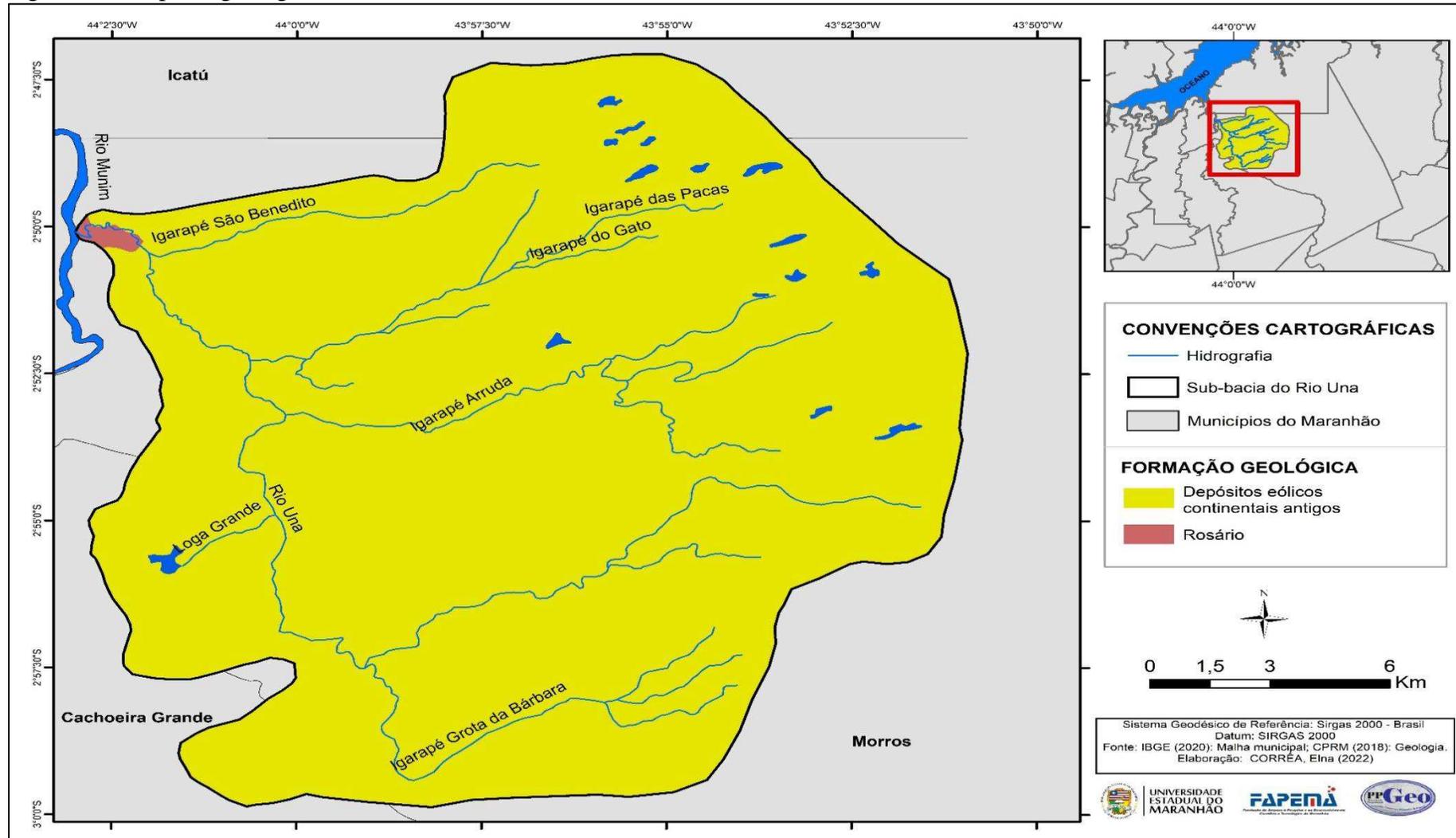
Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

Consequentemente, esses sedimentos foram recobertos pelos Depósitos eólicos antigos do Quaternário e formação Rosário (Figura 13), que preservam as particularidades dos diferentes períodos geológicos, devido a variação das condições ambientais e climáticas. Como menciona Nogueira (2015), a formação Rosário é particularmente constituída por um conjunto de múltiplos plútons de composição tonalítica, granodiorítica e granítica, que apresentam transformações texturais, estruturais e mineralógicas parciais relacionadas à deformação ao longo de zonas de cisalhamento transcorrentes, geralmente expostos em pedreiras de brita ou nos vales e margens de rios.

Entretanto, os Depósitos eólicos antigos do Quaternário são depósitos arenosos, formados por areias esbranquiçadas, granulometria fina a muito fina, quartzosas, bem selecionadas. Caracterizado por dunas fixas, originadas pela dinâmica dos ventos alísios de nordeste principalmente sob a influência de fatores litorâneos (SANTOS; PEREIRA; LIMA; et. al, 2019, p. 48).

De acordo com Santos e Silva (2009) os sedimentos antigos competem as paleodunas, isto é, a dunas fixas com presença de vegetação, em idades holocênicas. São depósitos formados pelo processo evolutivo da areia solta para rocha arenito. Essas formações são facilmente encontrados no interior dos municípios aqui mencionados.

Figura 13 - Mapa de geologia da sub-bacia do rio Una, Ma



Fonte: Registro da pesquisa (2022).

A tipologia de solo da região é denominada como Neossolos Quartzarênico que, por sua vez, são solos minerais, profundos, hidromórficos ou não hidromórficos, que apresentam classe de textura arenosa, essencialmente quartzosos, com sequência de horizontes A e C. Contém fortes limitações físico-químicas, que praticamente inviabilizam qualquer tipo de utilização agropecuária (ARAÚJO; VENTURIERI; GAMA; et. al, 2019, p.199).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2011) os Neossolos Quartzarênicos são geralmente encontrados em relevo plano ou suave ondulado, que apresenta textura arenosa ao longo do perfil e cor amarelada. Considerando-se o relevo de ocorrência, o processo erosivo não é alto, porém, deve-se precaver com a erosão devido à textura ser essencialmente arenosa. Destaca-se ainda que:

Os Neossolos Quartzarênicos (RQ) são originalmente associados a características do bioma cerrado, com solos minerais derivados de sedimentos arenoquartzosos do Grupo Barreiras do período do Terciário e sedimentos marinhos do período do Holoceno. São essencialmente arenoquartzosos, não hidromórficos ou hidromórficos sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade da superfície. Normalmente, são profundos, com textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos 150 cm de profundidade ou até o contato lítico. São excessivamente drenados, com menos de 4% de minerais primários facilmente intemperizáveis e pouco desenvolvidos devido a baixa atuação dos processos pedogenéticos e pela resistência do material de origem ao intemperismo (EMBRAPA, 2011, p. 68).

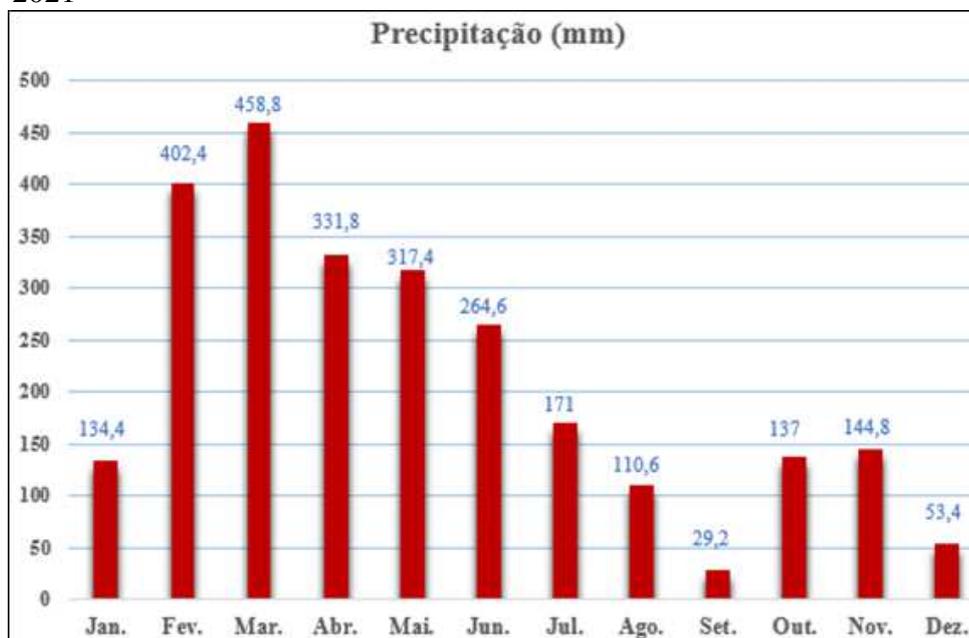
Devido a localização geográfica do Estado do Maranhão, por ser uma região de transição climática, ou seja, do Semiárido Nordeste (quente e seco), à Amazônia (quente e úmida), ao Oceano Atlântico e ao Planalto Central Brasileiro. O clima da região de estudo é classificado como Tropical (Koppen Aw), com duas estações bem definidas, período seco e chuvoso (NUGEO, 2016, p. 43).

O clima caracteriza-se como quente semi-úmido possuindo 5 meses secos, com temperatura do mês mais quente superior a 34 °C. Os valores médios do balanço hídrico, calculados a partir da altura de precipitação de 2.010 mm/ano, com uma capacidade de campo de 75 mm, correspondem a: 1.030 mm/ano para a evapotranspiração efetiva; 670 mm/ano para o escoamento superficial e 310 mm/ano para a infiltração. (OLIVEIRA, 2016, p. 34).

Analisado o gráfico da figura 14, pode-se observar que no primeiro semestre do ano há maior predisposição de precipitações na área de estudo, cujo caracteriza a época com temperaturas mais baixas na localidade. Desse modo, Dias (2017) explica que a concentração das águas pluviais na primeira metade do ano proporciona o reabastecimento dos corpos

hídricos superficiais e dos armazenamentos de águas subsuperficiais, a partir das áreas de recarga de águas subterrâneas.

Figura 14 - Distribuição anual média de precipitação para Morros no ano de 2021

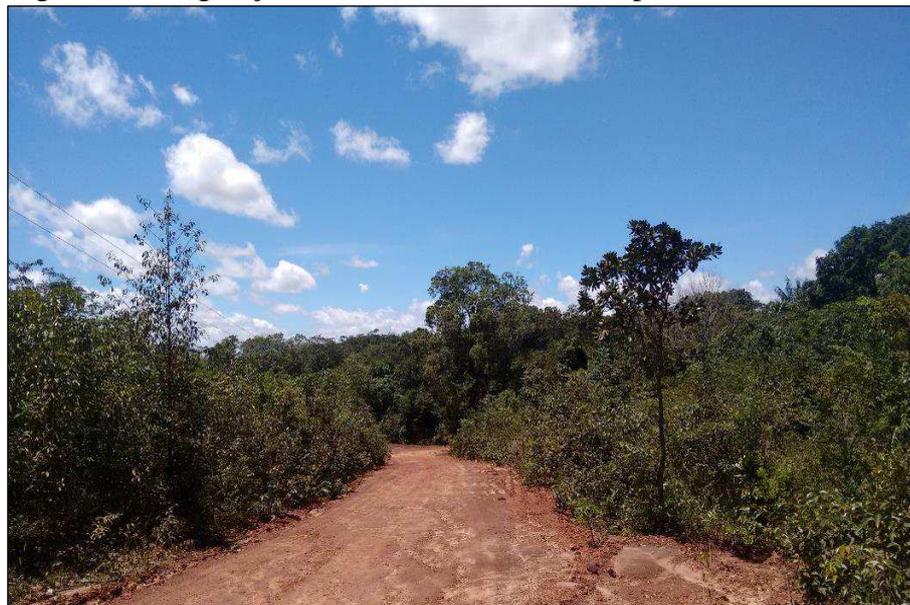


Fonte: Dados CEMADEN (2021).

Baseando - se nas informações obtidas no Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), compete mencionar que em Morros o início do ano de 2021 foi marcado por grande volume de chuva, sendo o maior percentual pluviométrico identificado nos meses de fevereiro (402,4/mm), março (458,8/mm), abril (331,8/mm), maio (317,4/mm) e junho (264,6/mm), com o mês de março estabelecendo maior volume em relação aos demais.

Dados do Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMES, 2020) apontam que, as características climáticas do lugar são propícias para a existência da atual vegetação, a qual é marcada pela variação entre os biomas Cerrado (Figura 15) com característica de Floresta Decidual, fortemente encontrada em locais de pasto e pelo bioma Amazônico (Figura 16) definido pela presença de Floresta Ombrófila situada, principalmente na mata ciliar.

Figura 15 - Vegetação bioma Cerrado no município de Morros



Fonte: Costa e Dias (2018).

Figura 16 - Floresta de característica amazônica no limite de Morros com Axixá (MA)



Fonte: Costa e Dias (2018).

Os fragmentos de vegetação primárias associados à vegetação secundária são importantes coberturas para o solo, permitindo a redução de processos erosivos, abastecimento do lençol freático, manutenção da fauna silvestre, atividade de extrativismo por comunidade do entorno, entre outros benefícios (ROCHA; JÚNIOR; MUNIZ; et. al, 2019, p. 410).

A sua hidrografia é influenciada por um grupo de fatores do meio físico a citar: a geologia, relevo, condições oceanográficas e clima, além da interferência humana, onde ambos proporcionam modificação na dinâmica dos cursos d'água. Nessa conjuntura específica - se o rio Una, o qual apresenta seu curso inserido no baixo curso do rio Munim no município de Morros onde deságua, obtendo padrão de drenagem do tipo treliça e dendrítico.

Os parâmetros geoambientais interferem diretamente na manutenção dos recursos hídricos, pois o dinamismo entre ambos fatores (clima, relevo e hidrografia) propiciam o equilíbrio dos ecossistemas. A quantidade de água armazenada, bem como a fluidez das águas no manancial e recarga do lençol freático são reflexos das condicionantes do meio físico as quais são fontes de abastecimento desse ambiente.

#### **4.2 Caracterização da Evolução do Uso e Cobertura da Terra em 2000 e 2020**

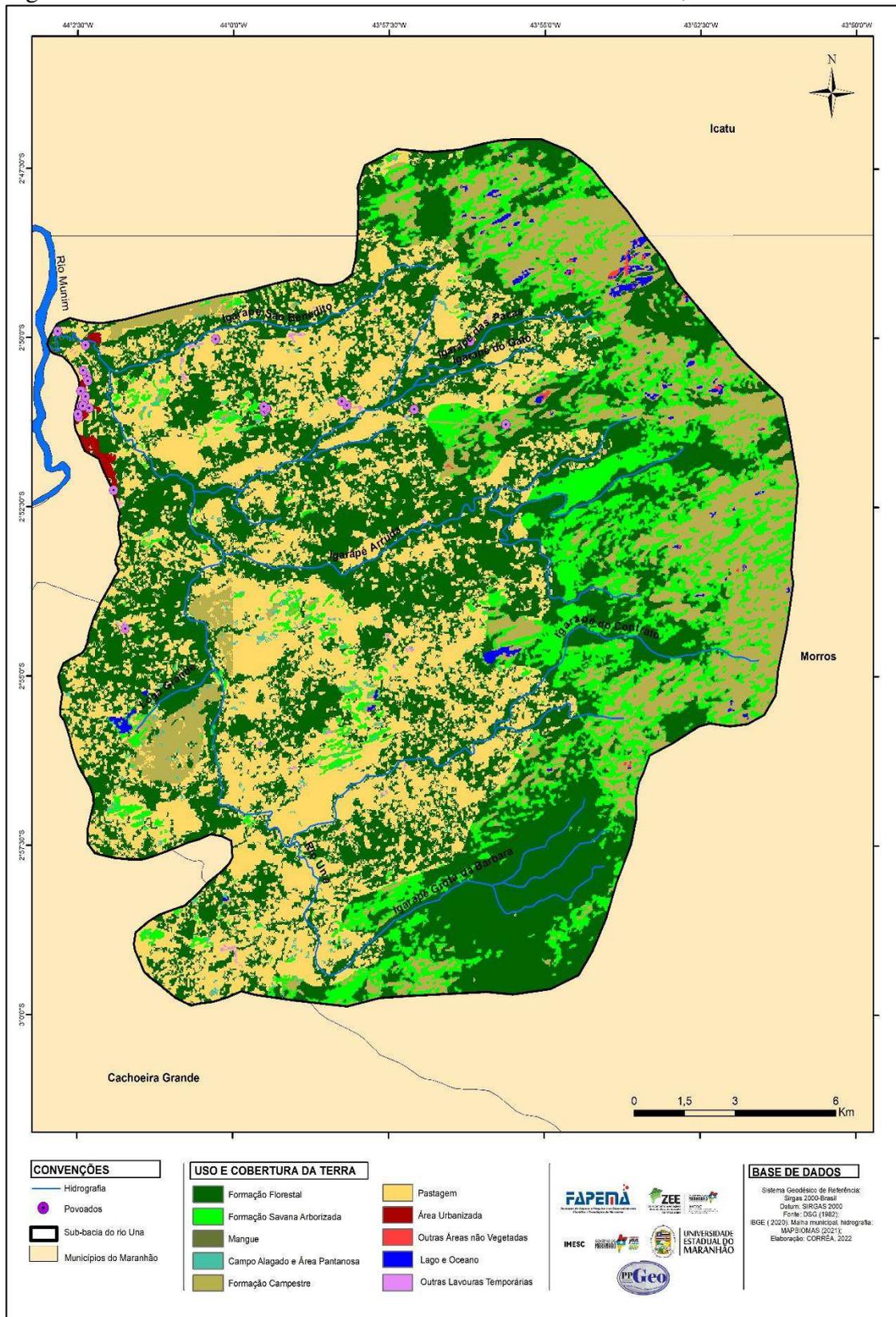
Diante do acelerado processo de desenvolvimento da sociedade e das possíveis alterações que este causa no ambiente, realizou-se a classificação de uso e cobertura da terra na área de pesquisa referente aos anos de 2000 e 2020. A constatação do comportamento das classes deu-se por meio da verificação de dados de mapeamento que explanam informações precisas concernentes as categorias de uso no espaço.

Segundo o IMESC (2019) ao analisar o conjunto paisagístico e as articulações antropogênicas, deve-se considerar a importância dos processos naturais modificadores, mas, sobretudo, dos processos de caráter socioprodutivos, socioeconômicos e socioculturais que interferem e favorecem a dinâmica da paisagem atual, entendendo, em primeiro lugar, as suas implicações sobre o território.

Considerando o levantamento do uso e cobertura da terra na sub-bacia do rio Una que compõe os municípios de Morros, Cachoeira Grande e Icatú, apresenta-se a espacialização das 10 classes analisadas no presente estudo (Figura 17, 18). No entanto, nota-se que grande parte da ocupação da área de estudo está inserida na classe de formação Florestal.



Figura 18 - Uso e Cobertura da Terra na sub-bacia do rio Una-Ma, ano de 2020



Fonte: Registro da pesquisa (2022).

A partir dos resultados adquiridos na classificação de uso conforme o MAPBIOMAS (2021) em consonância com os campos realizados, foram identificadas as seguintes classes e percentuais de cada uso da Terra da área de pesquisa compreendendo ao total de 378,787 km<sup>2</sup> (Tabela 04).

Tabela 4 - Área das classes de uso e cobertura da terra na sub-bacia do rio Una

Classes de Uso e Cobertura da Terra	2000		2020	
	Km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
<b>Formação Florestal</b>	195,67	51,66%	164,86	43,52%
<b>Formação Savana Arborizada</b>	46,44	12,26%	48,51	12,81%
<b>Mangue</b>	0,05	0,01%	0,06	0,02%
<b>Campo Alagado e Área Pantanosa</b>	2,31	0,61%	1,71	0,45%
<b>Formação Campestre</b>	48,22	12,73%	50,53	13,34%
<b>Pastagem</b>	81,67	21,56%	109,85	29,00%
<b>Área Urbanizada</b>	0,53	0,14	0,95	0,25%
<b>Outras Áreas não vegetadas</b>	0,02	0,01%	0,28	0,07%
<b>Rios, Lagos e oceano</b>	3,87	1,02%	1,61	0,42%
<b>Outras Lavouras Temporárias</b>	0,02	<0,01	0,43	0,11%
<b>Total</b>	378,787	100%	378,787	100%

Fonte: Registro da pesquisa (2022).

Ainda em concordância com as visitas técnicas na região, mostra-se que a sub-bacia possui mais de 50% de sua porção inserida em Formação Florestal, seguida da classe de Pastagem, Formação Campestre e Formação Savana, como sendo as categorias de maior abrangência na localidade. No entanto, os demais usos compreendem baixa representatividade de exploração, como pode ser observado no mapa.

Verifica-se também o avanço da urbanização diante das características vegetacionais e limnológicas da área de pesquisa, o que alerta quanto as possíveis modificações da paisagem que muitas vezes podem produzir impactos com alto grau de reversibilidade ao ambiente natural. Por esse motivo, é de extrema necessidade a aplicação das bases legais e ferramentas de gestão pública e ambiental que assegure a integridade dos recursos naturais ao longo do tempo.

O uso e cobertura da terra interfere diretamente na qualidade da água do rio, pois altera as propriedades físico-químicas e biológicas desse sistema (PINHEIRO, 2019). O crescimento das áreas urbanizadas, a pressão de uso das atividades agrícolas e turísticas no entorno da bacia promovem influência nos processos de degradação, mediante a isso relata-se sobre cada categoria identificada na sub-bacia.

#### 4.2.2 Formação Florestal

A análise do mapa referente ao ano de 2000 mostra que a classe de formação florestal totalizou 195,67 km<sup>2</sup> de extensão, observa-se que houve perda desse remanescente vegetacional correlacionado ao ano de 2021 que dispõe de 164,86 km<sup>2</sup>. Essa mudança relativa, representa uma redução de 8,14% que pode ser justificada pelo avanço das atividades urbanas e de pastagem que demonstram estar em processo de desenvolvimento na região de estudo (Figura 19).

A partir dos conhecimentos obtidos em campo, ressalta-se que a classe em destaque possui particularidades típicas da mata ciliar, mata de galeria, com vegetação densa de árvores de grande estatura, onde são encontradas as Unidades de Conservação (UC) da área de estudo. Segundo Costa e Dias (2020) grande parte da área é explorada pela população local através da atuação do extrativismo vegetal, onde são realizadas a extração do açaí (*Euterpe oleracea*), buriti (*Mauritia flexuosa*), bacuri (fr *Platonia insignis*), mangabeira (*Hancorniaspeciosa* Muell Arg), murici (*Byrsonima crassifolia* HBK.), piqui (*Caryocar brasiliensis* Camb.), Ipê-verdadeiro (*Macrolobium Hymeneaoides*), jaca (*Artocarpus heterophyllus*), dentre outras com grande valor econômico.

Figura 19 - Remanescentes florestal, divisa entre os municípios de Morros e Icatú



Fonte: Registro da pesquisa (2021).

#### 4.2.3 Formação Savana Arborizada

A formação savana é composta por características vegetacionais típicas do bioma Cerrado, com estrato vegetal descontínuo que formam uma fitofisionomia florestal específica podendo encontrar palmerais, veredas, parques e Cerrado Ralo (RIBEIRO; WALTER, 2008). No entanto, nota-se que na referida classe houve pequeno incremento de 0,55% em 2020 (12,81%) em relação ao período de 2000 (12,26%), compreendendo aumento de 2,07 km<sup>2</sup> de área (Figura 20).

Figura 20 - Formação Savânica no limite municipal de Morros e Icatú



Fonte: Registro da pesquisa (2021).

#### 4.2.4 Mangue

A classificação temática apresenta o mangue como uma das menores categorias de uso identificadas na sub-bacia com apenas 0,06 km<sup>2</sup> no ano de 2020, ou seja, cerca de 0,02% de área total. Essa classe encontra-se localizada de forma concentrada no município de Morros, especificamente nas proximidades da foz do rio Una, a qual mostra pequeno avanço de 0,01% em relação ao ano 2000 que representava 0,05 km<sup>2</sup> (0,01%) de sua totalidade.

#### 4.2.5 Campo alagado e área pantanosa

No período de 2000 nota-se que o campo alagado e área pantanosa obtinha maior quantidade expressa na paisagem contendo 2,31 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 0,61% de área, porém, no levantamento de dados quanto ao período de 2020 aponta a redução de 0,16% para essa classe que apresenta atualmente 1,71 km<sup>2</sup>. O padrão é bem distribuído espacialmente podendo ser encontrado em diferentes pontos da sub-bacia (Figura 21).

Figura 21 - Área de campo alagado no baixo curso do rio Una, Morros-MA



Fonte: Registro da pesquisa (2021).

#### 4.2.6 Formação Campestre

Essa formação é originária de áreas com climas tropicais, apresentando características de campos que contém a presença de gramíneas e arbustos de pequeno porte. Esse padrão de uso na área de pesquisa ocupa as extremidades da porção Norte, Este e Noroeste, com pequenos fragmentos na parte Centro-Sul, dessa forma como demonstra na tabela 04 no ano de 2000 a mesma obtinha 48,22 km<sup>2</sup>, todavia aponta acréscimo de 2,31 km<sup>2</sup> referente 2020 que atinge 50,53 km<sup>2</sup> de abrangência (Figura 22).

Figura 22 - Características vegetacionais de formação campestre



Fonte: Registro da pesquisa, (2021).

#### 4.2.7 Pastagem

A avaliação quantitativa da classe de pastagem evidencia a mesma como o segundo padrão de uso predominante na região da sub-bacia do Una, representada atualmente por 109,85 km<sup>2</sup> de extensão, abrangendo áreas de praticamente todo o território. Em comparação com o período de 2000 a classe ocupava 81,67 km<sup>2</sup> o equivalente a 21,56%, o que revela o aumento de 28,18 km<sup>2</sup> (7,44%) (Figura 23).

Assinala-se o avanço da pastagem com a evolução das atividades produtivas de uso sustentável da pecuária de animais de grande porte, designado a criação de boi, cavalos e suínos, encontrada em maior abrangência no município de Morros e Icatú, com vista a suprir com a subsistência de forma paralela a proteção dos recursos naturais.

Figura 23 - Área de pasto nas proximidades do Una dos Moraes, Morros - MA



Fonte: Registro da pesquisa (2021).

#### 4.2.8 Área Urbanizada

O setor urbano em 2020 totalizou 0,25% compreendendo distância de 0,95 km<sup>2</sup>, observa-se o aumento da distribuição de área urbanizada em comparação ao ano de 2000 que ocupava extensão de 0,53 km<sup>2</sup>. Os dados apontam que ao longo do recorte temporal houve o aumento de 0,11% desse padrão de uso de forma vertical próximo a malha hídrica, a qual reflete a urbanização do município de Morros que engloba centro comercial, residências, serviços de saúde e escolar, lazer, dentre outras.

Outrossim, é uma área que está em constante expansão, porém não há o devido planejamento para impedir construções em locais inadequados. Em visitas de campo notou-se desconformidade na atual distribuição de uso e cobertura decorrente do avanço da malha urbana em sentido aos recursos naturais, não estabelecendo os limites permitidos pelo Código Florestal Lei N<sup>o</sup>. 12.651/2012, cujo determina que as construções devem estar no mínimo a 30 metros de distância das margens para rios com medida inferior a 10 metros de largura. A

ocupação em extensão marginal do corpo d'água nessa região acontece principalmente pela presença de hotéis, bares, restaurantes e casas de veraneio (Figura 24).

Um dos fatores que impulsionam esse fato é o aumento da demanda turística devido a existência de balneários e cachoeiras pertencentes ao rio Una, que proporcionam lazer ao público. O rio em questão recebe influência de cerca de 19.572 habitantes correspondente ao contingente populacional do município de Morros a qual faz parte em grande proporção, gerando alterações aos meios naturais (Figura 25).

Outro fator a ser destacado, são os usos diretos realizados no rio Una para atividades domésticas, as quais lançam substâncias (desinfetante, sabão, protetor solar e etc.) que podem aumentar o nível de nutrientes na água desencadeando a redução do oxigênio dissolvido, tornando-se nocivas aos seres vivos desse ecossistema. Por esse motivo é de extrema necessidade a avaliação da qualidade da água, uma vez que a eutrofização é a representação das ações da sociedade no meio.

Figura 24 - Ocupação irregular as margens do rio Una, Morros-MA



Fonte: Registro da pesquisa, (2021).

Figura 25 - Sede do município de Morros



Fonte: Registro da pesquisa (2021).

#### 4.2.9 Outras Áreas não Vegetadas

As áreas não vegetadas foram mapeadas em 2000 com o percentual de 0,1% do território, exercendo o total de 0,02 km<sup>2</sup>, assim consira-se que no tocante a 2020 houve o acréscimo de 0,06% correspondendo a um pouco mais de 0,25 km<sup>2</sup>. O aumento dos espaços não vegetados são decorrentes do avanço da área urbana do município e pela expansão da área de pastagem.

#### 4.2.10 Rios, lagos e lagoas

As classes constituintes de corpos hídricos, em 2020 passou a ocupar 1,61 km<sup>2</sup>, demonstrando redução de 2,26 km<sup>2</sup> de suas propriedades concernentes ao ano de 2000 (3,87 km<sup>2</sup>). Esse fato pode ser explicado pela redução e/ou até mesmo pelo desaparecimento de lagos existentes na localidade, suprimidos pela alteração na distribuição espacial das atividades campestres e de pastagem.

Aponta-se também o decréscimo da categoria de área florestal como um importante causador desse efeito, visto que, a vegetação é determinante para a recarga desses ambientes. Considerando as visitas de campo realizadas na região de estudo, ressalta-se que na presente classe foram identificadas a prática de atividades turísticas (Figura 26), pesca

(Figura 27), passeios nauticos e usos destinados para as necessidades domésticas da população local.

Figura 26 - Atividade turística no rio Una, sede do município de Morros-MA



Fonte: Registro da pesquisa (2021).

Figura 27 - Atividade de pesca



Fonte: Registro da pesquisa (2021).

#### 4.2.11 Outras Lavouras Temporárias

As análises realizadas manifestam que a classe de lavouras temporárias é uma das menores categorias de uso da área de pesquisa, compreendendo no período de 2000 uma parte irrisória sendo constatada inferior a 0,01% do território, todavia, os dados demonstram que no ano de 2020 a classe supracitada apresenta o percentual de 0,11% caracterizando um aumento de 0,09% de área total. Contudo, os tipos de cultivos temporários (Figura 28) produzidos na

localidade variam conforme as estações do ano, principalmente com o volume pluviométrico propício para a produção do arroz, milho e mandioca .

Figura 28 - Queimada do solo para cultivo na agricultura de pequeno porte



Fonte: Registro da pesquisa (2021).

### 4.3 Avaliação dos Indicadores de Qualidade Hídrica

Para análise do comportamento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos utilizados na presente pesquisa, foram considerados os processos de uso e cobertura da terra na bacia, as características físicas da mesma, bem como o percentual das chuvas referente ao período chuvoso e de estiagem, em observação com a Resolução CONAMA nº 357/2005.

A tabela 3 a seguir apresenta os valores médios e individuais por ponto amostral, contudo, as médias apontadas são resultantes do procedimento da triplicata das análises realizadas em laboratório. Ademais, destaca-se também, o valor de referência estabelecido pela Resolução CONAMA destinadas para as Classes de água 2, em conformidade a legislação vigente.

Para esse estudo adotou-se a Classe de água 2, pois é destinada para consumo humano após tratamento, recreação de contato primário e irrigação, sendo estes os usos que correspondem ao corpo hídrico aqui mencionado. Por esse motivo, faz-se necessário a avaliação da qualidade da água desse manancial para identificar o nível de comprometimento ocasionado pelas pressões de uso e sobretudo as possíveis adversidades futuras enfrentadas pela população local.

A partir desses fatores realizou-se as análises dos indicadores de qualidade hídrica individualmente e por ponto de estudo, dessa forma, estes foram relacionados com as respectivas atividades desenvolvidas na sub-bacia a fim de entender o atual comportamento das águas desse corpo hídrico e suas possíveis implicações.

Tabela 5 - Resultados dos parâmetros físico-químicos conforme a Resolução CONAMA 357/2005

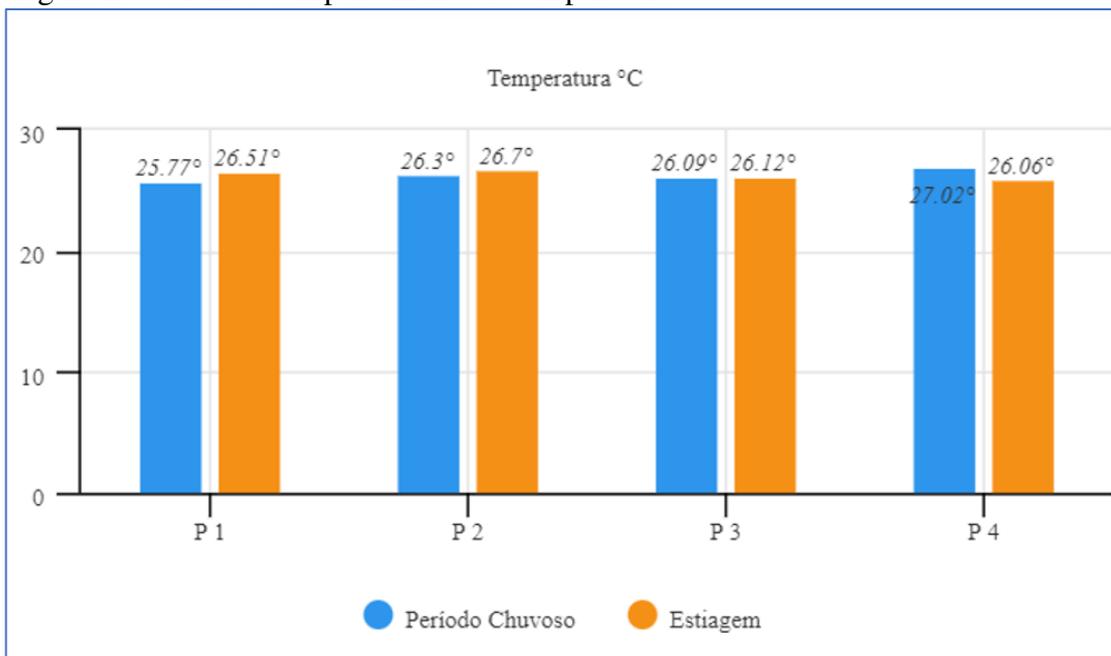
Parâmetros		P01 Cachoeira do Arruda	P02 Sede município de Morros	P03 Ponte Quebra Anzol	P04 Una dos Moraes	Mé- di- a	Resolução Conama Nº 357/2005. (Classe 2)
Temperatura °C		25,77	26,30	26,09	27,02	26,29	-
		26,51	26,7	26,12	26,06	26,34	
pH		5,88	5,17	5,10	5,89	5,51	Entre 6,0 e 9,0.
		4,03	5,96	5,47	5,14	4,12	
OD (mg/L)		7,13	8,40	8,32	8,10	6,39	não inferior a 5 mg/L O <sub>2</sub>
STD (mg/L)		202	226	206	171	161	500 mg/L
		307	229	239	256	206,2	
Amônia (mg/L)		4,3	0,001	0,001	0,001	1,07	3,5 mg/L
		0,4	0,2	0,5	0,3	0,28	
Nitrato (mg/L)		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	10,0 mg/L
		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
Nitrito (mg/L)		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,0 mg/L
		0,016	0,001	0,013	0,003	0,006 6	
Fósforo (mg/L)		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1 mg/L
		0,02	0,01	0,08	0,09	0,04	
Turbidez (UNT)		3,2	2,3	2,08	2,6	2,55	40 UNT
		0,1	0,1	0,1	2,4	0,54	
Condutividade Elétrica (Ms/cm)		0,020	0,018	0,018	0,020	0,020	-
		0,022	0,019	0,020	0,020	0,016	
Nitrogênio Total (mg/L)		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	2,18 (mg/L)
		0,10	23,00	0,10	0,10	5,82	
Metais Pesados	Ferro (mg/L)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1 (mg/L)
		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Alumínio (mg/L)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1 (mg/L)
		0,12	0,12	0,13	0,1	0,3	
Coliformes Termotolerantes		238,20	153,90	344,80	478,60	243,1	1000 NMP / 100 mL

Fonte: Registro da pesquisa (2021).

#### 4.3.1 Temperatura, Oxigênio Dissolvido, pH e Condutividade Elétrica

No período chuvoso a temperatura no rio variou de 25,77 °C a 27,02 °C, apresentando maior elevação no P4 (27,02 °C) e variação média de 26,29 °C (Figura 29). Já na segunda fase considerada de menor índice pluviométrico na área de estudo, constata-se que este parâmetro mantém-se na média de 26,34 °C, não havendo acréscimo desproporcional com as características naturais da área. No entanto, não existe valor estipulado para a temperatura na Resolução CONAMA n°. 357/2005, porém o mesmo deve atender os padrões em conformidade com o clima da área de estudo.

Figura 29 - Gráfico comportamento da temperatura



Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

Para tanto, na presente pesquisa a temperatura encontra-se segundo o clima da região, cujo é classificado por Köppen (1948) como tipo Aw, tropical úmido (com estação seca no inverno), caracterizado por dois períodos bem distintos: um chuvoso, com grandes índices pluviométricos, que se estende de janeiro a junho e outro seco, com deficiência hídrica, que compreende o período de junho a dezembro.

Conforme Muniz e Brito (2007) na região estudada a temperatura e a variabilidade é muito pequena durante todo o ano, proporcionando temperatura média que varia entre 27 °C e 29 °C, sendo outubro o mês mais quente, historicamente.

No P4 houve uma pequena redução na temperatura da água que passou de 27,02 °C para 26,06 °C, causada pela exposição desse ponto a raios solares, no dia e horário da

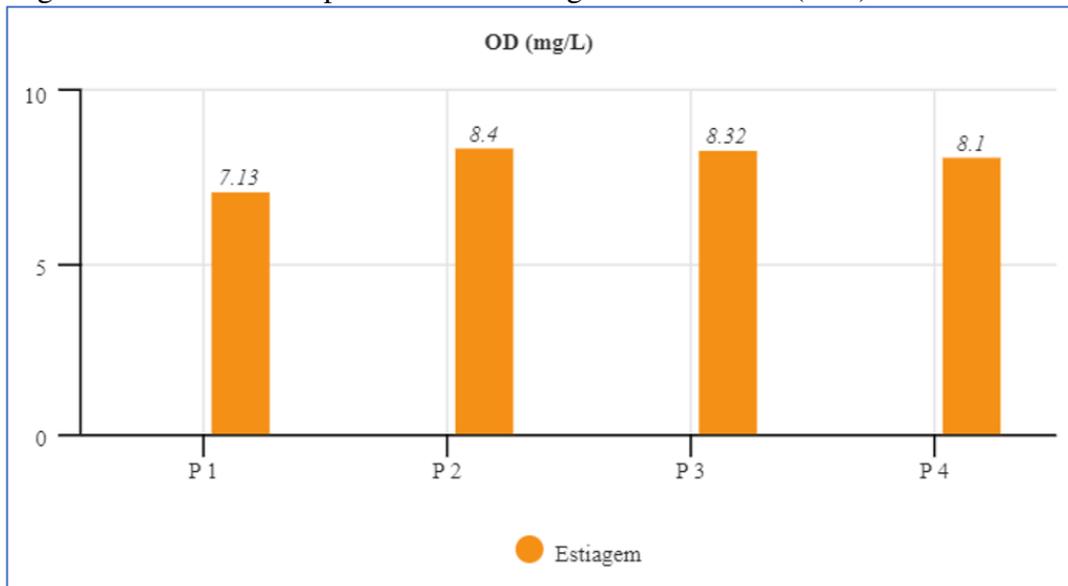
primeira coleta, pois foi observado e não existe lançamento de águas aquecidas nas imediações por despejos industriais e/ou usinas termoeletricas, e em comparação com os demais pontos apresenta-se diferença inferior a 1 °C, o que indica condições típicas nesses pontos.

A variação da temperatura da água influencia no comportamento da vida aquática (morte ou migração de peixes) e de outros parâmetros físicos e químicos. A água fria, por exemplo, contém mais oxigênio dissolvido do que a água quente. Em outra perspectiva, alguns compostos são mais tóxicos para a vida aquática nas temperaturas mais elevadas.

A temperatura deve ser analisada conjuntamente com os demais parâmetros, sabendo que esta pode vir a influenciar no comportamento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas. Neste sentido, a priori, analisou-se o Oxigênio Dissolvido (O.D) nesta perspectiva.

O O.D foi verificado conforme os resultados apresentados na Figura 30, onde em todos os pontos de amostragem a concentração está dentro do padrão estabelecido pela Resolução vigente para as classes de água 2 (não inferior a 5 mg/L). Portanto, no P2 (8,4 mg/L) e P3 (8,32 mg/L) foram identificadas as maiores concentrações, sendo este fato desencadeado pelo fluxo contínuo de água que resulta em fortes correntes na área.

Figura 30 - Gráfico comportamento do Oxigênio Dissolvido (O.D)



Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

Entretanto, no P1 (7,13 mg/L) foi detectado a menor concentração de O.D, entende-se que seja pela influência da quantidade de matéria orgânica em processo de decomposição. Dentre os pontos de amostragem a Cachoeira do Arruda é o que possui maior

evidência de preservação das suas características naturais, principalmente em relação a presença da vegetação, uma vez que esse elemento influi na capacidade de autodepuração do manancial podendo provocar valores baixos desse parâmetro no corpo d'água.

Geralmente em rios com maior carga de poluentes o O.D apresenta valores  $\leq 5$  mg/L, como aponta o estudo desenvolvido por Rocha (2019) ao longo do rio Paciência localizado na Ilha do Maranhão, cujo identificou percentuais mínimos de até 0,19 mg/L em áreas mais afetadas, demonstrando comprometimento na qualidade da água do rio e risco para os seres vivos desse ecossistema.

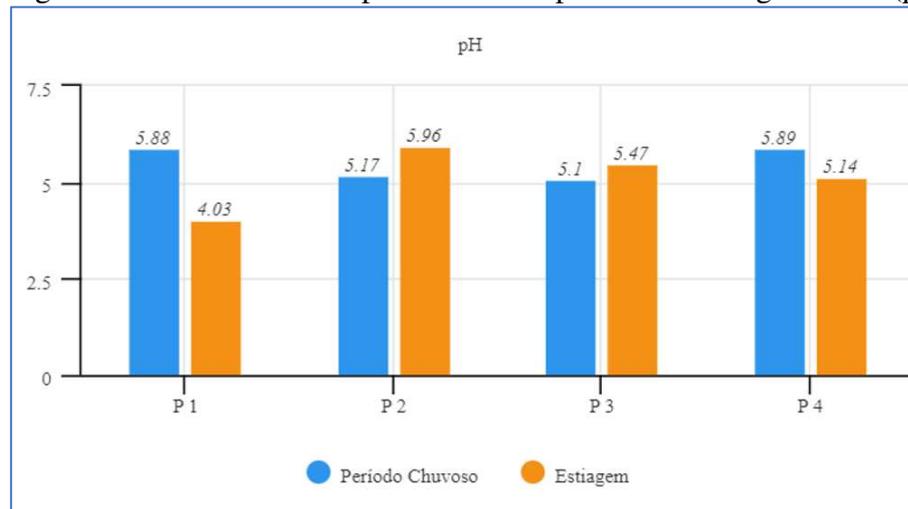
O oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção da vida de espécies aquática, sendo o parâmetro determinante para a identificação de poluição hídrica por efluentes domésticos, cujo possuem grande potencial de matéria orgânica biodegradável. Por essa razão, a falta de saneamento básico é um contribuinte importante para a redução do O.D.

Nesse âmbito discute-se o potencial Hidrogeniônico (pH), pois através do mesmo pode-se estabelecer o balanço ácido de uma solução o qual é classificado como ácido, neutro e alcalina variando de uma escala de 0 a 14.

Para Von Sperling (2005) os valores de pH estão relacionados a fatores naturais, como dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, e a fatores antropogênicos pelo despejo de esgotos domésticos e industriais, devido à oxidação da matéria orgânica e à lavagem ácida de tanques, respectivamente.

O gráfico (Figura 31) demonstra que na área de pesquisa o comportamento do pH, na primeira coleta variou de 5, 10 (P3) a 5, 89 (P4) na sub-bacia. Em comparação aos níveis identificados no período de estiagem nota-se que em ambas estações os pontos apresentam-se com média inferior a 6. Assim, as águas do rio Una foram identificadas em conformidade com a Resolução CONAMA nº. 357/2005 para Classes 2, na condição de levemente ácida em todos os pontos de amostragem.

Figura 31 - Gráfico do comportamento do potencial Hidrogeniônico (pH)



Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

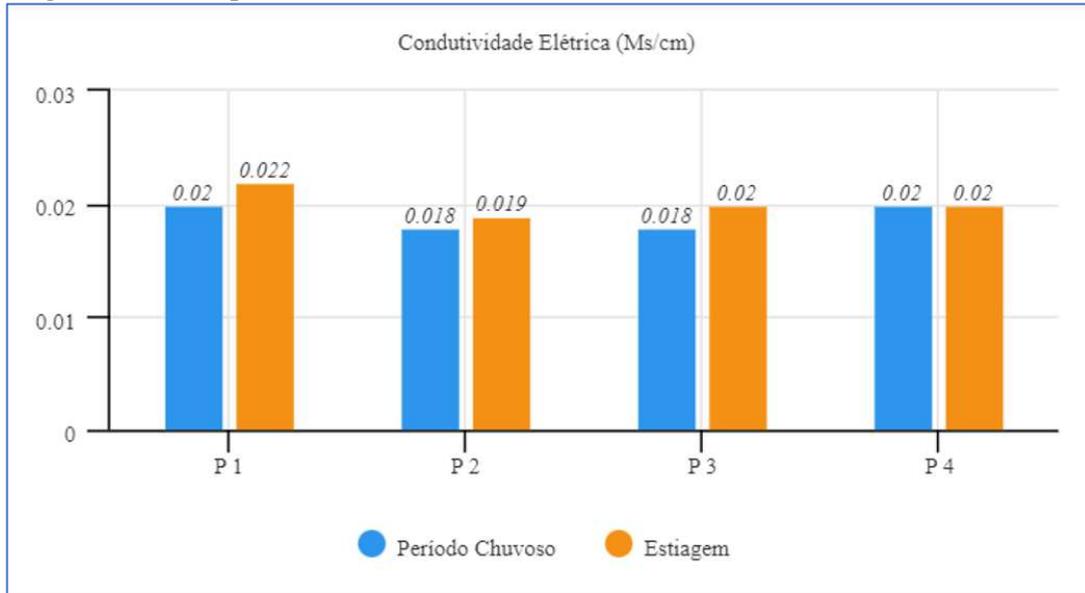
De acordo com as propriedades naturais da sub-bacia, presume-se que o baixo valor do pH encontrado no rio, principalmente no P1(4,03) é ocasionado pela presença de matéria orgânica. Nesse sentido, Marotta et. al. (2008) afirma que o excesso de matéria orgânica contribui para reduzir o pH na água devido à liberação de gás carbônico decorrente de compostos orgânicos ácidos e da decomposição, a qual origina o ácido carbônico em meio aquoso.

Ressalta-se, que a água em estado de acidez em nível demasiado, isto é, abaixo de 4 desencadeia sérios problemas no ambiente aquático podendo ocasionar mortandade de peixes e de outros seres vivos que habitam nesse meio. Outra adversidade a ser apontada, é a ingestão de água com percentual de acidez por humanos que pode desencadear a proliferação de doenças.

No entanto, observa-se que na área de estudo devido a falta de distribuição de água potável por parte do setor público responsável, a população local faz uso das águas do rio para consumo e atividades domésticas. Desse modo, este fator pode tornar-se um agravante futuro no que cerne a saúde dos moradores.

Quanto ao parâmetro da condutividade elétrica, evidencia-se que não existe padrão estabelecido pela Resolução CONAMA. Nessa condição, nos pontos de coleta da pesquisa a condutividade apresentou comportamento de 0,018 ms/cm (P1, P3, P4) a 0,022 ms/cm (P1, P3), (Figura 32). Na segunda amostragem nota-se um pequeno acréscimo na capacidade de passar corrente elétrica na água, que ocorre em virtude das reações desencadeadas nesse ecossistema diante do aumento da temperatura.

Figura 32 - Comportamento da condutividade elétrica



Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

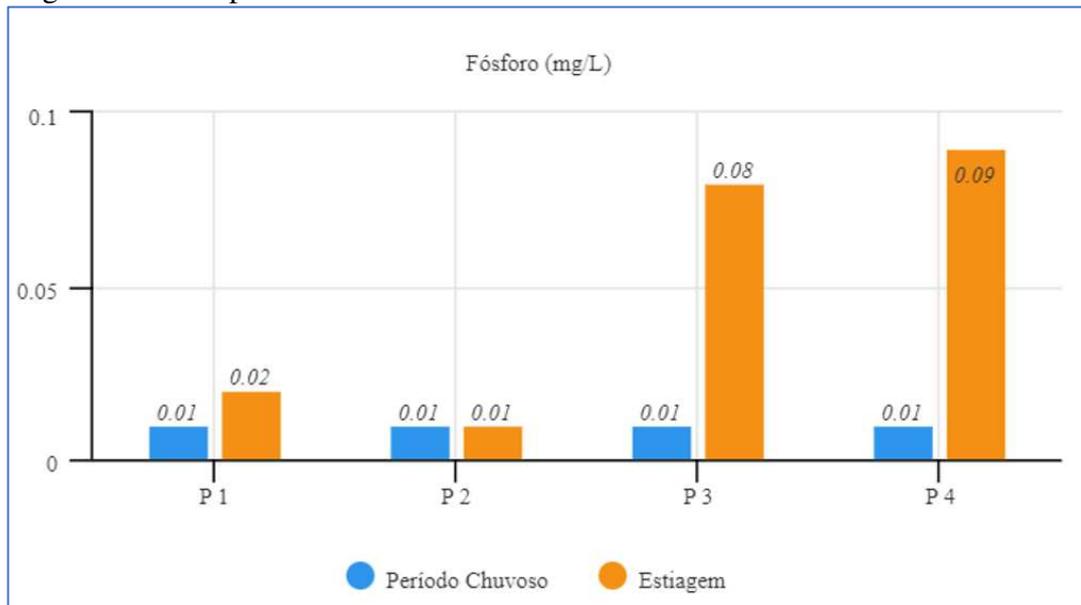
Para Von Sperling (2007), as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , e em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Ainda funciona também como avaliador de concentração de nutrientes nos ecossistemas aquáticos, pois reflete os íons presentes (ESTEVEZ, 1998, p. 18).

#### 4.3.2 Fósforo, Nitrito, Nitrato e Amônia

O componente do fósforo apresenta-se na água natural, em grande escala por meio do lançamento de efluentes sanitários, fertilizantes utilizados na agricultura e detergentes. O excesso de fósforo na água superficial ocasiona o enriquecimento de nutrientes que consequentemente promove o surgimento de algas causando a problemática da eutrofização.

No resultado obtido para o parâmetro do fósforo, todos os pontos estão dentro do limite permitido pela Resolução CONAMA n.º 357/2005, a qual estabelece o valor inferior a 0,1 mg/L. Salienta-se que na primeira análise de água realizada na área de pesquisa os valores desse parâmetro mantiveram-se na média de 0,01 mg/L em todos os pontos de coleta, não apresentando riscos ao ambiente (Figura 33).

Figura 33 - Comportamento do fósforo



Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

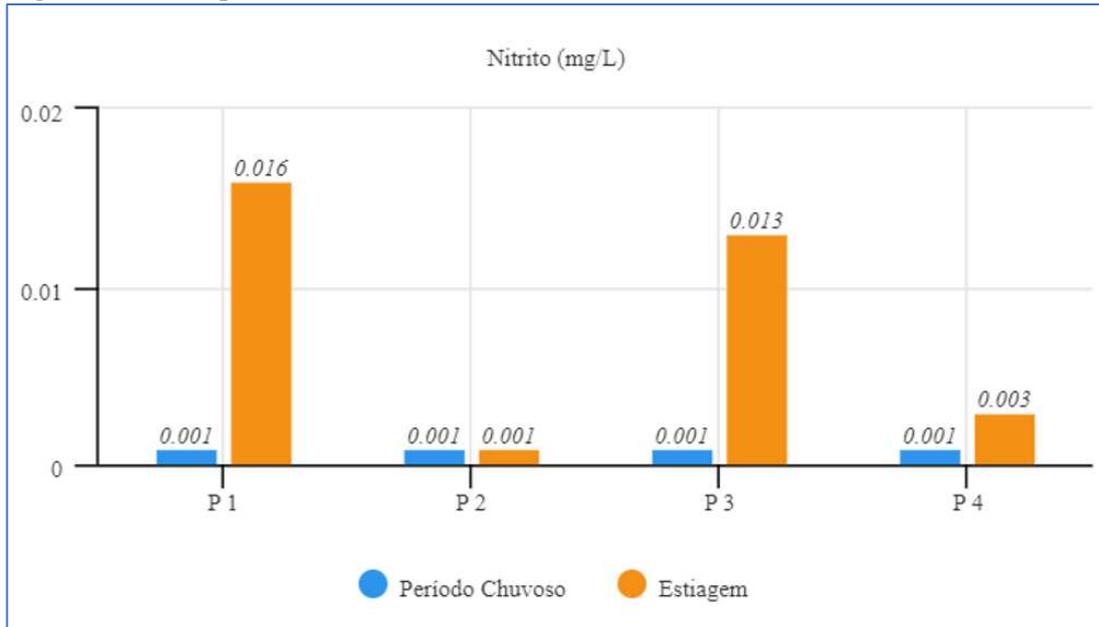
Entretanto, no mês de outubro a concentração do fósforo revelou teores mais elevados em relação ao período chuvoso variando de 0,01 mg/L (P2) a 0,09 mg/L (P4), permanecendo dentro dos padrões nas duas análises solicitadas. Porém, apesar de não haver sérios comprometimentos relacionados a esse parâmetro faz-se notar a diferença de valores encontrados no P1 (0,01 mg/L), onde existe maior preservação das características naturais, diferentemente do P3 (0,08 mg/L) e P4 (0,09 mg/L) os quais integram maior participação das atividades antrópicas.

Destaca-se, que em corpos d'água com grande influência do setor urbano o comportamento do fósforo tende a não se encaixar nos padrões previstos pela legislação. Dessa forma, Silva et. al. (2014) ao avaliar o grau de trofia na bacia do rio Anil-Ma, observou valores elevados ( $\geq 0,16$  mg/L) desse elemento que caracterizam o comprometimento desse ambiente sendo classificado em supereutrófico na escala de trofia.

Quanto ao nitrogênio, manifesta-se na água em diferentes estados de oxidação, no entanto, na forma de nitrato e nitrito quando encontrados em ambiente aquático são indicadores de poluição hídrica. Estes, são reconhecidos como macronutrientes por obter maior quantidade de nutrientes para os processos biológicos.

Em relação ao comportamento do nitrito, os resultados mostram que no período de estiagem os valores encontrados para o P1 (0,016 mg/L), P3 (0,013 mg/L) e P4 (0,003 mg/L) foram mais elevados em comparação a época de maior precipitação, cujo estabeleceu média de 0,001 mg/L. Ou seja, ambas não atingiram o limite definido pela Lei vigente que designa o valor de 10 mg/L (Figura 34).

Figura 34 - Comportamento do nitrito



Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

As análises indicam condições positivas referente ao teor de nitrito nas águas do rio, no entanto, a mudança de valores encontrado no P1 e P3 em ambas estações, é provável que seja consequência do processo de decomposição da matéria orgânica, considerando que são áreas com grande índices vegetacionais. No P3 pode estar a demonstrar que durante o período seco, além de receber influência do ninâmismo natural a sub-bacia também recebe introdução desse elemento de forma artificial, visto que é uma área muito visitada pelos habitantes da região.

O parâmetro do nitrito é determinante na identificação de poluição recente proveniente de material orgânico vegetal ou animal, sendo utilizado principalmente para avaliar a qualidade da água para consumo humano. Portanto, diante os usos desenvolvidos na área de estudo é essencial a averiguação desse elemento como forma de monitorar os padrões de qualidade da água na região.

O nitrito é uma forma química do nitrogênio normalmente encontrada em pequenas quantidades nas águas superficiais e subterrâneas, pois o nitrito é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. A presença do íon nitrito indica a ocorrência de processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica (BASTOS; FEITOSA, 2007, p. 24).

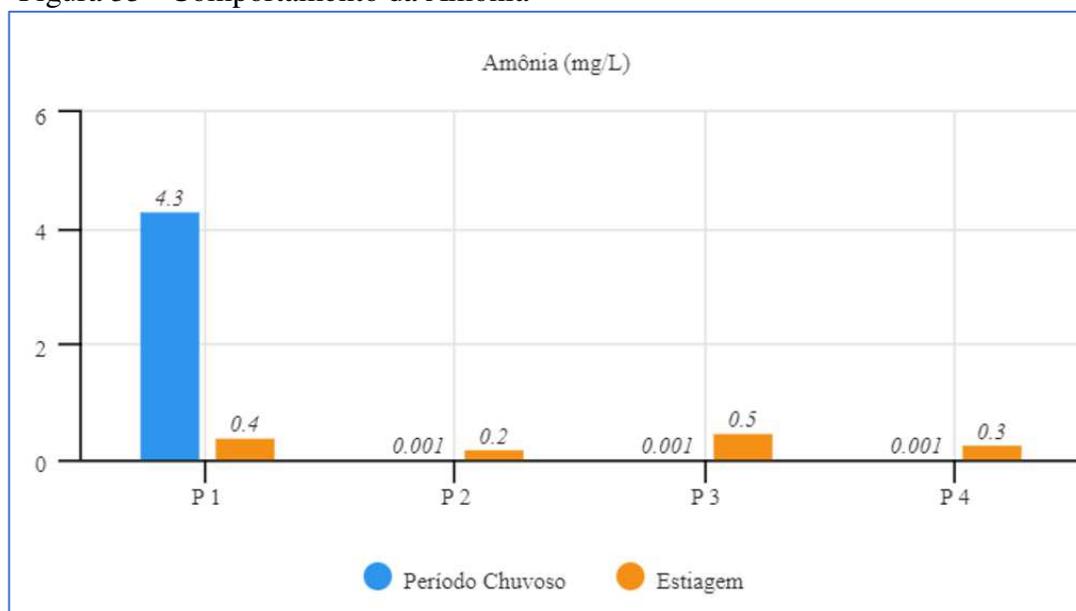
Dessa maneira, os teores médios de nitrato em todos os pontos de coleta da área de estudo foi de 0,10 mg/L, os quais não atingiram o limite de 10 mg/L determinado pela Resolução CONAMA 357/2005 para Classes 2 de água para as diferentes estações do ano. O

nitrito também é encontrado nos ambientes aquáticos introduzidos por fontes naturais a partir da presença de matéria orgânica.

Na pesquisa em questão, entende-se que os valores alcançados de nitrato foram despertados pela grande presença de matéria orgânica no rio. Mas, faz-se ressalva quanto a possível inclusão de nutrientes nesse corpo hídrico via atividade de agricultura muito utilizada na localidade, principalmente pela produção de mandioca que usam o rio Una para a lavagem e preparo da mesma para a fabricação de farinha.

Em relação a amônia os índices expressados na figura 35, relatam uma diferença de valores dentre os pontos de estudos para as duas épocas do ano, contudo, o P1 (Cachoeira do Arruda) contém a maior taxa encontrada para esse parâmetro, sendo esta com 4,3 mg/L concernente a fase de maior precipitação, todavia, os demais pontos apresentam-se com valores inferiores a 0,5 mg/L.

Figura 35 - Comportamento da Amônia



Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

Considerando os valores obtidos no P1 nas análises necessárias para esse estudo, constata-se que apesar do percentual encontrado no período chuvoso não encontrar-se em conformidade com a Lei vigente, quando analisado os dados das demais estações de maneira integrada verifica-se que a amônia está dentro dos padrões exigidos na Resolução CONAMA 357/2005, que indica o valor inferior a 3,5 mg/L para águas de Classes 2.

Observa-se que o comportamento da amônia no P1 correlacionada aos indicadores de nitrato, nitrito, pH e temperatura na área de pesquisa são resultantes da

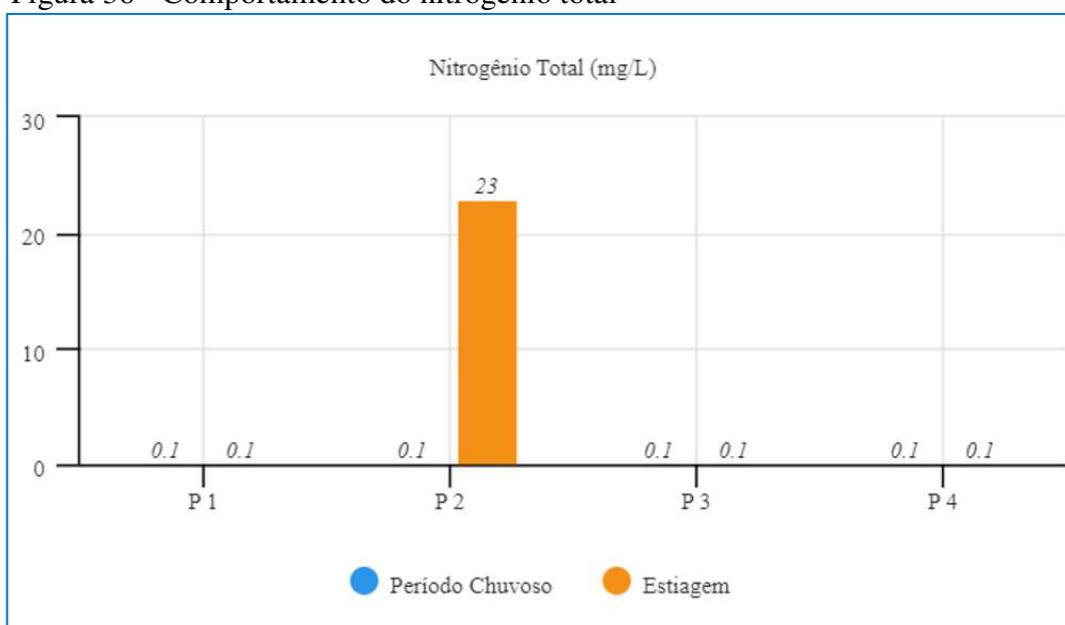
quantidade expressiva de matéria orgânica existente na água, pois o processo de decomposição desse componente natural aumenta a quantidade de nutrientes no ambiente causando desequilíbrio. Fator este que corrobora principalmente no aumento de nitrificação que é ainda mais propício em ambientes mais ácidos.

Ressalta-se que, a amônia quando em quantidade excessiva é considerada um elemento tóxico para os seres aquáticos, pois provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente. Outrossim, apesar de estar fora dos limites permitidos no ponto supracitado, a amônia quando encontra-se em valor elevado, em contato com pH e temperatura de baixos níveis não apresentam riscos aos organismos desse ecossistema.

#### 4.3.3 Nitrogênio Total, STD, Metais Pesados, Turbidez

O nitrogênio total é geralmente utilizado como uma das variáveis cruciais para determinar a qualidade da água em ambientes lóticos. Considerando os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA para Classes de água 2, no que tange a concentração de nitrogênio total, nota-se que na primeira coleta os quatro pontos de coleta mantiveram-se com média de 0,10 mg/L (Figura 36) obedecendo aos padrões de máxima permitida a 2,18 mg/L para ambientes lóticos.

Figura 36 - Comportamento do nitrogênio total



Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

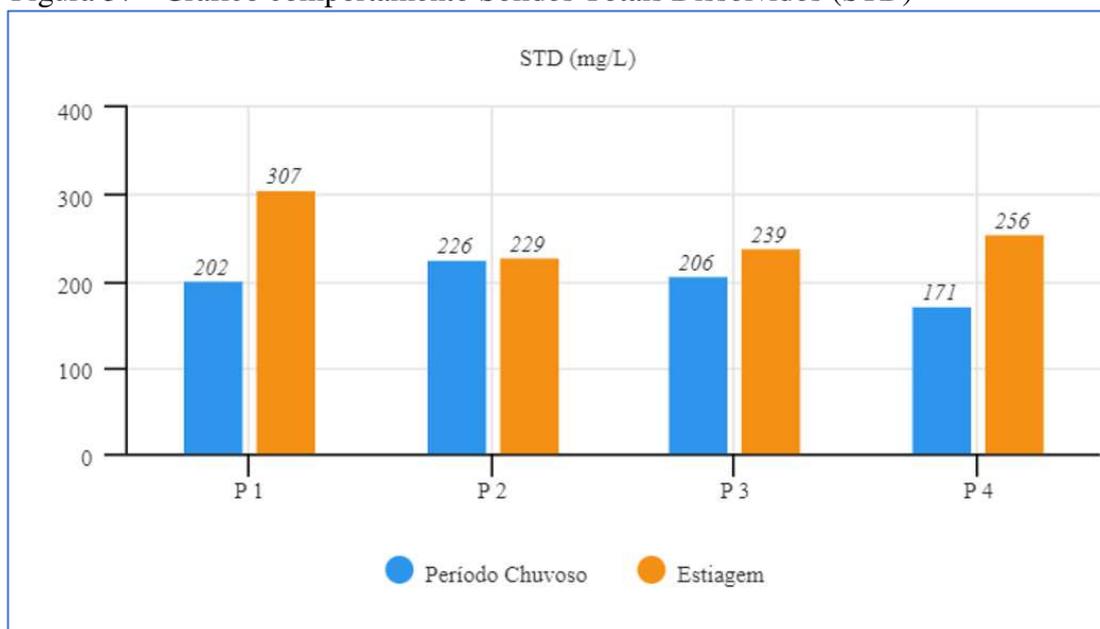
Na área de pesquisa, o percentual de nitrogênio acima mencionado é resultado do escoamento superficial ocasionado pelo período chuvoso que conseqüentemente corroborou para tal concentração desse nutriente. O nitrogênio total é a dissolução do nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico, que quando disponíveis na água a alteração desse parâmetro pode ser derivada da matéria filtrada no solo e no rio atingido por efluentes domésticos, excrementos de animais ou drenagem de atividades agrícolas.

Por outro lado, no período seco especificamente o P2 obteve grande quantitativo desse elemento, representado por 23 mg/L não correspondendo ao valor limite de 2,18 mg/L para ambientes lóticos. A sede do município de Morros (P2), é o local com maior concentração de fluxo de visitantes promovida pelas práticas turísticas e pela população residente, cujo faz uso da água do rio para desenvolvimento das atividades domésticas, que por sua vez, possui composições de detergentes, dentre outras substâncias que são fatores determinantes para causar desconformidade nesse parâmetro.

Em outros rios do Maranhão, a citar o estudo fomentado por Sousa (2021), na sub-bacia do Riacho Cacao no município de Imperatriz, o aumento do nitrogênio ( $\geq 7$  mg/L) nas águas naturais é atribuído principalmente a descargas de efluentes sanitários, pois, eles compreendem detergentes superfosfatados que constituem a principal fonte de proteínas responsáveis pela propagação de nutrientes na água.

Os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) são classificados como todo resíduo ou matéria em suspensão na água, cujo é um indicador da qualidade hídrica e das condições de saneamento na área de estudo. Para tanto, as análises de STD denotaram variação de 171 mg/L (P04) a 307 mg/L (P1) estando em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005 que preconiza o valor máximo de 500 mg/L para água de Classes 2 (Figura 37).

Figura 37 - Gráfico comportamento Sólidos Totais Dissolvidos (STD)



Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

Para tanto, as amostragens pertencentes a segunda coleta demonstram-se de forma mais elevada em comparação ao quantitativo de STD identificado no mês de março, apontando o P1 (307) e P4 (256) com cargas mais notórias. No P1 essa representatividade é oriunda da presença de compostos orgânicos passíveis de decomposição, já nos outros pontos entende-se que o volume de sólidos têm predomínio de substâncias de origem biológica e inorgânica tendo em vista as condições atuais do território drenado.

Embora os resultados dos STD tenham apresentado satisfatório, os valores obtidos são de notória atenção, pois possui valor médio de 206, 2 mg/L o que já demonstra o aumento gradativo desse parâmetro. Desse modo, na sub-bacia do rio Una evidencia-se que a falta de saneamento básico na localidade e a erosão marginal detectada em especial nos pontos P2, P3 e P4 da área ocasionada pela retirada da mata ciliar podem agravar essa condição.

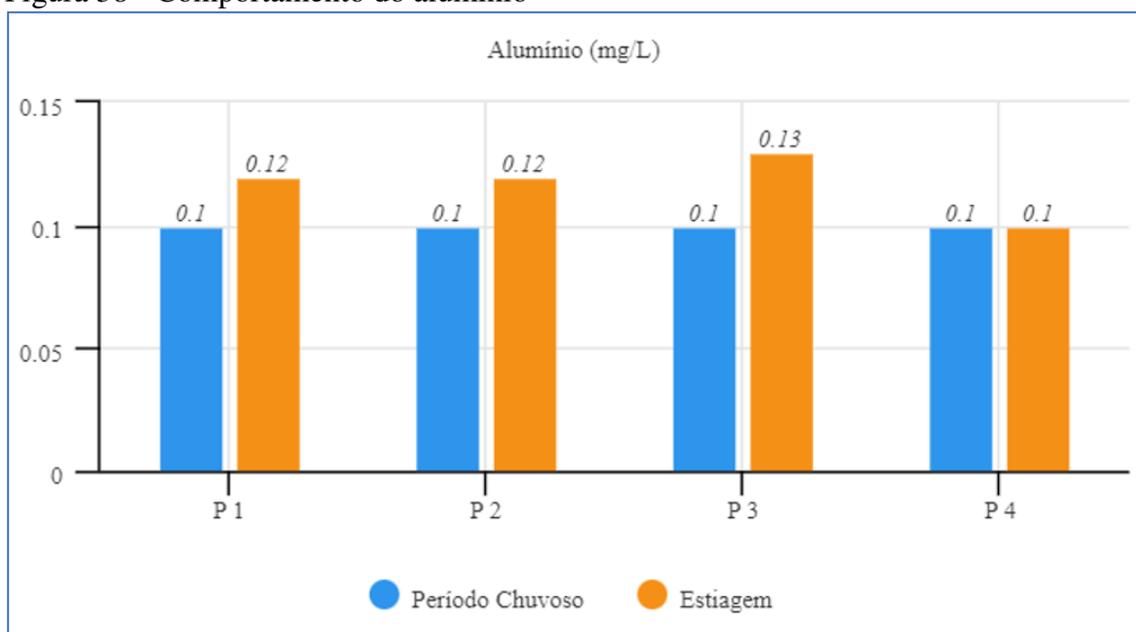
Os metais pesados são conhecidos como micropoluentes químicos orgânicos solúveis na água que quando identificados em alta proporção são considerados nocivos a saúde humana. Para a presente pesquisa, foram adotados os metais de Ferro (Fe) e Alumínio (Al) para verificar as possíveis adversidades ocorridas nesse ambiente ocasionadas pelas pressões antropogênicas.

O Ferro apontou valor médio de 0,1 mg/L (Figura 29) em todos os pontos de coleta para as diferentes características de estações, estando no limite aceito pela Lei atual. O composto do ferro em águas superficiais é proveniente da formação geológica existente na localidade que é constituída pela cobertura sedimentar com predominância de Formação

Barreiras, cujo contém o metal pesado do Ferro (Fe) em sua estrutura. Para tanto, os teores encontrados para esse mineral não simbolizam perigo ao ecossistema.

O alumínio é um elemento natural existente na água superficial, mais pode ter a sua quantidade acrescida devido a fatores artificiais. Em relação aos resultados alcançados para o Alumínio na presente pesquisa como apresentado na (Figura 38), revela-se valores de 0,1 mg/L para todos os pontos de amostragem na época com maior incidência chuvosa e variação de 0,1 a 0,13 mg/L nos períodos mais secos.

Figura 38 - Comportamento do alumínio



Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

A partir da mudança de valores ocorridos entre os períodos analisados, observa-se que os valores de concentração do alumínio apontam percentual mais acentuado na segunda coleta, onde há baixo volume das águas do rio devido ao menor índice pluviométrico na região. Pode-se também verificar que o valor do alumínio na água atingiu o quantitativo de 0,12 mg/l (P1, P2) e 0,13 (P3), excedendo o máximo admissível de 0,1 mg/l pela Resolução CONAMA N° 357/2005 para águas superficiais de Classe 2.

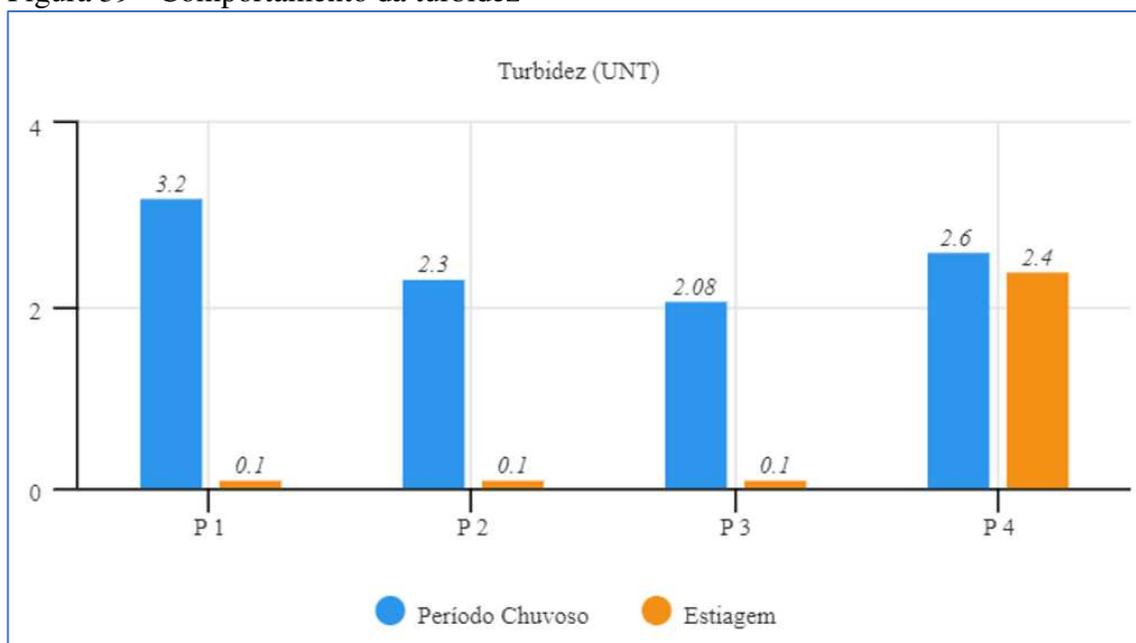
O percentual desse componente detectado na água superficial do rio Una é resultante das características do relevo da área de estudo, que compreende ao período pré-cambriano constituída de escudos cristalinos. Em razão disso, é encontrado quantidade significativa desse recurso mineral na região supracitada, que por sua vez deve ser alertado quanto as respectivas finalidades da água conduzidas pela sociedade.

A turbidez da água está atrelada a quantidade de material em suspensão disponível no corpo hídrico, a qual deve ser analisada juntamente com outros parâmetros para melhor entendimento. Como frisa Von Sperling (2005) as principais fontes geradoras de turbidez são as argilas, areias, matéria orgânica, material mineral, detritos e plânctons.

Segundo Brasil (2006) a água com turbidez elevada e dependendo de sua natureza, forma flocos pesados que decantam mais rapidamente do que água com baixa turbidez. Também tem suas desvantagens como no caso da desinfecção que pode ser dificultada pela proteção que pode dar aos microorganismos no contato direto com os desinfetantes. É um indicador sanitário e padrão de aceitação.

Portanto, o resultado expresso na (Figura 39) a seguir compreende o comportamento da turbidez, demonstrando primeiramente a variação alusivo ao mês de março com média de 2,5 UNT (Unidades Nefelométricas), apresentando o P1 (3,2 UNT) e P3 (2,6 UNT) com maior teor de turbidez na água. Todavia, esses pontos correspondem a áreas que possuem grande índice de preservação da vegetação primária as margens do rio, o que indica esse acréscimo ser originário da presença de matéria orgânica. Assim, todos os pontos apresentam-se dentro dos limites aceitos pela Lei vigente.

Figura 39 - Comportamento da turbidez



Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

Ressalta-se, que a atuação do elemento aqui mencionado no ambiente manifesta-se em menor proporção no mês de outubro, alterando de 0,1 UNT (P1, P2, P3) a 2,4 UNT (P4). No P4 o valor estimado está atrelado aos aspectos físicos do ponto de coleta identificado

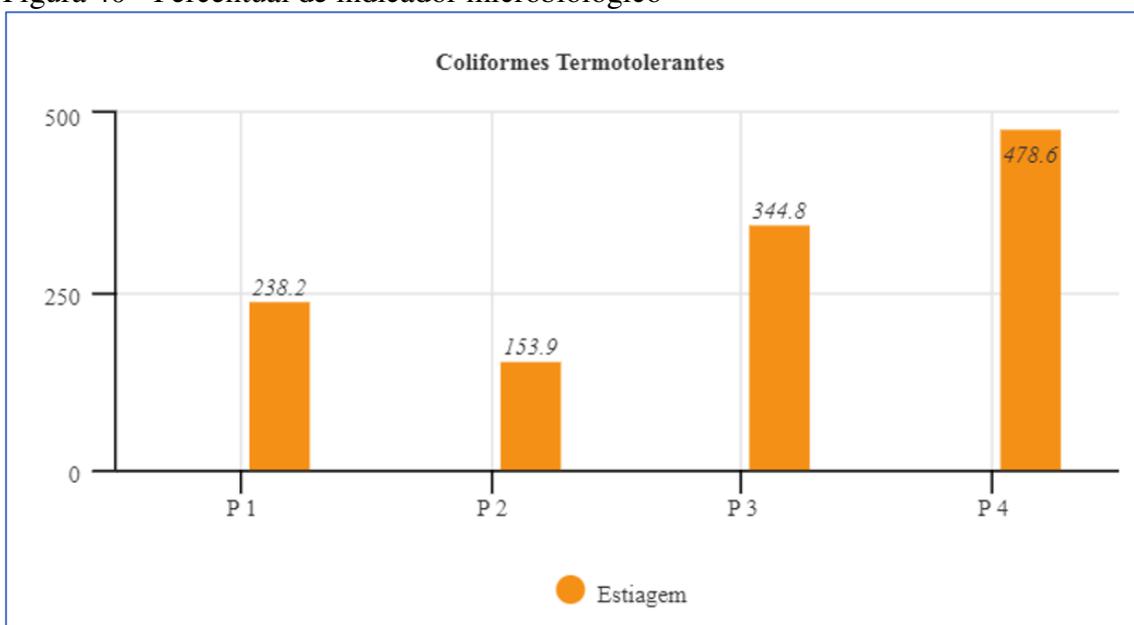
em campo, nota-se a ocorrência da supressão da atividade de pesca e extrativismo vegetal que consequentemente lançam excrementos animal e detritos orgânicos no rio tornando a água com cor mais escura.

#### 4.3.4 Coliformes Termotolerantes

Na qualidade da água o indicador microbiológico é usado como substância determinante para a constatação de contaminação dos corpos hídricos, pois revela indícios de poluição oriunda de elemento fecal, o qual é geralmente produzido por microrganismos que compõe a flora intestinal humana e/ou animal, responsável por desencadear enfermidades para os usuários desse sistema.

Como forma de complementar os resultados da pesquisa, foi incorporado na coleta do período de estiagem a análise do presente parâmetro para indicar as condições higiênico-sanitárias da localidade. Outrossim, constataram concentrações de coliformes termotolerantes com variação de 153,9 NMP (P2) a 478,6 NMP (P4) (Figura 40), estabelecendo-se dentro do valor máximo permissível da atual legislação, que estipula quantidade  $\leq 2500$  por 100 ml. Salienta-se que, os percentuais mais elevados foram identificados no P3 e P4 que correspondem a áreas com maior intervenção antrópica, considerando também a sua localização próximo ao ponto de exultório, onde recebe todo o escoamento superficial acarretado no interior desse curso d'água.

Figura 40 - Percentual de indicador microbiológico



Fonte: Registro da pesquisa (2022).

Os microrganismos indicadores são usados para sugerir a ocorrência de contaminação oral-fecal, verificar a eficiência dos processos de tratamento da água, esgoto e possível deterioração ou pós-contaminação da água no sistema de distribuição. Tradicionalmente os indicadores são usados por limitações de ordem prática, técnica e econômica, uma vez que se torna impossível examinar todos os potenciais organismos patogênicos presentes na água (SOUZA; DANIEL, 2008, p. 269).

Em comparação com a avaliação da qualidade da água de outros rios do estado voltados para a análise desse parâmetro, apresenta o estudo desenvolvido por Bastos (2016) em diferentes rios de 11 municípios da Baixada Maranhense, menciona que a contagem de microrganismos atingiu o máximo de 2416,9 NMP nas cidades de Matinha e Conceição Lago Açu, aproximando-se da quantidade limite exigida por Lei, alegando alto comprometimento das águas superficiais da região.

Dessa forma, nota-se que a sub-bacia do rio Una ainda dispõe de valores aceitáveis de coliformes, sendo indicativo de boas condições desse ambiente aquático. Porém, alerta-se quanto aos pontos assinalados com índices mais altos (P3, P4) para ocorrer os devidos cuidados de saneamento, pois são procedentes de maior carga de poluente.

#### **4.4 Índice de Estado Trófico**

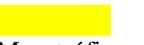
O nível de trofia ou índice de estado trófico do manancial foi calculado por ponto segundo o modelo selecionado para esta pesquisa, conforme evidencia-se na (Tabela 4). De acordo com os resultados obtidos, os pontos de estudo classificam-se no estado Ultraligotrófico, ou seja, corpos de água limpos com baixa concentrações de nutrientes, sem causar comprometimento aos seus respectivos usos, a propiciar aflorações de algas ou mortandade de peixes.

O modelo de Lamparelli (2004) retrata a atual situação da bacia, encontrando-se o nível ultraoligotrófico para todos os pontos de amostragem. A classificação do IET foi realizada por meio dos resultados do parâmetro do fósforo (PT), adquiridos das amostras coletadas que conseqüentemente geraram-se médias aritméticas para posterior aplicação na fórmula do IET, como é proposto pela autora acima mencionada para medir o potencial de eutrofização.

Tabela 6 - Classificação de trofia dos pontos de amostragem segundo Lamparelli (2004)

Pontos	Lamparelli (2004)	Valores de IET por ponto no período chuvoso	Valores de IET por ponto no período de estiagem
P1	Ótima $\leq 47$	37,918	37,936
P2	Ótima $\leq 47$	37,918	37,918
P3	Ótima $\leq 47$	37,918	39,804
P4	Ótima $\leq 47$	37,918	39,806

		
Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico

Fonte: Registro da pesquisa (2022).

A determinação do IET, através dos resultados correspondentes ao fósforo, devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, pois este nutriente atua como o agente causador do processo, por contribuir no afloramento de cianobactérias que causam danos ao corpo hídrico. Ressalta-se, que os resultados encontrados a partir da aplicação do IET não mensuram diretamente a eutrofização, apenas indicam o potencial e a condição de trofia do meio, classificando-o em diferentes classes (ANA, 2013).

No entanto, verificando-se a situação dos pontos de amostragem em duas estações do ano sendo estabelecidos no período chuvoso e seco, correlacionados ao comportamento dos demais parâmetros, destaca-se o P3 e P4 como estado de alerta para possíveis implicações futuras. Pois, dentre os quatro pontos de estudo foram os que apresentaram maior vulnerabilidade a mudança de classe no IET, por revelar acréscimo na variação do fósforo no mês de outubro.

Quanto aos pontos acima mencionados localizados no médio e baixo curso da bacia, as consequências ocorrem devido ao processo de urbanização na sede da cidade de Morros e povoados adjacentes, pois recebem e concentram de detritos de toda a população. Além, de ser áreas com maior visitação por parte dos moradores locais e turistas devido as condições de acessibilidade.

A partir de tais observações, aponta-se que se não forem tomadas medidas de gestão a classificação dos referidos pontos ao longo do tempo apresentará característica Mesotrófica, ou seja, com produtividade intermediária e possíveis implicações sobre a qualidade da água. Salienta-se, que diante da condição atual da bacia frente ao processo de ocupação no entorno da mesma, o rio começa a passar por alteração das suas características naturais.

#### **4.5 Cenários para Mitigação de Danos Socioambientais**

Os resultados obtidos na presente pesquisa, contribuíram para compreender a realidade da sub-bacia do rio Una, cujo fomentam em estratégias a curto, médio e longo prazo, levando em consideração os aspectos sociais, ambientais, econômicos, e possíveis impactos que as atividades produtivas podem causar ao meio. Desse modo, aponta-se diretrizes para a mitigação de políticas públicas com o intuito de corrigir ou prevenir danos identificados no território.

No entanto, torna-se notório na área de estudo, a inexistência de ações objetivadas ao ordenamento territorial, incluindo pedências na fiscalização em áreas de preservação, no monitoramento dos recursos hídricos superficiais e ausência de marcos legais municipais que promova a integridade do ambiente natural e a subsistência da sociedade.

Para o desenvolvimento da avaliação do diagnóstico descritivo, contemplaram-se os corpos d'água superficiais, qualidade da água, uso e ocupação do solo, atividades turísticas, emprego e renda, localização geográfica e biodiversidade. Esses elementos subsidiaram a proposição dos cenários territoriais a serem trabalhados no quadro 07.

A partir da correlação dos atributos que compõem a paisagem, foram obtidas bases confrontais que resultam em pesos, cujo classificam os impactos segundo a somatória dos elementos de: historicidade, mediação, prazo e complexidade para resolução. Com base nessa classificação, é possível qualificar e quantificar os efeitos sobre os ecossistemas, as quais produzem orientações acertivas diante as políticas públicas para resolução das adversidades encontradas.

Quadro 7 - Sobreposições e suas complexidades para resolução/mitigação no município de Morros, Ma

Bases Confrontais	Cenário Territorial	Cenário de Resolução de Problema	Hist.	Mediação	Prazo	Complexidade de Resolução	Nível de Complexidade
<b>Ordenamento Territorial</b>	Ausência de fiscalização/aplicação de leis	Capacitação de agentes públicos para as atividades de ordenamento e controle do uso do território	3	1	1	5	Média
	Carência dos mecanismos públicos de avaliação e controle dos usos do território	Dotar o municípios de marcos legais e de estrutura administrativa para tornar funcional o processo de ordenamento contínuo do território	1	3	2	6	Média
	Falta de procedimentos de controle de uso	Revisão das bases legais existentes no município para tornar mais ágil o controle dos usos do território	1	1	1	3	Baixa
<b>Geração de Emprego e Renda</b>	Ausência de suporte para pequenos e	Tornar funcional programas públicos para	2	1	1	4	Baixa

	microempreendedores	investir em mão de obra local					
	Redução de incentivo a capacitação de jovens e adultos	Integrar e fomentar pesquisas científicas nas instituições de ensino público, na perspectiva de realizar projetos que possam subsidiar as práticas artesanais, turísticas e agroecológicas.	1	1	1	3	Baixa
	Expansão de atividades antropogênicas como turismo sem planejamento de gestão (não sustentável)	Fomentar planos, programas e projetos regionais adequados para o desenvolvimento socioeconômico da região e aproveitamento do potencial turístico, respeitando as fragilidades ambientais e as políticas de	3	2	3	8	Alta

		sustentabilidade.					
<b>Qualidade de Vida</b>	Condições de trabalho formalizado	Criar programas que fomentem e fiscalizem melhores condições de trabalho , executar atividades relativas à verificação do cumprimento legal do trabalho formal.	2	3	1	6	Média
	Ausência de saneamento básico	Elaborar e executar plano de tratamento de resíduo sólido e ete (estação de tratamento de esgotos).	1	2	3	6	Média
	Possui pouca infraestrutura urbana (sistema de transporte e serviços urbanos)	Promover a recuperação e construção de vias urbanas, facilitando a acessibilidade de transportes, além de manter a integridade da cidade.	1	1	2	4	Baixa

<b>Usufruto do Espaço para o Lazer</b>	Pressão sobre os recursos naturais	Aferir constantemente a qualidade da água nos cursos hídricos que compõem a bacia do rio Una.	1	1	1	3	Baixa
	Ocupações indevidas em áreas de preservação ambiental	Reavaliação sobre os termos de uso contido no plano diretor da cidade.	1	1	1	3	Baixa
	Visitação desordenada no espaço	Elaboração de Plano de Manejo, para conciliar o desenvolvimento da atividade turística com a conservação do ambiente.	2	2	3	7	Alta

Fonte: Registro da pesquisa (2022).

A somatória do número de sobreposições listados na tabela acima, mostram como resultado no gráfico (Figura 41), os cenários com maior quantidade de questões e alto nível de complexidade para resolução. Todavia, os que apresentam menores valores assinalam cenários com baixo e/ou médio nível de complexidade, vale frisar, que independente do grau de dificuldade de solução, todas as bases destacadas devem ser reconhecidas como instrumento importante para a perspectiva do território.

Com base nos dados analisados, por meio da soma dos itens elencados na tabela, observa-se que na área de estudo a maioria das sobreposições são caracterização como de baixa e média complexidade, apresentando somente dois cenários com maior quantitativo para resolução das problemáticas sendo, elas: visitação desordenada no espaço; e expansão de atividades antropogênicas como o turismo, sem planejamento de gestão (não sustentável) .

Figura 41 - Nível de complexidade para resolução dos cenários territoriais



Fonte: Registro da pesquisa (2022).

Desse modo, é crucial a integração entre instituições do âmbito estadual, municipal, privado ou até mesmo de ordem federal, para fomentar ações designadas ao controle e monitoramento do território, sendo estas, fundamentadas na avaliação da atual conjuntura da localidade, estabelecendo a participação do poder público e da sociedade.

Assim, relata-se especificamente sobre as bases confrontadas a partir de uma abordagem ambiental com o propósito de desenvolver a conservação dos ambientes naturais.

#### 4.5.1 Ordenamento Territorial

O crescimento populacional na área de estudo desencadeou o avanço do setor urbano em sentido a áreas naturais, impulsionadas principalmente por construções para atender a demanda turística na região, que por sua vez, ocasionam a supressão da camada vegetal e futuramente o comprometimento da qualidade e disponibilidade hídrica. Contudo, quanto ao quadro de ordenamento territorial da sub-bacia do rio Una, destaca-se a ausência de fiscalização/aplicação de leis; carência dos mecanismos públicos de avaliação e controle dos usos do território; e falta de procedimentos de controle de uso. Sendo todas estas, problemáticas presentes em praticamente toda a extensão territorial.

Inicialmente como proposta mitigadora de resolução ambiental a curto prazo (2 anos) para esses fins, consiste-se por parte do Poder Público de cunho municipal, a revisão das bases legais a nível federal, estadual e local, como instrumento para tornar mais ágil o controle dos usos do território. Assim como, a capacitação de agentes públicos para fiscalizar as atividades de ordenamento e controle do uso, pautado nas diretrizes contidas do Plano Diretor da cidade e Código Florestal. Esse último corresponde a uma problemática resolutive a pouco prazo (2- anos), porém com complexidade intermediária, pois, depende da parceria de entidades governamentais e municipais.

Ademais, os órgãos de poder municipal devem dotar-se de marcos legais e sobretudo de estrutura administrativa para tornar funcional a aplicabilidade do processo de ordenamento contínuo do território. No entanto, considera-se que o parcial grau de reversibilidade desse problema consiste-se em medidas a médio prazo (acima de 4 anos), com difícil mediação em razão de procedimentos burocráticos de ordem legislativa.

#### 4.5.2 Geração de Emprego e Renda

A escassez de emprego que gere renda assalariada ou que ofereça estabilidade financeira, perspectiva de carreira e todos os direitos assegurados legalmente para a população, é algo de grande notoriedade no município de pesquisa, que por sua vez, é atribuída a ausência de suporte por parte de entidades gestoras da cidade, direcionadas aos pequenos e microempreendedores. Seguido da redução de incentivo a capacitação de jovens e

adultos e conseqüentemente da expansão de atividades antropogênicas como turismo sem planejamento de gestão (não sustentável).

A criação de insumos para a produção de trabalho e renda compete na adoção de medidas que visem o surgimento de novas unidades produtivas ou a expansão das já existentes, de forma a estimular ou permitir negócios autônomos conduzidos ao mercado de maneira associada ou individualmente. Como base nesses aspectos, propõem-se como recomendação mitigadora a curto período de aplicação (2 anos), tornar funcional programas públicos para investir em mão de obra local; integrar e fomentar pesquisas científicas nas instituições de ensino público, na perspectiva de realizar projetos que possam subsidiar as práticas artesanais, turísticas e agroecológicas da região.

Outra implementação significativa para a resolução dessa adversidade, é fomentar planos, programas e projetos regionais adequados para o desenvolvimento socioeconômico da localidade com aproveitamento do potencial turístico, respeitando as fragilidades ambientais e as políticas de sustentabilidade. Entretanto, essa prática é reconhecida como de alta complexidade (nível 8) e longo intervalo de tempo para deliberação (acima de 10 anos), uma vez que depende da colaboração de órgãos gestores das três esferas de poder público para sua execução.

#### 4.5.3 Qualidade de Vida

A qualidade de vida compreende condições básicas para a manutenção do bem-estar humano na sociedade, taxada em índices: sociais, econômicos, ambiental, estrutural, sanitário, lazer, dentre outros, que afetam diretamente a vida das pessoas. Para tanto, as condições identificadas em Morros que reduzem o nível desse índice são gerados, especialmente, pela falta de condições de trabalho formalizado; ausência de saneamento básico; pouca infraestrutura urbana, incluindo o sistema de transporte e serviços urbanos.

Como ponto de partida para discutir sobre políticas públicas voltadas a qualidade de vida do cidadão, sugere-se como medida simplificadora classificada de baixa complexidade e com perspectiva de desenvolvimento em 2 anos: promover a recuperação e construção de vias urbanas, facilitando a acessibilidade de transportes, e mantendo a integridade da cidade.

Preconiza-se também, a criação de programas que fomentem e fiscalizem melhores condições de trabalho, executando atividades relativas à verificação do cumprimento legal do trabalho formal. O monitoramento é crucial para por em prática os

direitos sociais do indivíduo a partir da aplicação de leis que regem os benefícios trabalhistas previstos na legislação brasileira.

Ressalta-se, que compete aos órgãos municipais a necessidade de elaborar e executar plano de tratamento de resíduo sólido e estação de tratamento de esgotos (ETE) com vista a melhorar ao saneamento básico local e conseqüentemente a qualidade de vida da população. A estruturação desses serviços são ponderados como de média complexidade e longo prazo de resolução, em virtude da morosidade do processo de elaboração e regularização do projeto por parte da entidade competente.

#### 4.5.4 Usufruto do Espaço para o Lazer

Nos últimos 10 anos a área de pesquisa vem recebendo acentuada procura por atividades voltadas ao lazer, atraída principalmente pela exuberância dos recursos naturais existentes na sub-bacia do rio Una. Esse acontecimento provocou mudanças na paisagem, refletindo também de forma significativa na dinâmica estrutural socioeconômica da cidade. Entretanto, foram identificadas fragilidades correspondentes a pressão sobre os recursos naturais; ocupações indevidas em áreas de preservação ambiental e visitação desordenada no espaço.

Aponta-se, a necessidade para adoção de programas de ação municipal voltados para aferir constantemente a qualidade da água dos cursos hídricos que compõem a bacia do rio Una, sendo este por meio da verificação dos parâmetros físico, químico e biológico em intervalo de tempo de 1 ano. É imprescindível a participação do Comitê de Bacias Hidrográficas do rio Munim, a qual faz parte a sub-bacia em estudo para a efetiva funcionalidade dos regulamentos. Esse instrumento de gestão pode ser desenvolvido brevemente por entidade municipal e/ou a partir da parceria com órgão governamental.

Para tanto, diante do descaso que assola a localidade em relação a apropriação de áreas indevidas, torna-se crucial a reavaliação dos termos de uso contido no Plano diretor da cidade, previsto na Lei complementar Nº. 019/2018. A partir disso, a população conjuntamente com o poder público municipal pode fazer a interpretação do atual cenário da mesma, com o propósito de reformular o município levando em consideração os aspectos físico, ambiental e social.

Outro ponto a ser mencionado como relevante ferramenta de gestão é a elaboração do Plano de Manejo, cujo, visa conciliar o desenvolvimento da atividade turística com a conservação do ambiente. Para a criação desse regulamento, deve ser embasado a

interpretação da interação dos elementos que constituem a paisagem, considerando os processos naturais e as interferências antrópicas que atuam no ambiente. Com base na descrição da ação mitigadora acima mencionada, relata-se que a procedência de resolução é considerado de longo prazo (10 anos), todavia, apesar da elevada magnitude de complexidade da questão, a proposta é tida como parcialmente reversível caso haja a inclusão da gestão por parte das entidades competentes.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica é a unidade base para o desenvolvimento da gestão de recursos hídricos e gestão ambiental, pois permite analisar de forma integrada os elementos contidos em seu espaço e/ou fora dele. Nesse sentido, o presente trabalho permitiu o entendimento sobre a condição atual da sub-bacia do rio Una, a partir dos resultados alcançados nas análises físico-químicas e biológicas realizadas em quatro pontos de coletas ao longo da mesma, além da correlação entre os aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Partindo das análises realizadas nas classes de uso e cobertura da terra referente aos anos de 2000 e 2020, observa-se que no espaço temporal de 20 anos houve o avanço da malha urbana em sentido aos recursos naturais, principalmente as margens do rio originada pelo crescimento populacional do município de Morros e conseqüentemente pela construção de bares, hotéis, casas de veraneio e restaurantes para atender a demanda turística local.

Pode-se pontuar ainda, que o comportamento da formação florestal e corpos d'água (lagos e lagoas) possuíram uma dinâmica de regresso, motivo este justificado pelo avanço da formação campestre decorrente do desmatamento da vegetação nativa e/ou conversão da área florestal em outros usos. É de conhecimento, que as atividades que mais tem ganho notoriedade na região são: as construções de açudes para criação de peixes e a intensificação do extrativismo vegetal de plantas com grande valor comercial como o açaí e o buriti.

A supressão da camada vegetal afetou de forma considerável as áreas de recargas hídricas, promovendo o desaparecimento de alguns lagos e lagoas existentes na sub-bacia, os quais são expressamente visíveis na elaboração cartográfica concernente ao ano de 2000. A transformação na paisagem ocorre por meio dos agentes produtores do espaço urbano e sua forma de organização, que podem propocionar a modificação das características naturais do ambiente.

Considerando a avaliação dos indicadores de qualidade hídrica realizada nos dois períodos de coletas, em comparação com a Resolução CONAMA Nº. 357/2005 para Classes de água 2, destaca-se que estão em conformidade com a mesma estabelecendo valores dentro do padrão permitido. Contudo, os resultados obtidos no período de estiagem correspondem com mais clareza a realidade do ambiente de estudo.

Segundo a metodologia utilizada por Lamparelli (2004) para mensurar o Índice de Estado Trófico na sub-bacia, classificou-se os corpos d'água desse manancial como predominantemente ultraoligotrófico, sendo este considerado em estado de águas limpas,

com baixo nível de nutrientes, não apresentando comprometimento quanto aos usos realizados.

Dentre os pontos analisados, destaca-se com maior fragilidade os locais com acentuada influência antrópica, a citar o P2 (Sede do município) pelo elevado percentual de nitrogênio total, possivelmente ocasionado pela introdução de nutrientes provenientes de atividades domésticas e/ou de produtos utilizados por banhistas. Assim sendo, o P3 (Quebra Anzol) é receptor de descargas oriundas de toda a população da cidade de Morros e povoados adjacentes, cujo contribuiu para um pequeno aumento do parâmetro do fósforo.

Por conseguinte, assinala-se o P4 (Una dos Moraes) localizado no exutório do rio, pois possui entre todos os pontos de amostragem, dados mais elevados nos parâmetros de fósforo e coliformes termotolerantes. Portanto, apesar do rio Una apresentar boa qualidade hídrica, deve-se ressaltar a importância da continuidade de estudos integrados na área de pesquisa, buscando a abordagem das inter-relações sociais e naturais, sobretudo, o acompanhamento da expansão urbana e das atividades produtivas sobre os recursos hídricos.

Os resultados apresentados subsidiaram a elaboração de cenários prospectivos a curto, médio e longo prazo, promovendo a aplicabilidade de políticas públicas com vista a monitorar e evitar o comprometimento do meio natural. Para tal, deve-se considerar os aspectos de ordenamento territorial, geração de emprego e renda, qualidade de vida e usufruto do espaço ao lazer, para que os programas tenham melhor efeito de resolução.

Em relação aos recursos hídricos, estima-se o comprometimento do Comitê de Bacias Hidrográficas do rio Munim quanto a sua funcionalidade concomitante aos órgãos públicos municipais para gerenciar as águas superficiais da região, com a determinação de preservar a qualidade e disponibilidade desse elemento, além de assegurar a manutenção da vida dos seres vivos nesse ecossistema.

Essas medidas devem acontecer por meio da parceria entre instituições do âmbito estadual, municipal ou privado, redirecionadas a ações de controle e monitoramento dos recursos naturais, a partir do reconhecimento da realidade local. Além de estabelecer um planejamento integrado envolvendo sociedade civil e instâncias de cunho municipais com o desígnio de melhorar o desenvolvimento socioeconômico da cidade conjuntamente com conservação dos ambientes que constituem a paisagem. Em síntese, conclui-se que a abordagem teórica-metodológica aplicada na pesquisa permitiu atender aos objetivos expostos, mensurar o Índice de Estado Trófico e estabelecer cenários para mitigação de danos socioambientais na sub-bacia.

## REFERÊNCIAS

- AB’SÁBER, A. N. **Os domínios da natureza no Brasil**. Potencialidades paisagísticas, São Paulo, Ateliê Editora, 2003, 159 p.
- AFONSO, A. S. ; BARBOSA, F. P. **A Bacia Ambiental como uma Nova Matriz Urbanística de Planejamento**. In: Urbenviron Proceedings, Brasília, DF, Brasil, Universidade Católica de Brasília, 2005.
- ALVES, R.I. S.; TONANI, K. A. A.; NIKAIDO, M.; CARDOSO, O.O.; TREVILATO, T. M. B; SEGURA-MUÑOZ, S. I. **Avaliação das concentrações de metais pesados em águas superficiais e sedimentos do Córrego Monte Alegre e afluentes, Ribeirão Preto, SP, Brasil**. *Ambi-água*, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 122-132, 2010.
- ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019**: informe anual / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2019. 100 p. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>>. Acesso em: 24 de jul. 2021.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018**: informe anual / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2018, 77 p. Disponível em: <<https://arquivos.ana.gov.br/portal/publicacao/Conjuntura2018.pdf>>. Acesso em: 27 de jul. 2021.
- ANA. **O Progestão no Maranhão: síntese do primeiro ciclo do programa (2014 – 2017)**. Setembro, 2018, 14 f. Disponível em: <[https://progestao.ana.gov.br/mapa/ma/progestao-1/progestao\\_ma\\_2015.pdf](https://progestao.ana.gov.br/mapa/ma/progestao-1/progestao_ma_2015.pdf)>. Acesso em: 06 de mar. 2022.
- ANA. **Indicadores de qualidade – índice do estado trófico (iet)**. Disponível em <<portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx.aspx>>. Acesso em: 02 de jan. 2020.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: < <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos>>. Acesso em: 03 de mar. 2022.
- ANA. **Bases Legais - Portal da Qualidade das Águas**. Disponível em: <[www.portalpnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-legais.aspx](http://www.portalpnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-legais.aspx)>. Acesso em: 03 de jan. 2020.
- ANA. **Unidade 2 bases conceituais para monitoramento de águas**. 2013. Disponível em: <[https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/76/4/Unidade\\_2.pdf](https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/76/4/Unidade_2.pdf)>. Acesso em: 04 de mai. 2020.
- ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020**: relatório pleno / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2020. Disponível em: <<https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/apresentacao>>. Acesso em: 3 de mar. 2022.

ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil, 2020: informe anual / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília: ANA, 2020. 118p.

ANTUNES, R. L. dos. S. **Análise Integrada da Paisagem com a aplicação do Sensoriamento Remoto na Bacia Hidrográfica do Rio Botucaraí**. Tese de Doutorado em Geografia Física – Universidade de São Paulo. Rio Grande do Sul, 2017. 2001 f.

ARAÚJO, E. P. de; VENTURIERI, A.; GAMA, J. R. N. F.; AZEVEDO, M.; SOUZA, V. G.; Et. al. Pedologia. **In: Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão (ZEE) - Etapa Bioma Amazônico**. Org. Paulo Henrique de Aragão Catunda; Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias. São Luís: IMESC, 2019.

BASTOS, R.B.; FEITOSA, F.A.N. 2007. **Variabilidade espaço-temporal da biomassa fitoplanctônica e hidrologia no estuário do rio Una (PernambucoBrasil)**. Tropical Oceanography, 33 (1): 1-18.

BASTOS, L. S. **Indicadores de qualidade da água para consumo humano em Municípios da Baixada Maranhense**. [Water quality indicators for human consumption in municipalities of Baixada Maranhense]. 2016. 85 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/elnac/Downloads/Luciana%20da%20Silva%20Bastos.pdf >. Acesso em: 08 de fev. 2022.

BEM, C.C.; AZEVEDO, J. C. R.; BRAGA, M. C. B. Aplicação e Análise dos Índices de Estado Trófico - IET: estudo de caso do lago Barigui. **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. 2009. Disponível em: <[https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/14687043043ed17ab1e3a2a48fe4ca29\\_57ff2f87e4c8c90878695f406d2249ba.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/14687043043ed17ab1e3a2a48fe4ca29_57ff2f87e4c8c90878695f406d2249ba.pdf)>. Acesso em: 30 de mai. 2021.

BOLÓS, M. de; BOVET PLA, M. D. T.; GARCÍA, X. E.; VILA, R. Pena i; VILÁS, J. R. & INSA, Jordi Soler. **Manual de Ciencia del Paisaje. Teoría, métodos y aplicaciones**. Barcelona, España: Masson, S.A., 1992, 273 pag.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A.S.da. Bacia Hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A.C; GUERRA, A.J.T. (Org.). Reflexões sobre a Geografia física no Brasil. Rio de Janeiro. Ed. Bertrand 2004.

BOTELHO, R. G. M. Bacias Hidrográficas Urbanas. In: GUERRA, Antonio José Teixeira (Org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 2011. Cap. 3, p. 71 - 115.

BOZZINI, A. C. et al. **Análise da sustentabilidade hidroambiental dos municípios com sede totalmente contida na bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu, SP**. Holos Environment, v. 18, n. 1, p. 110-125, 2018.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, Sérgio. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRAGA, B. P. F; FLECHA, R.; PENA, D. S.; KELMAN, J. Pacto federativo e gestão de águas. **Rev. Estudos avançados**, v. 22, nº. 63, p. 26; 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a03.pdf>>. Acessado em: 16 de fev. 2021.

BRASIL. Código Florestal. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, Planalto. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acesso em: 24 de jun. 2021.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água. 2ª ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 146 p. Disponível em: <[https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_analise\\_agua\\_2ed.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_analise_agua_2ed.pdf)>. Acesso em: 11 de mai. 2021.

BRASIL. Congresso Nacional. Câmara dos Deputados. Centro de Estudos e Debates Estratégicos. **Instrumentos de gestão das águas** / Câmara dos Deputados, Consultoria Legislativa, Centro de Estudos e Debates Estratégicos. – Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2015. – (Série estudos estratégicos; n. 6).

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002; Decreto nº 5.746, de 5 de abril de 2006. Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas: Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006 / Ministério do Meio Ambiente. – Brasília: MMA/SBF, 2011.

CAMARGO, L. H. R. **A geografia da complexidade: o encontro transdisciplinar da relação sociedade e natureza**. Tese de Doutorado Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ, 2002. 207p.

CAMELO, S. M. **Modelagem da poluição difusa em sistemas de macrodrenagem de bacias urbanas**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) — Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.

CARVALHO, A. T. F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: Discussão sobre os impactos da produção social na Gestão de Recursos Hídricos no Brasil. **Rev. Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 42, v. 1, p. 140-161, jan-jun, 2020. ISSN: 2176-5774.

CARVALHO, A. T. F. Metodologia para avaliação de sustentabilidade hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRios). Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2018. 155f.

CETESB. “Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem”. In: Série Relatórios/CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo 2009. 2ª edição. Apêndice A. São Paulo/SP, Brasil. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2010.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos Legais**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/posgraduacao/wpcontent/uploads/sites/33/2018/07/Apostila->

Fundamentos-do-Controle-de-Polui%C3%A7%C3%A3o-das-%C3%81guas.pdf>. Acesso em: 11 de mai. 2021.

COSTA, A. P.; DIAS, L. J. B. A cobertura vegetal da região metropolitana da grande São Luís (RMGSL): Uma análise da classificação fitogeográfica adotada pelo IBGE. 2018.

CEMADEN. **Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Mapa Interativo.** 2021. Disponível em:  
< <http://www2.cemaden.gov.br/categoria/mapainterativo/>>. Acesso em: 06 de mai. 2022.

CETESB (São Paulo). 2009. **Relatório de Qualidade de Águas Interiores do Estado de São Paulo. Relatório de 2008.** São Paulo: Cetesb, 531 p. Disponível em:  
<<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>>. Acesso em: 27 abr. 2020.

CONAMA. **Resolução N° 357/2005 Ministério do Meio Ambiente Resolução.** Disponível em:<[www.mma.gov.br/port/conama/res05/res35705.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/res05/res35705.pdf)>. Acesso em: 07 de mai. de 2020.

CONAMA. **Índice e indicadores de qualidade da água: revisão da literatura.** 2013. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume1.pdf>>. Acesso em: 22 de mai. 2020.

CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. Selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. (Ed.). *Water quality assessments – a guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring.* 2. Ed. London: UNESCO/WHO/UNEP, 1996. P.74-133.

CHRISTOFOLETTI, A. **O canal fluvial.** In: *Geomorfologia Fluvial.* 1. ed. v. 1. São Paulo: Edgard Blücher, 1974. **Geomorfologia.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CUNHA, C.M.L. **Quantificação e mapeamento das perdas do solo por erosão com base na malha fundiária.** 1997. Dissertação (Mestrado em Geografia) IGCE, UNESP, Rio Claro, 1997.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (org.). *Avaliação e perícia ambiental.* Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

DERISIO, J. C. 1992. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), p 23-106.

DIAS, Luíz Jorge Bezerra. **O domínio climático atuante em São Luís.** São Luís, 2017.

9º Encontro Internacional das Águas. **Rios Urbanos Limpos: Possibilidades e desafios.** UNICAP, 2019. Disponível em: < <http://www.unicap.br/encontrodasaguas/> >. Acesso em: 03 de abr. 2022.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Maranhão.** Rio de Janeiro, 2011. Disponível em:  
<[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqarta66.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqarta66.html)> . Acesso em: 15 de mar. 2022.

- ERICKSON, R.J. **An evaluation of mathematical models for the effects of ph and temperature on ammonia toxicity to aquatic organisms.** Water Research, n. 19, p. 1047- 1058, 1985.
- ESTEVEES. F. de A. **Fundamentos de Limnologia**,3º Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro: Interciências, 2º Ed. p. 575,1998.
- FEITOSA, A. C.; TROVÃO, J. R. Atlas escolar do Maranhão: espaço geo-histórico cultural. João Pessoa: Grafset, 2006.
- FERREIRA, W. P. M., SILVA, M. A. V., & DE FÁTIMA SOUZA, C. (2018). Clima, recursos hídricos e produção agrícola: perspectivas, desafios e possibilidades para a gestão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 39(304), 65-79.
- FUNASA. **Manual de Controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS.** Disponível em: <[www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manualcont\\_quali\\_agua\\_tecnicos\\_trab\\_emetas.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf)>. Acesso em: 04 de jan. 2020.
- FUZINATTO, C. F. Avaliação da qualidade da água de rios localizados na ilha de Santa Catarina utilizando parâmetros toxicológicos e o índice de qualidade de água. Florianópolis: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 372p.
- HAYDÉE, T.O. Aplicação de índices de estado trófico e de qualidade da água na avaliação da qualidade ambiental de um reservatório artificial (Reservatório de Barra Bonita, estado de São Paulo, Brasil), 1997.
- HENKES, S. L. **Política Nacional de Recursos Hídricos e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.** Jus Navigandi, Teresina, ano 8, n. 64, 1º abr. 2003. Disponível em: . Acesso em: 27 mar. 2022.
- INPE. Dinâmica socioambiental da área da bacia do Rio Paciência, porção nordeste da Ilha do Maranhão/MA. Disponível em <[www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1514.pdf](http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1514.pdf)> Acesso em: 26 de abr. 2020.
- IMESC. **Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. Relatório Técnico de Classificação da Vegetação do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão (ZEE-MA) – Etapa Bioma Amazônico.** Ariadne Enes Rocha; Paulo Henrique de Aragão Catunda; Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias (coordenadores). São Luís: IMESC, 2020.
- IMESC. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconomicos e Cartográficos. **Situação Ambiental da Região do Baixo Munim- São Luís:** IMESC,2012.82 p.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.** Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/.../TeseLamparelli2004.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/.../TeseLamparelli2004.pdf)>. Acesso em: 05 de jan. 2020.

LEITE, E. F.; ROSA, R. **Estudos da geografia física em bacias hidrográficas sob a ótica da paisagem integrada.** Anais eletrônicos. XIII Simpósio brasileiro de geografia física aplicada. viçosa-MG, 2009. Disponível em: <[http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo4/07.pdf](http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo4/07.pdf)>. Acesso em: 26 de jul. 2020.

LIMA, E. C. **Planejamento ambiental como subsídio para gestão ambiental da bacia de drenagem do açude Paulo Sarasate Varjota-Ceará.** Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal Do Ceará – UFC. Fortaleza. 2012.

MARANHÃO. Lei Nº 8.149 de 15 de julho de 2004. Dispõe sobre a política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos hídricos, e dá outras providências. Maranhão, 2004. Disponível em: <[https://www.mpma.mp.br/arquivos/COCOM/arquivos/centros\\_de\\_apoio/cao\\_meio\\_ambiente/legislacao/legislacao\\_estadual/Noticia1230A976.pdf](https://www.mpma.mp.br/arquivos/COCOM/arquivos/centros_de_apoio/cao_meio_ambiente/legislacao/legislacao_estadual/Noticia1230A976.pdf)>. Acesso em: 06 de mar. 2022.

MAROTTA, H.; SANTOS, R. O.; ENRICH-PRAST, A. Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. **Rev. Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 67-79, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2008000100006>>. Acesso em: 10 de mai. 2021.

MARQUES, V. J. **Princípios básicos e aplicação da metodologia do zoneamento ecológicoeconômico do território nacional, em projetos executados pela CPRM para a SAE.** 2000, Belém, no prelo. Disponível em: <[https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15507/2/zoneam\\_vol1.pdf](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15507/2/zoneam_vol1.pdf)>. Acesso em: 07 de jul. 2022.

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. R. RAË GA, Curitiba, n. 8, p. 83-91, 2004. Editora UFPR. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3391>>. Acessado em: 03 de nov. 2020.

MENDONÇA, F. A. **Geografia física: Ciência humana?** São Paulo: Contexto, 1a ed., 1989.  
\_\_\_\_\_. **Geografia e meio ambiente.** São Paulo: Contexto, 1a ed., 2001.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Geossistemas: a história de uma procura.** São Paulo: Contexto, 2001. 128p.

NASCIMENTO, L. V. do; VON SPERLING, M. Os Padrões brasileiros de qualidade das águas e os critérios para proteção da vida aquática, saúde humana e animal. In : Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, AIDIS, 26, 1998, Lima. Anais...Lima: 1998, p.1-6. Disponível em: <<https://www.ft.unicamp.br/~mariaacm/ST405/Agua.pdf>>. Acesso em: 03 de mai. 2020.

NOGUEIRA, B. K. C. **Petrografia, geoquímica e geocronologia da Suíte Rosário, Fragmento Cratônico São Luís, MA.** Dissertação, Universidade Federal do Pará (UFPA), Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2015. Pará, 2015, 91 f. Disponível em: <file:///C:/Users/elnac/Downloads/Dissertacao\_PetrografiaGeoquimicaGeocronologia.pdf>. Acesso em: 29 de mar. 2022.

NUGEO. Universidade Estadual do Maranhão. Centro de Ciências Agrárias. Núcleo Geoambiental. Bacias hidrográficas e climatologia no Maranhão / Universidade Estadual do Maranhão. - São Luís, 2016. 165 p.

OLIVEIRA, R. S. A. **Variação Estacional e Anual da Precipitação e da Temperatura do ar na cidade de Barreirinhas/Ma.** Graduação no curso de Agronomia (UFMA), 2016, 41 f. Disponível em: <https://monografias.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/938/1/RaimundoSergioAlvesOliveira.pdf>. Acesso em: 27 de mar. 2022.

OMS. Organização Mundial da Saúde. Relatório Anual 2019. 2019. Disponível em: <<https://www.who.int/eportuguese/publications/pt/>>. Acesso em: 26 de jul. 2021.

PEREIRA, P. R. M. **As transformações históricas e a dinâmica atual da paisagem do município de Pedro do Rosário, Baixada Maranhense - MA.** 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2017.

PERL, D. P. & GOOD, P. F., 1988. **Aluminum, environmental and central nervous system disease.** Environmental Technology Letters, 9:901-906.

PINHEIRO, P. L. **Uso do solo e suas relações com a qualidade da Água em locais de implantação de parques Aquícolas no reservatório de furnas (MG).** UFSJ. São João del-Rei (2019). Dissertação de mestrado em Geografia. 80p. Disponível em: <<https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgeog/Patricia%20Ladeira.pdf>>. Acesso em: 25 de jul. 2021.

PIVELI, R. P. **Qualidade da Água: Apostila do Curso de Especialização em Engenharia em Saúde Pública e Ambiental.** Saúde Pública – USP, 1996. Disponível em: <[www.qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos - USP](http://www.qualidade.das.aguas.e.poluicao:aspectos.fisico-quimicos-USP)>. Acesso em: 16 de abri. 2021.

PORTO, M. F A. **Gestão de bacias hidrográficas. estudos avançados.** V. 22, n. 63. Disponível em: <43-60, são paulo 2008. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s0103-0142008000200004&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0103-0142008000200004&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 22 de abr. 2021.

REBOUÇAS, A. da C. **Águas doces no Brasil.** Ed. Escrituras. São Paulo, 2002.

REIS, J. A.T. dos; MENDONÇA, A. S. F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. **Rev. Engenharia Sanitaria e Ambiental**, ISSN 1413-4152 on-line version ISSN 1809-4457. vol.14 no.3 Rio de Janeiro July/Sept. 2009. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522009000300009](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522009000300009)>. Acesso em: 27 de abr. 2021.

- RIBEIRO, J. F & WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora v. 2.** Brasília: EMBRAPA-CERRADOS, 2008. 876 p.
- RICHTTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada.** São Paulo: Edgard Blucher, 2002.
- ROCHA, G. de A.; et al. **Recursos hídricos.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2011.
- ROCHA, M. C. da. **Saneamento e qualidade das águas na bacia hidrográfica do rio Paciência, Ilha do Maranhão.** São Luís, 2019, 91 f. Graduação Curso de Geografia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).
- ROCHA, A. E.; JÚNIOR, E. B. de A.; MUNIZ, F. H.; LOPES, J. R.; ARAÚJO, E. P.; et al. Flora do Bioma Amazônico no Estado do Maranhão. In: **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão (ZEE) - Etapa Bioma Amazônico.** Org. Paulo Henrique de Aragão Catunda; Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias. São Luís: IMESC, 2019.
- RODRIGUEZ, J. M. M. **Geotécnicas das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental.** 5º ed. / José Manuel Mateo Rodriguez; et. al. – Fortaleza: edições UFC, 2017. 222 p.; ISBN: 85-7282-148-1.
- RODRIGUES, T. L. N. et al. **(Org) Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: São Luís,** Folha SA-23-2-A, Cururupu Folha SA-23-X-C, escala 1: 250.000. CPRM; Brasília, 1994.
- SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo: Norma Técnica Interna SABESP NTS 013.1999. Disponível em: <[www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts013.pdf](http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts013.pdf)>. Acesso em: 23 de mar. 2021.
- SABOURIN, E. Desenvolvimento rural e abordagem territorial: conceitos, estratégias e atores. In: SABOURIN, Eric; TEIXEIRA, Olívio A. (Org.). **Planejamento e desenvolvimento dos territórios rurais.** Brasília: Embrapa, 2002.
- SANTOS, I. dos; FILL, H. D.; SUGAI, M.R.V.B; BUBA, H.; KISHI, R. T.; LAUTERT, L. F., 2001. **Hidrometria Aplicada.** LACTEC- Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Curitiba, PR. 372p.
- SANTOS, M. Metamorfoses do espaço habitado. São Paulo: Hucitec, 1998.p.61.
- SAUER, C. O. A morfologia da paisagem. 1925. In: ROSENDAHL, Z.; CORRÊA, Roberto Lobato. **Paisagem, tempo e cultura.** Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 1998. pp.12-74.
- SANTOS, L. C. A. dos. **Gestão das Águas da sub-bacia Hidrográfica do rio Cacaumaranhão.** Tese (doutorado em Geografia). UNESP/Presidente Prudente, 2012, 377 f. Disponível em: <[http://www2.fct.unesp.br/pos/geo/dis\\_teses/12/dr/luiz.pdf](http://www2.fct.unesp.br/pos/geo/dis_teses/12/dr/luiz.pdf)>. Acesso em: 05 de mar. 2022.

SANTOS, J. H. S. dos; PEREIRA, E. D.; LIMA, L. G. De; RANGEL, M. E. S.; COSTA, H. O.; SIVA, J. X. Da; SANTOS, G. I. F. A. dos; GRAÇA, J. P. Da; SILVA, S. dos S.; MORENO, M. G.; SERRA, J. F. M. S. L. Geologia, geomorfologia e hidrogeologia. **In: Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão (ZEE) - Etapa Bioma Amazônico.** Org. Paulo Henrique de Aragão Catunda; Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias. São Luís: IMESC, 2019.

SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais. Manual de Instituição e instalação dos Comitês de Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão/ Conselho Estadual de Recursos Hídricos. 2018.

SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais. **Resolução AD referendado CONERH N° 015.** 2016. Disponível em: <>. Acesso em: 13 de jul. 2022.

SILVA, A. R. **Avaliação do processo de eutrofização das Águas superficiais, do cenário nacional ao Local: estudo de caso nas bacias hidrográficas Costeiras dos rios ratones, itacorubi e tavares (Ilha de Santa Catarina, Brasil).** Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2019.

SILVA, S. C. de O.; BASTOS, J. H. M.; GONÇALVES, M. F. P.; FEITOSA, A. C. **Alterações ambientais relacionadas ao desenvolvimento do turismo na bacia do rio Una-Ma.** 2014. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/ugb/app/webroot/sinageo/4/1/100.pdf>>. Acesso em: 23 de abr. 2020.

SILVA, G. S. da; SANTOS, E. A. dos; CORRÊA, L. B.; MARQUES, A. L. B.; MARQUES, E. P.; SOUSA, E. R.; SILVA, G. S. Avaliação integrada da qualidade de águas superficiais: grau de trofia e proteção da vida aquática nos rios Anil e Bacanga, São Luís (MA). **Rev. Eng Sanit Ambient**, v.19, n. 3, jul/set 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/ttPBpP8MtnXbbCnv7XvZdqk/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 23 de mar. 2022.

SILVA, M. A. R.. Economia dos recursos naturais. In: Economia do meio ambiente: Teoria e prática. Rio de Janeiro: Editora Campos, 2003.

SILVA, S. C. de O.; BASTOS, J. H. M.; GONÇALVES, M. F. P.; FEITOSA, A.C. **Alterações Ambientais Relacionadas ao Desenvolvimento do Turismo na bacia do rio Una-ma.** SINAGEO, 2016. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/4/1/100.pdf>>. Acessado em: 31 de mai. 2021.

SIMEDO, M. B. L; MARTINS, A. L. M; LOPES, M. C, PISSARRA, T. C. T; COSTA, R. C. A; VALLE, J. R. F; CAMPANELLI LC; ROJAS, N, Finoto EL (2018) Effect of watershed land use on water quality: a case study in Olaria Basin, São Paulo State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 78: 625-635.

SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? *Trends in Ecology and Evolution* 24: 201-207. 2009.

SOUZA, J. B.; DANIEL, L. A. Inativação dos microorganismos indicadores *Escherichia coli*, colifagos e *Clostridium perfringens* empregando ozônio. *Ambiência – Rev. do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*. V. 4, n. 2, p. 265-273, Maio/Ago. 2008.

SOCHAVA, V. B. O. O Estudo de Geossistemas. *Métodos em Questão*. São Paulo, v 16. IG-USP, n. 16, p. 1-50, 1977.

SOUZA, E. R. de; FERNANDES, M. R. **Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.15-20, nov./dez. 2000.

SOUZA, N. A de. **Vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas – um estudo do aquífero Bauru na zona urbana de Araguari, MG**. Uberlândia, 2009. 135 f. Universidade Federal de Uberlândia (Dissertação), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil.

Disponível em:

<<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14133/1/VulnerabilidadePoluicaoAguas.pdf>>. Acesso em: 20 de dez. 2021.

TELLES, D. D. A.; COSTA, R. H. P. G. Coordenação. In: **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. 1º ed. Blucher. São Paulo, 2007.

THOMANN, R. V.; MUELLER, J. A. – **Principles of Surface Water Quality Modeling and Control**. Harper Collins Publishers, 1987.

TOLEDO, A. P.; AGUDO, E. G.; TOLARICO, M.; CHINEZ, S. J. **A Aplicação de Modelos Simplificados para a Avaliação do Processo de Eutrofização em Lagos e Reservatórios Tropicais**; XIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental – AIDIS, Santiago do Chile, 1984. Anais. Santiago do Chile, 1984.

Tundisi, J.G. **Reservoirs: New challenges for ecosystem studies and environmental management**. 2018. *Water Security*, 4-5: 1-7.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Paulo: RiMa, IIE, 2003.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 632 p.

USP. Subgrupo de Impactos Ambientais. Disponível em<[www.mma.gov.br/port/conama/processos/D10B4F0E/02ABIPLAImpactosAmbientais2804FINALv2.p](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/D10B4F0E/02ABIPLAImpactosAmbientais2804FINALv2.p)>. Acesso em: 02 de jan. 2021.

VARIS, O. 1996; *Water quality models: typologies for environmental impact assessment*; Vol. 34. Pág.109 -117.

VENTURI, L. A. B.. A dimensão territorial da paisagem geográfica. Anais do VI Congresso Brasileiro de Geógrafos – AGB, Goiânia, 2004. 11 p.

VIEGAS, E. C. **Visão jurídica da água**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2005.

VILACA, M. F.; GOMES, I.; MACHADO, M. L.; VIEIRA, E. M.; SIMAO, M. L. R.; **Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: o estudo de caso do Ribeirão Conquista no município de Itaguara – MG.** XIII SBGFA - Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Universidade Federal de Viçosa – MG, 2009.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** Sao Paulo, editora: McGraw-Hill, 1975.245pp.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** v.3 ed. 4ª, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005 ,452 p.

VON SPERLING, M. V. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios.** Belo Horizonte: UFMG, 2007. Vol. 7. 452 p.

VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3ª edição, Departamento de engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais; Belo Horizonte, 1996.