



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

VINICIUS FERREIRA NARDI

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZANDO O ICA (ÍNDICE DE
CONSERVAÇÃO DA ÁGUA) EM CÓRREGOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE
PALMAS - TO**

PALMAS

2023

VINICIUS FERREIRA NARDI

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZANDO O ICA (ÍNDICE DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA) EM CÓRREGOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE PALMAS - TO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel no Curso Superior de Engenheiro Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientadora: Prof. Dra. Cláudia da Silva Aguiar Rezende

**PALMAS
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

N224a Nardi, Vinicius Ferreira
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZANDO O ICA
(ÍNDICE DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA) EM CÓRREGOS URBANOS
NO MUNICÍPIO DE PALMAS - TO / Vinicius Ferreira Nardi. – Palmas,
TO, 2023.
46 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
Palmas, Palmas, TO, 2023.

Orientadora: Dra. Cláudia da Silva Aguiar Rezende

1. Qualidade da água. 2. Córregos urbanos. 3. Recursos hídricos. I.
Rezende, Cláudia da Silva Aguiar. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e
pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

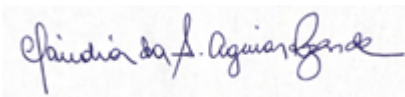
VINICIUS FERREIRA NARDI

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZANDO O ICA (ÍNDICE DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA) EM CÓRREGOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE PALMAS - TO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do curso de Engenharia Civil Instituto Federal do Tocantins - Campus Palmas, como exigência à obtenção do grau em Engenheiro Civil.

Aprovado em: 29 / 05 / 2023

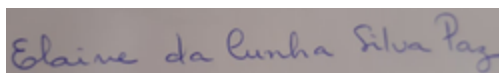
BANCA AVALIADORA



Prof^ª. Dra. Cláudia da Silva Aguiar Rezende
Presidente/Orientador



Prof^ª. Me. Karine Beraldo Magalhaes Oliveira
Avaliador 1



Prof^ª Dra. Elaine da Cunha Silva Paz
Avaliador 2

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram para o meu desenvolvimento acadêmico. Em particular, desejo agradecer à minha mãe, Marta, e ao meu pai, Neuracy, por seu constante apoio e encorajamento ao longo da minha jornada acadêmica. Sua dedicação e amor incondicional foram fundamentais para meu crescimento pessoal e profissional.

Quero expressar minha profunda gratidão aos meus irmãos Sabrina e Matheus. Como o irmão mais velho, sempre me senti honrado em desempenhar o papel de exemplo e guia em suas vidas. Ver o crescimento e desenvolvimento de vocês tem sido uma fonte de orgulho para mim. Sinto-me privilegiado por ser capaz de oferecer orientação e apoio em seus desafios e conquistas. Vocês são fontes constantes de inspiração e admiração, e sou grato por ter irmãos tão especiais.

Gostaria de agradecer a minha esposa, Helloisa, que faz um papel de extrema importância na minha vida, e sou profundamente grato por todo o amor, apoio e compreensão que você oferece diariamente. Sua presença e incentivo são fundamentais para o meu crescimento pessoal e profissional. Obrigado por estar ao meu lado, compartilhando os desafios e as conquistas desta jornada.

Gostaria de expressar minha gratidão ao meu filho, Pedro. Seu amor, alegria e inocência são uma fonte constante de inspiração e motivação. Seu sorriso ilumina meus dias e me impulsiona a buscar o melhor em tudo que faço.

Aos meus amigos da faculdade, especialmente ao grupo SL, sou imensamente grato pela amizade sincera e pelo suporte mútuo ao longo desses anos de estudo. Vocês foram fundamentais para tornar essa jornada acadêmica mais agradável e enriquecedora.

"O destino do homem é seu próprio trabalho, seu próprio esforço, sua própria busca e sua própria luta."

Albert Camus.

RESUMO

Este estudo tem como objetivo avaliar a aplicação do Índice de Conservação da Água (ICA) na análise da qualidade da água em corpos hídricos localizados na macrozona de ordenamento controlado do Município de Palmas, TO. Foram realizadas análises laboratoriais e aplicados os índices de conservação da água para avaliar a condição dos córregos: Córrego Cachimbo, Córrego Sussuapara, Córrego Brejo Comprido, Córrego Prata, Córrego Machado, Córrego Santa Bárbara, Córrego Taquarí e Córrego Cipó, durante as estações chuvosa e seca. Os resultados obtidos forneceram indicadores importantes de qualidade da água, permitindo identificar córregos conservados e outros que demandam ações de gerenciamento e mitigação. A variação sazonal influenciou a qualidade da água, destacando a importância de práticas de preservação e gestão sustentável dos recursos hídricos. Esses resultados contribuem para o planejamento e implementação de estratégias efetivas de gestão dos recursos hídricos, visando garantir a disponibilidade de água de qualidade para as comunidades locais. A aplicação do ICA demonstrou ser uma ferramenta útil na avaliação da qualidade da água e no monitoramento da saúde dos corpos hídricos, fornecendo subsídios para políticas públicas voltadas à conservação e proteção dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Qualidade da água. ICA (Índice de Conservação da Água). Córregos urbanos. Recursos hídricos. Ecossistemas aquáticos.

ABSTRACT

This study aims to assess the application of the Water Conservation Index (WCI) in analyzing the water quality in water bodies located in the controlled zoning area of the Municipality of Palmas, TO. Laboratory analyses were conducted, and water conservation indices were applied to assess the condition of the following streams: Cachimbo Stream, Sussuapara Stream, Brejo Comprido Stream, Prata Stream, Machado Stream, Santa Bárbara Stream, Taquarí Stream, and Cipó Stream, during the wet and dry seasons. The obtained results provided significant indicators of water quality, allowing the identification of well-conserved streams as well as those requiring management and mitigation actions. The seasonal variation influenced the water quality, emphasizing the importance of preservation practices and sustainable water resource management. These findings contribute to the planning and implementation of effective water resource management strategies, aiming to ensure the availability of high-quality water for local communities. The application of WCI proved to be a valuable tool in assessing water quality and monitoring the health of water bodies, providing valuable insights for public policies focused on the conservation and protection of water resources.

Keywords: Water quality. ICA (Índice de Conservação da Água). Urban streams. Water resources. Aquatic ecosystems.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos córregos de estudo.....	26
Tabela 2 - Resultados e classificação dos índices para Córrego Cachimbo.....	35
Tabela 3 - Resultados e classificação dos índices para Córrego Sussuapara.....	36
Tabela 4 - Resultados e classificação dos índices para Córrego Brejo Comprido.....	36
Tabela 5 - Resultados e classificação dos índices para Córrego do Prata.....	37
Tabela 6 - Resultados e classificação dos índices para Córrego Machado.....	38
Tabela 7 - Resultados e classificação dos índices para Córrego Santa Bárbara.....	38
Tabela 8 - Resultados e classificação dos índices para Córrego Taquarí.....	39
Tabela 9 - Resultados e classificação dos índices para Córrego Cipó.....	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros da análise da qualidade da água.....	28
Quadro 2 - Categorias da qualidade da água de acordo com o ICA.....	29
Quadro 3 - Ponderação oxigênio dissolvido.....	30
Quadro 4 - Ponderação turbidez.....	30
Quadro 5 - Ponderação nitrato.....	31
Quadro 6 - Ponderação demanda bioquímica de oxigênio.....	31
Quadro 7 - Ponderação condutividade.....	31
Quadro 8 - Ponderação pH.....	31
Quadro 9 - Ponderação sólidos totais dissolvidos.....	32
Quadro 10 - Categorias da qualidade da água de acordo com o IPMCA.....	32
Quadro 11 - Categorias de estado trófico.....	33
Quadro 12 - Classe do estado trófico.....	34

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização dos córregos de estudo.....	26
Figura 2 - Pontos de coleta amostral.....	27
Figura 3 - Classificação do ICA para cada período.....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	12
3 JUSTIFICATIVA.....	12
4 OBJETIVOS.....	13
4.1 Objetivo Geral.....	13
4.2 Objetivos Específicos.....	14
5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
5.1 Recursos Hídricos no Brasil.....	14
5.2 Gestão de Recursos Hídricos.....	14
5.3 Monitoramento da Qualidade da Água.....	15
5.4 Efeitos das Ações Antrópicas em Áreas Urbanas.....	16
5.5 Indicadores de Qualidade da Água.....	17
5.6 Índice de Conservação da Água - ICA.....	19
5.6.1 Oxigênio Dissolvido.....	20
5.6.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	21
5.6.3 Potencial Hidrogeniônico.....	21
5.6.4 Nitrato.....	22
5.6.5 Turbidez.....	23
5.6.6 Condutividade.....	23
5.6.7 Sólidos Dissolvidos Totais.....	23
5.6.8 Fósforo Total.....	24
5.6.9 Clorofila.....	24
6 METODOLOGIA.....	25
6.1 Caracterização da área de estudo.....	25
6.2 Pontos de coleta.....	27
6.3 Caracterização físico-química.....	28
6.4 Cálculo do ICA.....	29
6.4.1 Cálculo do IPMCA.....	29
6.4.2 Cálculo do IET.....	32
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
7.1 Análises individuais.....	34
7.2 Análises gerais.....	40
8 CONCLUSÕES.....	42
REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

A subsistência humana depende essencialmente da água, um recurso natural imprescindível. Ela permeia todos os aspectos do desenvolvimento socioeconômico, seja para a produção de alimentos e energia, processos industriais, atividades recreativas, turismo, consumo, transporte, prestação de serviços, como para manter o equilíbrio do ecossistema. Segundo projeção realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), até 2030 o Brasil apresentará um crescimento populacional de 8%, conseqüentemente, para o mesmo período, a Agência Nacional das Águas (ANA) estima que o país consumirá 24% mais água do que atualmente, um crescimento de quase 1,8% ao ano.

Essa crescente demanda está associada ao processo de urbanização e interfere diretamente nos sistemas hídricos, uma vez que, de acordo com Ranta *et al.* (2021), as áreas urbanas circundantes às bacias hidrográficas são intensamente pressionadas pelas atividades antrópicas de uso e ocupação do solo, as quais desencadeiam impactos negativos consideráveis nos córregos urbanos. Para enfrentar esse desafio, é necessário o emprego de diretrizes que garantam um planejamento adequado e multidisciplinar do consumo de recursos terrestres e hídricos, a fim de implantar o desenvolvimento sustentável de uma bacia hidrográfica e da população nela inserida.

Dentre essas medidas, a Lei Federal nº 9.433 estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos e tem como objetivo criar parâmetros sustentáveis para assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. Entre as ferramentas presentes na lei, destaca-se o enquadramento dos corpos de água em classes, de acordo com sua utilização (BRASIL, 1997). Essa classificação tem como propósito minimizar os custos relacionados ao combate à poluição, por meio de ações preventivas, permanentes e conservacionistas, para assegurar os padrões de qualidade.

Para esse fim, a avaliação da qualidade da água de um corpo hídrico pode ser atribuída a uma série de parâmetros, sejam eles físicos, químicos e biológicos, tanto de origem natural ou antropogênica. A complexibilidade de cada ecossistema aquático torna difícil encontrar uma única variável para medir a qualidade da água e por esse motivo é necessário a aplicação dos índices para que possa de forma resumida e objetiva identificar as alterações, especialmente as causadas por ações humanas como uso agrícola, industrial e urbano (COUILLARD; LEFEBVRE, 1985).

Este estudo emprega o Índice de Conservação da Água (ICA), uma adaptação do Índice de Qualidade da Água para Proteção da Vida (IVA) desenvolvido pela Companhia

Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), para avaliar a qualidade das águas do Estado do Tocantins. O ICA possibilita a análise dos resultados e a identificação de trechos críticos, fornecendo subsídios para a classificação e enquadramento dos corpos d'água, de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução nº 357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Essa resolução dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabelece diretrizes ambientais para o seu enquadramento, além de definir condições e padrões para o lançamento de efluentes (BRASIL, 2005).

Nesse aspecto, o estudo teve como objetivo principal avaliar a qualidade da água dos córregos urbanos de Palmas (TO), utilizando o Índice de Conservação da Água (ICA). Para isso, amostras foram coletadas em diferentes pontos ao longo dos córregos, nos períodos chuvosos e de seca, para posterior análise em laboratório. Este estudo irá avaliar a qualidade dos seguintes córregos: Córrego Cachimbo, Córrego Sussuapara, Córrego Brejo Comprido, Córrego Prata, Córrego Machado, Córrego Santa Bárbara, Córrego Taquarí e Córrego Cipó.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

O crescimento urbano de Palmas impacta negativamente nas águas superficiais que cercam o município? Esses corpos hídricos estão poluídos? As comunidades aquáticas estão sendo prejudicadas?

3 JUSTIFICATIVA

A água é um recurso vital para a sobrevivência da vida no planeta e é notória que sua preservação é essencial para o progresso das atuais e futuras gerações. Os córregos urbanos que dividem espaço com o crescimento da densidade populacional, muitas vezes são vítimas dos variados efeitos antrópicos e por possuírem uma capacidade mais limitada de autodepuração, tem sua qualidade e quantidade prejudicadas.

Quando esses ecossistemas são impactados, atingem não só o bem estar da população como também das comunidades aquáticas, o que mostra a importância dos cuidados a esses corpos hídricos superficiais. Desse modo, é necessário a preservação e monitoramento, pois os impactos gerados afetam os recursos naturais e a saúde humana.

Assim, o contexto favorece a inclusão da gestão dos recursos hídricos como uma solução para o uso racional e equilibrado, garantindo a preservação e sustentabilidade da água. Para alcançar esse objetivo, é fundamental que as políticas públicas sejam

implementadas de forma ativa e eficaz. Por isso, é crucial buscar informações sobre a qualidade da água por meio de pesquisas e monitoramento, a fim de adotar medidas preventivas e efetivas.

A poluição presente nos centros urbanos é caracterizada, principalmente, pela emissão difusa de resíduos e pelo escoamento superficial. No entanto, é possível reduzir os níveis de degradação ao identificar a fonte poluidora através de variáveis qualitativas e quantitativas da água em corpos hídricos. Há diversos parâmetros que indicam a qualidade das águas, assim como padrões aceitáveis definidos pela legislação ambiental, como os estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

O critério de escolha dos córregos que farão parte deste trabalho são os que estão inclusos na macrozona de ordenamento controlado de Palmas, essa é uma das ferramentas utilizadas pelos municípios para orientar o desenvolvimento urbano em áreas específicas. É uma área delimitada dentro do município que possui um planejamento urbano integrado, estabelecendo diretrizes e normas para o uso e ocupação do solo de forma a garantir a preservação do meio ambiente, dos recursos naturais, da paisagem e do patrimônio cultural.

Uma das diretrizes gerais da Macrozona de Ordenamento Controlado de Palmas é promover a reestruturação, transformação, recuperação, melhoria ambiental e indução de ocupação sustentável (PALMAS (TO), 2018).

Entretanto, a utilização do Índice de Conservação da Água (ICA) para avaliar a qualidade da água em córregos urbanos pode fornecer informações significativas. Além de classificar o nível de trofia dos corpos d'água, que está diretamente ligado ao enriquecimento por nutrientes e ao conseqüente crescimento excessivo de algas, o ICA também permite avaliar parâmetros ecotoxicológicos presentes nessas fontes hídricas. Esses dados são particularmente valiosos para a gestão eficaz dos recursos hídricos no município de Palmas, Tocantins.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Avaliar a qualidade da água dos córregos urbanos do município de Palmas (TO) utilizando o Índice de Conservação da Água (ICA).

4.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica, a respeito dos temas abordados na pesquisa, em literatura científica;
- Definição dos pontos de coleta de amostra ao longo dos oito córregos urbanos;
- Realizar as coletas referentes aos períodos de chuva e de estiagem;
- Classificar a qualidade da água nos pontos definidos nos córregos de Palmas (TO) de acordo com o Índice de Conservação da Água.

5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1 Recursos Hídricos no Brasil

O Brasil possui uma ampla diversidade de recursos hídricos, incluindo rios, lagos, áreas de várzea e aquíferos subterrâneos. Esses recursos são de fundamental importância para o desenvolvimento econômico, social e ambiental do país, sendo utilizados em atividades como a produção de energia elétrica, irrigação, abastecimento e turismo.

Os continentes que possuem maior reserva de água doce são a Ásia, a América do Norte e a América do Sul, o Brasil dentre suas reservas de água doce possui a bacia Amazônica que dentro do contexto mundial corresponde a cerca de 15% de toda água doce do planeta (BORSOI; TORRES, 1997).

Na área de estudo, Palmas - Tocantins, a bacia que corresponde no local é a bacia Tocantins-Araguaia que possui um grande potencial para atividades agrícolas, turísticas, de geração de energia e de navegabilidade para toda a região e além disso corresponde a 9% do território brasileiro e é a maior bacia inteiramente brasileira (LIMA; CARVALHO; DA SILVA, 2004).

5.2 Gestão de Recursos Hídricos

Durante o século XX, foram observadas diversas transformações que influenciaram o desenvolvimento dos recursos hídricos e o meio ambiente, tanto no Brasil quanto em nível internacional. Esse processo demonstra a relação entre o crescimento econômico e populacional e a necessidade de buscar a sustentabilidade ambiental (TUCCI, 2005).

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, é uma das principais leis que regem a gestão de recursos hídricos no Brasil. Ela instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabelecendo as bases para a gestão integrada e participativa dos recursos hídricos no país.

A importância dessa lei se deve ao fato de que a gestão de recursos hídricos é essencial para o desenvolvimento sustentável e para a garantia do acesso à água de qualidade para as atuais e futuras gerações. Através da Política Nacional de Recursos Hídricos, a lei busca promover a gestão compartilhada e integrada dos recursos hídricos entre as diferentes esferas de governo, a sociedade civil e o setor privado, com base na participação social e na descentralização das decisões (BRASIL, 1997).

A Política de Gestão de Recursos Hídricos define três importantes instrumentos que são eles enquadramento, outorga e cobrança. O enquadramento refere-se à avaliação da qualidade da água para garantir a compatibilidade com seus usos, visando minimizar os impactos de sua qualidade. A outorga, por sua vez, é um processo que busca controlar a quantidade e qualidade dos usos da água. Já a cobrança pelo uso da água é uma estratégia para incentivar o uso racional e sustentável da água, reconhecendo que esse recurso é um bem econômico (TUCCI, 2005).

A responsabilidade nacional pela avaliação sistemática dos recursos hídricos de um país deve ser assegurada pelos governos federal e estadual (BORSOI & TORRES, 1997). A Agência Nacional de Águas (ANA) é a responsável pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) no Brasil. Suas principais funções incluem a gestão e a regulação dos recursos hídricos em âmbito federal, a coordenação de ações de planejamento e gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas de interesse nacional, a implementação do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e o estabelecimento de normas e padrões de qualidade da água.

A ANA tem um papel importante na gestão dos recursos hídricos no Brasil, trabalhando em conjunto com os órgãos estaduais e municipais para promover a gestão integrada e sustentável desses recursos. Suas ações visam garantir o uso racional e equilibrado da água, a preservação dos ecossistemas aquáticos e a prevenção de conflitos pelo uso da água entre os diversos setores que dela dependem, tais como agricultura, indústria e abastecimento urbano.

5.3 Monitoramento da Qualidade da Água

O monitoramento dos recursos hídricos, tanto em termos de quantidade quanto de qualidade, é um instrumento essencial para a avaliação dos corpos de água e para a tomada de decisões sobre os usos múltiplos da água. Além disso, o monitoramento pode ajudar a minimizar os impactos ambientais e alertar sobre a disponibilidade da água e a presença de doenças de veiculação hídrica. Um planejamento cuidadoso do monitoramento deve considerar o acesso ao local de coleta, a quantidade de amostras necessárias para análises laboratoriais, a homogeneidade das amostras e a validade dos resultados. Os objetivos do programa de monitoramento podem variar, desde a caracterização espacial e temporal dos recursos hídricos até a identificação de áreas críticas, proteção dos diversos usuários da água, detecção de variações da qualidade da água em períodos específicos, detecção de tendências e proposição de ações preventivas (PORTO, 1991).

Os ecossistemas aquáticos têm sido fortemente afetados por diversos impactos ambientais, como a liberação de grandes quantidades de efluentes sem tratamento adequado ou com intensidade, concentração e características diferentes dos padrões estabelecidos pela legislação (FRINHANI; CARVALHO, 2010).

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 001 de 1986 define impacto ambiental como as mudanças nas características físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas pelas ações humanas. Essas ações podem ser diretas ou indiretas e têm um impacto significativo na saúde, segurança e bem-estar da população, nas atividades sociais e econômicas, na vida selvagem, nas condições estéticas e sanitárias do ambiente e na qualidade dos recursos naturais (BRASIL, 1986).

Ainda em sua resolução 357 de 2005 o CONAMA estabelece a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, com limites individuais estabelecidos para cada substância a ser analisada. Os córregos analisados neste trabalho são classificados como corpos hídricos de água doce Classe 2, o que significa que devem manter o equilíbrio das comunidades aquáticas como uma de suas funções ecológicas. Com a vigência dessas resoluções, torna-se possível realizar o monitoramento da qualidade das águas e controlar as fontes emissoras de poluentes (BRASIL, 2005).

5.4 Efeitos das Ações Antrópicas em Áreas Urbanas

A qualidade da água varia ao longo do tempo e de acordo com a localização geográfica, pois está relacionada a fatores antrópicos e de causas naturais do ambiente. O

desenvolvimento urbano quando não há um correto planejamento ambiental, poderá contaminar os mananciais de abastecimento público (CARVALHO, 2011).

O aumento da urbanização em proporção ao crescimento populacional exerce uma pressão significativa sobre os corpos d'água urbanos, afetando sua capacidade de absorção e levando ao surgimento de pontos de água temporários ou até mesmo ao desaparecimento de pequenos corpos d'água (DAVIS; FROEND, 1999).

Em áreas urbanas, o escoamento superficial aumenta devido ao aumento de superfícies apertadas e impermeáveis, como calçadas, estacionamentos e loteamentos compactos. A água da chuva que escoar pode arrastar consigo poluentes, como combustível e poeira das ruas, que são direcionados para córregos e rios através do sistema de drenagem pluvial (ENDRENY, 2005). Dessa forma, metais pesados frequentemente se acumulam nos sedimentos dos rios urbanos e como a capacidade de autolimpeza desses corpos d'água é limitada leva a uma deterioração significativa da qualidade da água (QIN *et al.*, 2014).

De acordo com o Relatório de Qualidade de Águas Interiores do Estado de São Paulo (2003), diversas fontes poluidoras contribuem para a contaminação da água superficial, incluindo o escoamento superficial urbano e o escoamento superficial agrícola, que dependem do tipo de uso e ocupação do solo. Cada fonte poluidora possui características próprias: os esgotos domésticos contêm contaminantes orgânicos biodegradáveis, nutrientes e bactérias; já os poluentes industriais contribuem com uma grande variedade de substâncias, dependendo da matéria-prima e dos processos industriais utilizados.

Os lançamentos difusos de efluentes, ou seja, aqueles que não possuem uma fonte pontual de emissão identificável, são responsáveis pela maioria da poluição hídrica (CETESB, 2021), especialmente nos centros urbanos, onde há uma grande concentração de fontes potenciais de poluição, como veículos, indústrias e residências. Por esse motivo, as atividades humanas precisam ser planejadas e gerenciadas de maneira adequada, a fim de minimizar os impactos ambientais e preservar a qualidade dos recursos hídricos.

5.5 Indicadores de Qualidade da Água

Para avaliar a qualidade das águas superficiais, é importante usar métodos que sejam de fácil compreensão para que a informação possa ser transmitida aos usuários desse recurso. Uma alternativa para monitorar as mudanças na qualidade da água, seja de origem humana ou natural, é o uso de índices de qualidade de água. Esses índices são úteis para acompanhar as

mudanças ao longo do tempo ou em uma bacia hidrográfica e são uma ferramenta importante na gestão da qualidade da água (DONADIO; GALBIATTI; PAULA, 2005).

O modelo de Índice de Qualidade da Água (IQA) é uma ferramenta amplamente utilizada para avaliar a qualidade da água superficial, permitindo a conversão de extensos dados de qualidade da água em um único valor ou índice. Desde sua criação na década de 1960, o modelo IQA se tornou popular por sua estrutura generalizada e facilidade de uso. O modelo envolve a seleção de parâmetros de qualidade da água, geração de subíndices para cada parâmetro, cálculo de valores de ponderação e agregação de subíndices para calcular o índice geral de qualidade da água. Embora tenha sido aplicado globalmente para avaliar a qualidade da água, alguns problemas incluem sua dependência de diretrizes específicas de cada região, tornando-os menos genéricos. Vários pesquisadores têm utilizado aplicações do modelo IQA para avaliar a qualidade da água de rios, lagos, reservatórios e estuários (UDDIN; NASH; OLBERT, 2021).

Um índice que logo se popularizou e se tornou referência no mundo foi o desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF), nos Estados Unidos, em 1970 (BROWN, 1970). O Índice de Qualidade da Água (IQA) desenvolvido pela NSF é composto por nove atributos que são eles oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fósforo total, temperatura, turbidez e sólidos totais. Cada atributo possui um respectivo peso relativo que varia entre 0 e 1, com base em sua importância na equação e seu resultado varia de 0 (pior nota) a 100 (maior nota) (CASTRO JUNIOR; SOBREIRA; BORTOLOTTI, 2007).

Os modelos empíricos possuem pesos de atributos variáveis de acordo com a região, em função de fatores climáticos, condições geológicas e uso da terra. Portanto, é necessário ajustar os modelos empíricos desenvolvidos para uma região específica, quando empregados em outras regiões, de modo a levarem em conta as condições locais (HURLEY; SADIQ; MAZUMDER, 2012).

A partir de 1975 o índice passou a ser utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e posteriormente foi adotado por todos os estados do Brasil, tornando-o o principal índice de qualidade de água do país. O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi criado com o objetivo de avaliar a qualidade da água bruta, que é utilizada para o abastecimento público após o tratamento. A maioria dos parâmetros utilizados no cálculo do IQA são indicadores de contaminação que podem ser causados pelo lançamento de esgotos domésticos (ANA, 2010).

Embora o IQA tenha sido originalmente desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta para fins de abastecimento público, sua utilização apresenta algumas limitações. Em primeiro lugar, o índice não considera outros usos da água além do abastecimento público. Além disso, alguns parâmetros relevantes para a qualidade da água, como metais pesados, compostos orgânicos mutagênicos, substâncias que afetam as propriedades organolépticas da água, número de células de cianobactérias e o potencial de formação de trihalometanos, não são contemplados pelo IQA (CETESB, 2017).

A Resolução do CONAMA 357 de 2005 é uma legislação federal que estabelece normas para a preservação da qualidade da água, considerando tanto a saúde e bem-estar da vida humana quanto o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. E para isso foram desenvolvidos outros índices que utilizam parâmetros que identificam alterações na qualidade da água que prejudicam as comunidades aquáticas (BRASIL, 2005).

Desde 2002, a CETESB utiliza índices específicos para avaliar a qualidade da água em relação a cada uso do recurso hídrico, sendo um deles o Índice de Preservação da Vida Aquática (IVA). O IVA foi criado para se tornar um indicador mais adequado da qualidade da água, tendo em vista a proteção da vida aquática. Ele incorpora variáveis mais representativas, especialmente a toxicidade e a eutrofização, com ponderação mais significativa (CETESB, 2017).

O IVA é um índice que tem como objetivo avaliar a qualidade das águas para proteger a fauna e flora em geral, diferenciando-se, portanto, de um índice utilizado para avaliar a água para consumo humano e recreação de contato primário. No cálculo do IVA, são considerados a presença e concentração de contaminantes químicos tóxicos e seu efeito sobre os organismos aquáticos, além de duas variáveis consideradas essenciais para a biota (pH e oxigênio dissolvido) agrupadas no IPMCA (Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática) e o IET (Índice do Estado Trófico de Carlson modificado por Lamparelli). Dessa forma, o IVA fornece informações não apenas sobre a qualidade da água em termos ecotoxicológicos, mas também sobre seu grau de trofia (ZAGATTO *et al.*, 1999).

5.6 Índice de Conservação da Água - ICA

O Índice de Conservação da Água (ICA) trata-se de uma adaptação do Índice de Qualidade de Água para Proteção da Vida (IVA) desenvolvido pela CETESB. A equação do IVA da CETESB atende às peculiaridades dos corpos hídricos do Estado de São Paulo, pois foi elaborada a partir das condições hídricas e de aplicabilidade do mesmo. Com esta mesma

intenção, a adaptação do IVA adequou o índice às condições do Estado do Tocantins procurando mantê-lo eficaz para ser aplicado aos municípios do Tocantins em sua totalidade. Os parâmetros utilizados foram propostos pelo Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS) e aprovados pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente (COEMA).

Desde 2002, o ICA é utilizado no cálculo da parcela do ICMS Ecológico no Estado do Tocantins, que busca incentivar os municípios a adotarem políticas públicas de proteção do meio ambiente. O ICMS Ecológico funciona como uma espécie de recompensa financeira para as cidades que alcançam resultados na área ambiental e desenvolvem ações de educação e preservação ambiental (TOCANTINS, 2013).

O IPMCA, que compõe o cálculo do ICA, é um índice que contempla dois grupos de parâmetros essenciais para a conservação da qualidade da água. O primeiro grupo, é composto por dois parâmetros fundamentais para a sobrevivência da biota aquática: o oxigênio dissolvido e o pH. Já o segundo grupo, é composto por um conjunto de parâmetros que indicam a qualidade da água com vistas à conservação, tais como a demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$), a turbidez, o nitrato (NO_3^-), a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos (STD).

O Índice de Estado Trófico (IET) foi criado por Carlson em 1977 com o intuito de facilitar a comunicação de estudos relacionados à eutrofização e classificação de corpos aquáticos (CARLSON, 1977). A eutrofização é o processo de crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas causado pelo elevado lançamento de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, nos corpos d'água (FIA *et al.*, 2009).

Embora as equações de Carlson tenham sido desenvolvidas para ambientes de clima temperado, o metabolismo dos seres vivos em ambientes tropicais e subtropicais difere significativamente. Por essa razão, torna-se importante adaptar o Índice de Estado Trófico (IET) às condições específicas desses ambientes. Com o intuito de adequar o índice às condições subtropicais do Brasil, Toledo *et al.* (1983) realizou modificações nas equações de Carlson, a fim de obter uma metodologia mais precisa para a avaliação do estado trófico de corpos aquáticos nessas regiões.

O IET é uma ferramenta útil para avaliar a qualidade de ecossistemas aquáticos e auxiliar na formulação de planos de manejo e gestão visando a sustentabilidade dos recursos hídricos (FIA *et al.*, 2009). Os parâmetros utilizados para indicar o nível de eutrofização no IET são clorofila e o fósforo total.

5.6.1 Oxigênio Dissolvido

A quantidade de oxigênio dissolvido na água é um indicador crucial da qualidade da água. Quando a concentração de oxigênio dissolvido cai abaixo dos níveis aceitáveis, pode ter um efeito significativo na saúde do ecossistema aquático, além de impedir o uso da água para diversas finalidades, como o abastecimento para consumo. A concentração de oxigênio dissolvido na água é influenciada por vários processos que podem aumentar ou diminuir sua quantidade. A produção fotossintética e a reaeração atmosférica contribuem para aumentar a concentração de oxigênio na água, enquanto o consumo de oxigênio para decompor a matéria orgânica e a respiração realizada pelo ecossistema aquático colaboram para diminuir a quantidade de oxigênio dissolvido na água (JANZEN; SCHULZ; LAMON, 2008).

O CONAMA estabeleceu, por meio da Resolução nº 357/2005, os valores de concentração de oxigênio dissolvido para as diferentes classes de água. Para água doce Classe 2, esse valor deve ser igual ou superior a 5 mg/L (BRASIL, 2005).

5.6.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A quantidade de matéria orgânica presente em efluentes domésticos pode ser avaliada indiretamente por meio da demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$), que é a quantidade de oxigênio necessária para que os microrganismos presentes no corpo d'água possam oxidar a matéria orgânica (ANIYIKAIYE *et al.*, 2019). Isso ocorre porque a mineralização da matéria orgânica presente nos efluentes consome o oxigênio dissolvido na água, reduzindo sua concentração. Esse processo pode causar alterações no cheiro e sabor da água, tornando a $DBO_{5,20}$ um importante indicador da qualidade da água (CETESB, 2021).

Quando os valores de oxigênio dissolvido (OD) são baixos, a demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$) tende a ser elevada, já que esses dois parâmetros são inversamente proporcionais. Isso ocorre porque concentrações elevadas de $DBO_{5,20}$ indicam um aumento da atividade bacteriológica no meio, o que leva ao consumo de oxigênio dissolvido e matéria orgânica (MORAES *et al.*, 2012).

5.6.3 Potencial Hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico, comumente conhecido como pH, é uma medida da acidez ou basicidade de uma solução aquosa. Ele é determinado pela concentração de íons de

hidrogênio (H^+) presentes na solução. Existem diversas variáveis que podem afetar o valor do pH em corpos de água. Alguns exemplos incluem a oxidação da matéria orgânica presente no meio aquático, as concentrações de CO_2 dissolvido na água e a temperatura do corpo hídrico (RIBEIRO *et al.*, 2018).

Um dos parâmetros químicos mais importantes para avaliar a qualidade da água potável é o pH, pois ele pode indicar a eficácia do tratamento realizado e influenciar diversas reações químicas. Além disso, o pH ideal para a saúde humana é alcalino, uma vez que o processo de geração de energia consome elétrons e gera prótons H^+ , o que pode levar a uma acidificação do corpo humano se o pH da água estiver abaixo do ideal (PEREIRA *et al.*, 2020).

O pH inadequado pode contribuir para a corrosão das instalações hidráulicas e do sistema de distribuição de água. Por outro lado, manter um valor de pH dentro dos limites desejáveis contribui para uma maior estabilidade do cloro na água de abastecimento, resultando em uma maior eficácia na desinfecção (FREITAS *et al.*, 2002).

Os valores do pH determinam o meio como ácido, neutro ou alcalino, logo, surge a relação associada a possíveis interferências no funcionamento do meio (CETESB, 2021). Variações nos valores de pH, podem estar relacionadas a ações antropogênicas do entorno do rio, como a urbanização ou agricultura (VON SPERLING, 2007).

5.6.4 Nitrato

O nitrogênio é encontrado em proteínas, clorofila e diversos outros compostos biológicos. A contaminação desses compostos em corpos d'água pode ter origem natural ou antropogênica, sendo esta última a mais relevante. Isso se deve ao fato de que a contaminação antropogênica é proveniente de despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes (VON SPERLING, 2005).

Altas concentrações de nitrogênio podem levar à eutrofização, que é o principal problema relacionado a esse elemento na água. Isso ocorre porque o nitrogênio é um nutriente indispensável para o crescimento de algas e, em concentrações elevadas, pode levar a um aumento excessivo desses organismos, causando interferências nos usos desejáveis do corpo d'água, como problemas com gosto e odor, redução de oxigênio e transparência, declínio na pesca, mortandade de peixes, obstrução de cursos d'água e efeitos tóxicos sobre animais e seres humanos (VON SPERLING, 2005).

Existem diversas formas de nitrogênio presentes em ambientes aquáticos, como nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O), nitrogênio molecular (N_2) e nitrogênio orgânico. Entre elas, o nitrato e o íon amônio são especialmente importantes nos ecossistemas aquáticos, pois representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (BALDUÍNO, 2019).

A relação entre as formas de nitrogênio pode ser utilizada para avaliar as etapas de degradação da poluição orgânica nos corpos d'água. Em zonas de águas limpas, a forma predominante é o nitrato. Se uma amostra de água de um rio poluído for coletada e a análise mostrar uma predominância de nitrito e nitrato, isso pode indicar que as descargas de esgoto se encontram distantes (CETESB, 2021).

5.6.5 Turbidez

A turbidez da água é a redução na intensidade de luz que ocorre quando um feixe de luz atravessa o espelho d'água, causada pela presença de sólidos em suspensão, como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, como algas, bactérias e plâncton. A alta turbidez não só afeta a aparência visual, mas também reduz a atividade fotossintética do ambiente, o que pode levar a um aumento na Demanda Bioquímica de Oxigênio ($\text{DBO}_{5,20}$) e uma diminuição no Oxigênio Dissolvido (OD) (CETESB, 2021).

O valor recomendado pelo CONAMA para águas doces de Classe 2 é que seja inferior a 100 UNT (Unidades de Turbidez) (BRASIL, 2005). A elevação da turbidez da água demanda ajustes nas quantidades de produtos químicos empregados no tratamento, como coagulantes, gerando maiores despesas. Logo, a turbidez pode prejudicar as comunidades biológicas aquáticas e impactar negativamente os diversos usos da água (CETESB, 2021).

5.6.6 Condutividade

A condutividade é uma medida da capacidade da água conduzir eletricidade, que depende das concentrações iônicas e da temperatura, e é uma medida indireta da concentração de poluentes. A condutividade pode indicar mudanças na composição mineral da água, mas não fornece informações sobre as quantidades relativas dos vários componentes. Valores acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam a presença de poluentes na água (CETESB, 2021).

5.6.7 Sólidos Dissolvidos Totais

Uma grande parte dos poluentes presentes na água contribui para a carga de sólidos, com exceção dos gases dissolvidos. A Resolução CONAMA n.º 357/2005 estabelece que o valor máximo permitido para águas doces de Classe 2 é de 500 mg/L para essa carga de sólidos (BRASIL, 2005).

Os sólidos presentes na água podem ser categorizados com base em seu tamanho, características químicas e decantabilidade, podem ser classificados como: sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos, sólidos voláteis, sólidos fixos, sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos em suspensão não sedimentáveis. Os constituintes dissolvidos correspondem aos sólidos presentes em solução verdadeira e contribuem para a salinidade total da água (VON SPERLING, 2005).

Diversas operações como secagem, calcinação e filtração permitem definir as diferentes frações de sólidos presentes na água. Altos teores de sólidos dissolvidos totais tornam a água imprópria para uso. Para muitos fins industriais e uso doméstico, uma quantidade menor que 500 mg/L é considerada satisfatória. Entretanto, quantidades acima de 1000 mg/L podem conter minerais que afetam o sabor e tornam a água inadequada para diversos usos (CARVALHO; OLIVEIRA, 2010).

5.6.8 Fósforo Total

As diversas formas de fósforo podem ser encontradas nos corpos d'água, incluindo ortofosfatos, polifosfatos e fósforos orgânicos. A sua presença em sólidos em suspensão e solutos é comum, sendo proveniente da dissolução dos solos e decomposição da matéria orgânica. A presença antrópica do fósforo pode advir do uso de fertilizantes, despejos domésticos e industriais, detergentes e excrementos animais (CETESB, 2021).

As algas dependem do fósforo para crescer e quando em altas concentrações em lagos e represas, podem se proliferar excessivamente causando a eutrofização do curso d'água. O fósforo também é essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela decomposição de material orgânico (VON SPERLING, 2005).

O fósforo em si não é prejudicial à saúde humana, mas níveis elevados podem indicar a presença de fontes de poluição. De acordo com a resolução CONAMA 357/2005, que estabelece os padrões de qualidade da água para diferentes usos, o limite máximo permitido para águas doces de Classe 2 é de 0,10 mg/L (BRASIL, 2005).

5.6.9 Clorofila a

A clorofila, juntamente com os carotenóides e ficobilinas, é um dos pigmentos responsáveis pelo processo fotossintético. Por essa razão, a *clorofila a* é amplamente utilizada como variável indicadora do estado trófico dos ambientes aquáticos (CETESB, 2021).

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece limites máximos para a presença de clorofila em corpos d'água, para águas doces Classe 2 o valor limite é de até 30 µg/L. Altos níveis de clorofila podem indicar excesso de nutrientes e consequente eutrofização, o que pode levar a problemas como proliferação excessiva de algas e redução da qualidade da água (BRASIL, 2005).

6 METODOLOGIA

6.1 Caracterização da área de estudo

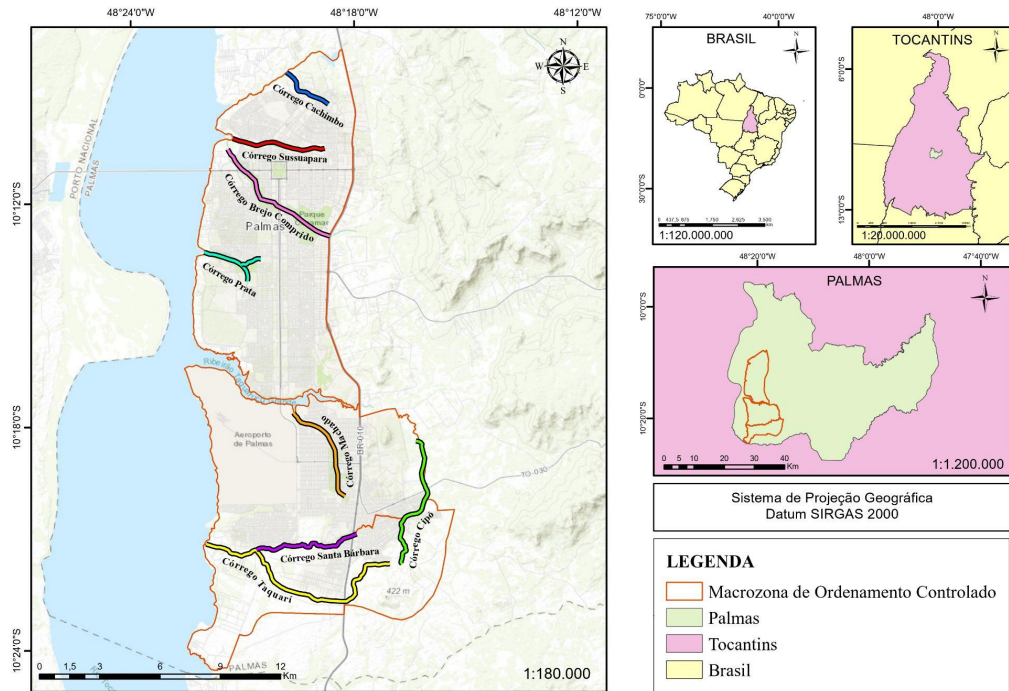
A área de estudo é compreendida no município de Palmas - Tocantins. A cidade é a capital do estado de Tocantins, localizada na região norte do Brasil. Fundada em 1989, é uma cidade jovem e planejada, com uma população estimada em cerca de 306 mil habitantes (IBGE, 2021).

O clima predominante no Estado do Tocantins é tropical, caracterizado por uma estação chuvosa durante o verão, que ocorre nos meses de novembro a abril, e uma estação seca durante o inverno, de maio a outubro. As temperaturas médias anuais variam entre 22°C e 27°C, enquanto a precipitação média anual varia de 600 a 2.000 mm, de acordo com dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 2007.

Palmas está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins. A bacia do Rio Tocantins formada pelo sistema hidrográfico composto pelos rios Araguaia e Tocantins e seus afluentes localiza-se quase que integralmente entre os paralelos 2ª e 18ª e os meridianos de longitude 46ª e 56ª (TUNDISI, 2006). Possui uma área de cerca de 757.000 km², abrangendo partes dos estados de Tocantins, Goiás, Pará, Maranhão e Mato Grosso.

Nesse estudo foram avaliados um total de oito córregos, sendo eles: córrego Cachimbo, Sussuapara, Brejo Comprido, Prata, Machado, Santa Bárbara, Taquarí e Cipó. A localização dos córregos urbanos objetos deste estudo estão inseridos na Figura 1:

Figura 1 - Localização dos córregos de estudo



Fonte: Adaptado de Rodrigues (2022)

A Tabela 1 mostra as características dos corpos hídricos e das sub-bacias hidrográficas nos quais estão inseridos.

Tabela 1 - Características dos córregos de estudo

Corpo hídrico	Extensão (m)	Sub-bacia
Córrego Cachimbo	2776	Ribeirão Água Fria
Córrego Sussuapara	4481	Ribeirão Água Fria
Córrego Brejo Comprido	10853	Córrego Brejo Comprido
Córrego do Prata	2828	Córrego do Prata
Córrego Machado	5344	Ribeirão Taquarussu Grande
Córrego Cipó	7525	Ribeirão Taquarussu Grande
Córrego Santa Bárbara	5505	Ribeirão São João
Córrego Taquari	10719	Ribeirão São João

Fonte: Autor (2023)

A escolha dos córregos para avaliação foi realizada seguindo critérios de inclusão, com o principal fator sendo a localização das nascentes dentro da macrozona de ordenamento controlado do Município de Palmas.

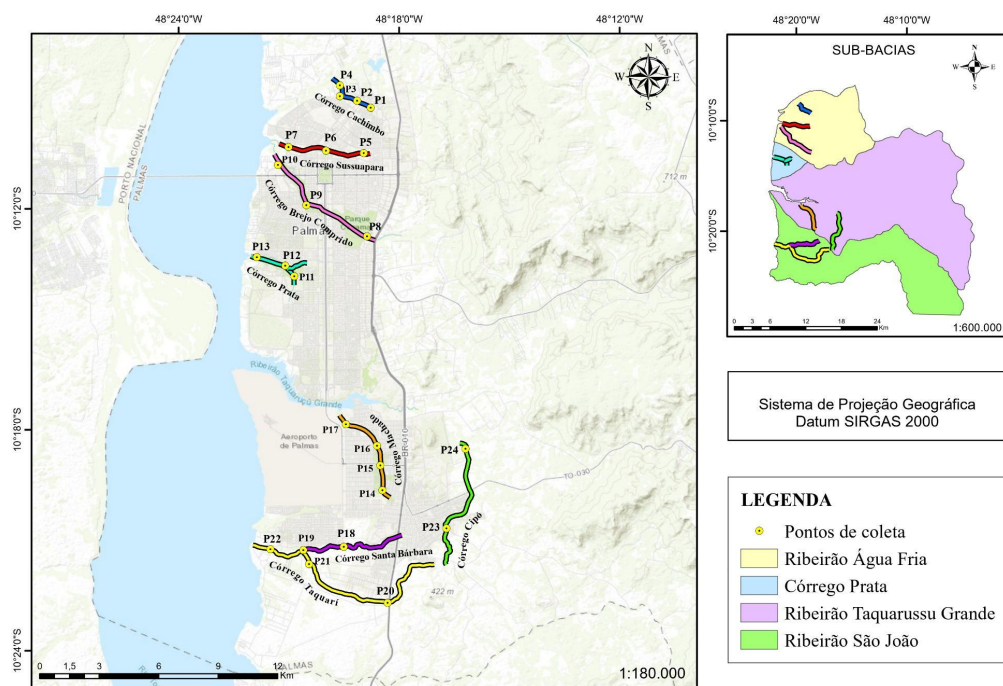
No entanto, foi incluído na avaliação o Córrego Brejo Comprido, mesmo não estando dentro dessa macrozona, devido à sua grande importância para a região central do município. Esse córrego oferece serviços recreativos essenciais para a qualidade de vida da população, o que justifica sua inclusão na avaliação.

6.2 Pontos de coleta

Os pontos de coleta de água foram determinados de acordo com os fatores antrópicos locais, como por exemplo: contribuição de vias urbanas, lançamento de drenagem, pontos de drenagem, lançamento de efluentes e pontes (Figura 2).

Para a realização das análises, as amostras foram coletadas *in loco*, a primeira campanha de análise de qualidade da água foi executada no mês de abril de 2021, sendo esta época caracterizada pelo período chuvoso, já a segunda campanha foi realizada no mês de outubro de 2021, ou seja, no período de estiagem. No total foram coletados 24 pontos distribuídos pelos oito corpos hídricos.

Figura 2 - Pontos de coleta amostral



Fonte: Adaptado de Rodrigues (2022)

6.3 Caracterização físico-química

Para os procedimentos do estudo foram analisados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos córregos urbanos conforme padrões de qualidade aplicáveis a águas doces, Classe 2, estabelecidos na Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005).

Todos os procedimentos analíticos foram realizados seguindo as normas *Standard Methods* (APHA, 2017) e estão descritos no Quadro 1. As variáveis analisadas foram: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH, nitrato, turbidez, condutividade, sólidos dissolvidos totais, fósforo total, clorofila a.

As análises de qualidade da água foram realizadas pelo Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química e Tecnologias Educativas – LAPEQ. Alguns parâmetros foram avaliados *in situ* devido a suscetibilidade a alterações, já outros parâmetros foram avaliados no laboratório.

Quadro 1 - Parâmetros da análise da qualidade da água

Parâmetros	Unidade	Método de Referência
Temperatura	°C	Medida Direta – APHA (2017)
Condutividade Elétrica	µS/cm	Medida Direta – APHA (2017)
Turbidez	UNT	Medida Direta – APHA (2017)
Sólidos Totais Dissolvidos	PPM	Medida Direta – APHA (2017)
pH	Escala	Medida Direta – APHA (2017)
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L	Diferenciação – APHA (2017)
Oxigênio Dissolvido	mg/L	Medida Direta – APHA (2017)
Nitrato	mgN/L	Espectrofotometria – APHA (2017)
Fósforo total	mgP/L	Espectrofotometria – APHA (2017)
Clorofila - a	µg/L	Espectrofotometria – APHA (2017)

Fonte: Autor (2023)

6.4 Cálculo do ICA

A metodologia de cálculo é a descrita na Resolução nº 09 do Conselho Estadual do Meio Ambiente do Tocantins (COEMA-TO) e é detalhada a seguir. Os dados obtidos foram utilizados para o cálculo do índice de conservação da água (ICA), a qual expressa cinco categorias de qualidade da água como mostra a Quadro 2:

Quadro 2 - Categorias da qualidade da água de acordo com o ICA

Qualidade Ótima	ICA = 2,2
Qualidade Boa	2,2 < ICA <= 3,2
Qualidade Regular	3,2 < ICA <= 4,4
Qualidade Ruim	4,4 < ICA <= 6,8
Qualidade Péssima	ICA > 6,8

Fonte: Adaptado de Resolução COEMA n.º 9/2005

O índice é calculado a partir da seguinte expressão:

$$ICA = (IPMCA \times 1,2) + IET \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

IPMCA - Índice de Parâmetros Mínimos para a Conservação da Água

IET - Índice de Estado Trófico

6.4.1 Cálculo do IPMCA

Para calcular o índice de parâmetros mínimos para a conservação da água, as variáveis são divididas em dois grupos:

- Grupo de parâmetros essenciais à biota, denominado (PE): oxigênio dissolvido e pH.
- Grupo de parâmetros indicativos de preservação da água, denominado (SQ): demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), turbidez, nitrato (NO₃⁻), condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (STD).

O IPMCA utiliza três níveis de qualidade para cada parâmetro, com ponderações numéricas de 1 a 3. Esses níveis de qualidade são baseados nos padrões estabelecidos pela

Resolução CONAMA n° 357/05 para enquadramento de corpos hídricos em Classes 1 e 2, que visam proteger as comunidades aquáticas.

Esses níveis refletem as seguintes condições de qualidade de água:

Nível A, águas que apresentam características favoráveis para a manutenção da sobrevivência e reprodução dos organismos aquáticos e que se encontram em bom estado de conservação em termos de qualidade (Ponderação 1).

Nível B, trata-se de águas cujas características são favoráveis à sobrevivência dos organismos aquáticos, porém sua conservação encontra-se comprometida, exigindo atenção especial para a melhoria da qualidade (Ponderação 2).

Nível C, águas que apresentam características que comprometem a sobrevivência dos organismos aquáticos e estão em avançado processo de degradação da qualidade, caracterizando estado de poluição (Ponderação 3).

Nos Quadros a seguir os parâmetros componentes do IPMCA e suas ponderações de acordo com o nível de qualidade.

1) Oxigênio Dissolvido (OD) (Quadro 3):

Quadro 3 - Ponderação oxigênio dissolvido

Parâmetro	Nível	Concentração	Ponderação
OD	A	$\geq 5,0$ mg/L	1
	B	$\geq 4,0$ e $< 5,0$ mg/L	2
	C	$< 4,0$ mg/L	3

Fonte: Adaptado de Resolução COEMA n.º 9/2005

2) Turbidez (Quadro 4):

Quadro 4 - Ponderação turbidez

Parâmetro	Nível	Concentração	Ponderação
Turbidez	A	$\leq 40,0$ UNT	1
	B	$> 40,0$ e $\leq 100,0$ UNT	2
	C	> 100 UNT	3

Fonte: Adaptado de Resolução COEMA n.º 9/2005

3) Nitrato (Quadro 5):

Quadro 5 - Ponderação nitrato

Parâmetro	Nível	Concentração	Ponderação
NO ₃ ⁻ -N	A	< 10,0 mg/L	1
	-	-	-
	C	> 10,0 mg/L	3

Fonte: Adaptado de Resolução COEMA n.º 9/2005

4) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20}) (Quadro 6):**Quadro 6 - Ponderação demanda bioquímica de oxigênio**

Parâmetro	Nível	Concentração	Ponderação
DBO _{5,20}	A	<= 3,0 mg/L	1
	B	> 3,0 e <= 5,0 mg/L	2
	C	> 5,0 mg/L	3

Fonte: Adaptado de Resolução COEMA n.º 9/2005

5) Condutividade (Quadro 7):

Quadro 7 - Ponderação condutividade

Parâmetro	Nível	Concentração	Ponderação
Condutividade	A	<= 100 µmhos/cm	1
	-	-	-
	C	>= 100 µmhos/cm	3

Fonte: Adaptado de Resolução COEMA n.º 9/2005

6) Potencial de Hidrogênio (pH) (Quadro 8):

Quadro 8 - Ponderação pH

Parâmetro	Nível	Concentração	Ponderação
pH	A	>= 5,0 mg/L	1
	-	-	-
	C	< 4 mg/L	3

Fonte: Adaptado de Resolução COEMA n.º 9/2005

7) Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) (Quadro 9):

Quadro 9 - Ponderação sólidos totais dissolvidos

Parâmetro	Nível	Concentração	Ponderação
STD	A	$\leq 500,0$ mg/L	1
	B	$> 500,0$ e $\leq 1000,0$ mg/L	2
	C	$> 1000,0$ mg/L	3

Fonte: Adaptado de Resolução COEMA n.º 9/2005

Equação do IPMCA:

$$IPMCA = PE \times SQ \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

PE: valor médio das ponderações do grupo de parâmetros essenciais

SQ: valor médio das três maiores ponderações do grupo de substâncias indicativas da qualidade da água com vistas à conservação. Este valor é um número inteiro e o critério de arredondamento deverá ser o seguinte: valores menores que 0,5 deverão ser arredondados para baixo e valores maiores ou iguais a 0,5, arredondados para cima.

O valor para o IPMCA pode variar de 1 a 9, sendo subdividido em quatro faixas de qualidade, classificando as águas para a proteção da vida aquática, conforme a Quadro 9:

Quadro 10 - Categorias da qualidade da água de acordo com o IPMCA

Qualidade Boa	IPMCA = 1
Qualidade Regular	IPMCA = 2
Qualidade Ruim	IPMCA = 3 e 4
Qualidade Péssima	IPMCA ≥ 6

Fonte: Adaptado de Resolução COEMA n.º 9/2005

6.4.2 Cálculo do IET

O Índice do Estado Trófico apresentado e utilizado no cálculo do ICA, será composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo - IET(P), e o Índice do Estado Trófico para a clorofila a - IET(CL), modificados por Toledo, sendo:

$$IET(P) = 10 \times \{ 6 - [\ln(80,32 \div PT) \div \ln 2] \} \quad (\text{Equação 3})$$

$$IET(CL) = 10 \times \{ 6 - [(2,04 - 0,695 \times \ln CL) \div \ln 2] \} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde :

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$

CL: concentração de clorofila a medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$

ln: logaritmo natural

Quando dados de ambas as variáveis (fósforo total e clorofila a) estiverem disponíveis, o valor do Índice de Estado Trófico (IET) será calculado como a média aritmética simples dos índices relativos a essas variáveis, conforme a seguinte equação:

$$IET = [IET(P) + IET(CL)] \div 2 \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

IET(P): índice de estado trófico definido para o fósforo

IET(CL): índice de estado trófico definido para a clorofila a

A fim de categorizar o índice obtido, foram estabelecidos quatro estados de trofia: oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico, cada um com seus respectivos limites e características descritos nos quadros a seguir (Quadro 11):

Quadro 11 - Categorias de estado trófico

Estado trófico	Critério
Oligotrófico	IET = 44
Mesotrófico	44 < IET <= 54
Eutrófico	54 < IET <= 74
Hipereutrófico	IET > 74

Fonte: Adaptado de Resolução COEMA n.º 9/2005

Os estados tróficos refletem as seguintes condições de qualidade de água e as seguintes classes do IET (Quadro 12):

Quadro 12 - Classe do estado trófico

Estado trófico	Especificação	Classe do IET
Oligotrófico	Corpos d' água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água.	1
Mesotrófico	Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.	2
Eutrófico	Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, em que ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água e interferências nos seus múltiplos usos.	3
Hipereutrófico	Corpos d' água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, podendo, inclusive, estarem associados a episódios florações de algas e de mortandade de peixes e causar conseqüências indesejáveis sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.	4

Fonte: Adaptado de Resolução COEMA n.º 9/2005

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Análises individuais

No Córrego Cachimbo, a área em questão apresenta, em seu entorno, parte da expansão urbana da cidade sem um planejamento adequado de uso e ocupação do solo. Além disso, durante a pesquisa, foram identificados pontos de despejo de efluentes domésticos provenientes das residências circunvizinhas à microbacia hidrográfica.

A predominância para o Índice de Conservação da Água (ICA) ficou classificado como “regular”, que é uma classificação intermediária. Destacando-se o melhor resultado no período de chuva no ponto de coleta P1, que obteve a classificação “ótima”. Nesse ponto, todos os parâmetros analisados estão dentro dos níveis aceitáveis para corpos hídricos de água doce Classe 2, de acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA.

Por outro lado, o ponto de coleta P3 durante o período de chuva apresentou o pior resultado dentre os demais pontos no córrego. O que mais deturpa o resultado é o seu Índice do Estado Trófico, que é o único diferente dos demais, classificado como mesotrófico.

No ponto P1, durante o período de seca, não foi possível coletar amostras, pois não havia água no local (Tabela 2).

Tabela 2 - Resultados e classificação dos índices para Córrego Cachimbo

Ponto de coleta	Período	IPMCA	Classificação	IET	Classificação	ICA	Classificação
P1	Chuva	1	Boa	36,97	Oligotrófico	2,2	Ótima
	Seco	S/A	S/A	S/A	S/A	S/A	S/A
P2	Chuva	2	Regular	34,27	Oligotrófico	3,4	Regular
	Seco	1,5	Regular	9,10	Oligotrófico	2,8	Boa
P3	Chuva	2	Regular	44,14	Mesotrófico	4,4	Regular
	Seco	2	Regular	23,02	Oligotrófico	3,4	Regular
P4	Chuva	2	Regular	40,86	Oligotrófico	3,4	Regular
	Seco	2	Regular	7,02	Oligotrófico	3,4	Regular

Fonte: Autor (2023)

O Córrego Sussuapara, cuja nascente e foz estão localizadas dentro da área urbana de Palmas e possui ainda um parque onde são realizadas atividades de recreação e lazer, foi objeto de análise para determinação de seus índices de qualidade. Na microbacia do córrego Sussuapara foram identificados pontos de lançamento da rede de água pluvial, bem como o lançamento clandestino de efluentes domésticos.

Os resultados desses índices, os quais revelam que durante a estação chuvosa a classificação varia entre "regular" e “ruim”. É importante ressaltar que nos pontos P5 e P6, o IET é classificado como mesotrófico devido ao teor de fósforo, que excede os limites estabelecidos pela legislação. A presença de fósforo em níveis elevados no ambiente aquático pode estimular o crescimento excessivo de algas e iniciar o processo de eutrofização.

Destacando os aspectos positivos, durante a estação seca, os pontos P6 e P7 apresentaram os melhores níveis de qualidade de acordo com o índice (Tabela 3). No entanto, no ponto P5 não foi possível coletar amostras devido à ausência de água.

Tabela 3 - Resultados e classificação dos índices para Córrego Sussuapara

Ponto de coleta	Período	IPMCA	Classificação	IET	Classificação	ICA	Classificação
P5	Chuva	3,3	Ruim	44,67	Mesotrófico	6	Ruim
	Seco	S/A	S/A	S/A	S/A	S/A	S/A
P6	Chuva	2	Regular	46,30	Mesotrófico	4,4	Regular
	Seco	1	Boa	13,14	Oligotrófico	2,2	Ótima
P7	Chuva	2	Regular	36,23	Oligotrófico	3,4	Regular
	Seco	1	Boa	15,71	Oligotrófico	2,2	Ótima

Fonte: Autor (2023)

O Córrego Brejo Comprido desempenha um papel importante como parte de um parque de lazer e recreação no município de Palmas. Além disso, o parque abriga um lago que desempenha a função de uma bacia de sedimentação para a rede de águas pluviais.

Os resultados obtidos (Tabela 4) revelam que, em sua maioria, a classificação do Córrego Brejo Comprido de acordo com o ICA varia entre “regular” e “ruim”. No entanto, destaca-se o ponto P9 durante a estação seca, que apresenta um IET classificado como Eutrófico. Isso indica que, nessa parte da microbacia, a produtividade dos microrganismos é alta em relação às condições naturais. Esse desvio é resultado de atividades antrópicas, como o lançamento de efluentes domésticos. Por outro lado, o ponto P10 durante a estação seca é o único que apresenta uma classificação mais elevada em comparação aos demais pontos de amostragem.

Tabela 4 - Resultados e classificação dos índices para Córrego Brejo Comprido

Ponto de coleta	Período	IPMCA	Classificação	IET	Classificação	ICA	Classificação
P8	Chuva	2	Regular	41,76	Oligotrófico	3,4	Regular
	Seco	3	Ruim	14,95	Oligotrófico	4,6	Ruim
P9	Chuva	2,6	Ruim	43,10	Oligotrófico	4,2	Regular
	Seco	2	Regular	55,12	Eutrófico	5,4	Ruim
P10	Chuva	2	Regular	40,98	Oligotrófico	3,4	Regular
	Seco	1,5	Regular	29,21	Oligotrófico	2,8	Boa

Fonte: Autor (2023)

O Córrego do Prata está localizado inteiramente em área urbana onde anteriormente existia uma estação de tratamento de esgoto. Atualmente, o Córrego do Prata recebe lançamentos de vários pontos da rede de drenagem de águas pluviais, incluindo o lançamento de efluentes domésticos, o que afeta a qualidade da água desse corpo hídrico, especialmente durante o período de estiagem.

Ao analisar os resultados das amostras (Tabela 5), é possível observar que em todos os pontos de coleta, a classificação do ICA varia entre “regular” e “ruim”. Isso indica que a qualidade da água no Córrego do Prata está comprometida em termos de índices de qualidade. Por outro lado, em relação ao IET, não foram identificadas alterações significativas fora das condições naturais do ambiente.

Tabela 5 - Resultados e classificação dos índices para Córrego do Prata

Ponto de coleta	Período	IPMCA	Classificação	IET	Classificação ICA	Classificação
P11	Chuva	2	Regular	41,17	Oligotrófico	3,4 Regular
	Seco	3	Ruim	9,10	Oligotrófico	4,6 Ruim
P12	Chuva	2	Regular	38,50	Oligotrófico	3,4 Regular
	Seco	3	Ruim	9,10	Oligotrófico	4,6 Ruim
P13	Chuva	2	Regular	32,59	Oligotrófico	3,4 Regular
	Seco	2	Regular	39,48	Oligotrófico	3,4 Regular

Fonte: Autor (2023)

O Córrego Machado está situado em uma região com alta taxa de ocupação e uso do solo, resultando em uma intensa pressão antrópica caracterizada pelo desmatamento da mata ciliar e a deposição de resíduos nas margens do corpo hídrico.

Apesar dos fatores de degradação mencionados, durante a estação de chuva, todos os pontos de amostragem do Córrego Machado obtiveram a classificação “ótima”, o mais elevado nível de qualidade estabelecido pelo Índice de Conservação da Água. Isso indica que todos os parâmetros analisados estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação ambiental vigente (Tabela 6). No entanto, durante a estação de estiagem, observa-se uma diminuição ligeira na qualidade, com apenas o ponto P15 desviando-se para um padrão de qualidade mais inferior que seria o “regular”, enquanto os demais são classificados em “boa”. Para o Índice de Estado Trófico não foram observadas alterações.

Tabela 6 - Resultados e classificação dos índices para Córrego Machado

Ponto de coleta	Período	IPMCA	Classificação	IET	Classificação	ICA	Classificação
P14	Chuva	1	Boa	33,16	Oligotrófico	2,2	Ótima
	Seco	1,5	Regular	40,69	Oligotrófico	2,8	Boa
P15	Chuva	1	Boa	21,89	Oligotrófico	2,2	Ótima
	Seco	2,6	Ruim	33,46	Oligotrófico	4,2	Regular
P16	Chuva	1	Boa	34,58	Oligotrófico	2,2	Ótima
	Seco	1,5	Regular	18,63	Oligotrófico	2,8	Boa
P17	Chuva	1	Boa	38,69	Oligotrófico	2,2	Ótima
	Seco	1,5	Regular	23,63	Oligotrófico	2,8	Boa

Fonte: Autor (2023)

O Córrego Santa Bárbara, afluente do Córrego Taquarí pela margem direita, está localizado em uma região de expansão urbana no município de Palmas-TO, com alta concentração de uso e ocupação do solo próximo à sua nascente.

Nesse córrego (Tabela 7), foram realizados apenas dois pontos de amostragem. Durante o período de chuva, são observados resultados satisfatórios, com os pontos P18 e P19 sendo classificados como “boa” e “ótima”, respectivamente. No entanto, durante a estação seca, a qualidade do corpo hídrico é comprometida. O ponto P18 recebe uma classificação “regular”, enquanto o ponto P19 é classificado como “péssima”, representando a pior categoria de acordo com o Índice de Conservação da Água. Isso indica que os parâmetros analisados no índice estão todos fora dos limites estabelecidos pela legislação ambiental. Não foram observadas alterações significativas no Índice de Estado Trófico (IET).

Tabela 7 - Resultados e classificação dos índices para Córrego Santa Bárbara

Ponto de coleta	Período	IPMCA	Classificação	IET	Classificação	ICA	Classificação
P18	Chuva	1,6	Regular	38,50	Oligotrófico	3,0	Boa
	Seco	2	Regular	37,61	Oligotrófico	3,4	Regular
P19	Chuva	1	Boa	39,16	Oligotrófico	2,2	Ótima
	Seco	5	Péssima	14,95	Oligotrófico	7,0	Péssima

Fonte: Autor (2023)

Durante a estação chuvosa, todos os pontos de amostragem no Córrego Taquarí alcançaram a classificação mais alta no Índice de Conservação da Água (ICA), indicando que o córrego mantém um padrão de qualidade ao longo dessa estação. No entanto, na estação seca, a qualidade da água é prejudicada, destacando-se o ponto P21, que recebe uma classificação “péssima”.

Em relação ao Índice de Estado Trófico, todos os pontos permanecem classificados como Oligotróficos, o que significa que não há interferência humana significativa na qualidade da água, quanto ao estado trófico. No entanto, no ponto P20, durante a estação de estiagem, não foi possível coletar amostras devido à falta de água no local.

Vale ressaltar que o ponto P22 marca a foz do Córrego Santa Bárbara, onde o Córrego Taquarí recebe toda a sua carga de água. Nos índices analisados (Tabela 8), não foram observadas alterações significativas nesse local.

Tabela 8 - Resultados e classificação dos índices para Córrego Taquarí

Ponto de coleta	Período	IPMCA	Classificação	IET	Classificação	ICA	Classificação
P20	Chuva	1	Boa	40,66	Oligotrófico	2,2	Ótima
	Seco	S/A	S/A	S/A	S/A	S/A	S/A
P21	Chuva	1	Boa	35,36	Oligotrófico	2,2	Ótima
	Seco	5	Péssima	30,11	Oligotrófico	7	Péssima
P22	Chuva	1	Boa	34,56	Oligotrófico	2,2	Ótima
	Seco	2	Regular	4,10	Oligotrófico	3,4	Regular

Fonte: Autor (2023)

O Córrego Cipó desempenha um papel crucial como um dos afluentes da margem esquerda do Ribeirão Taquaruçu, fornecendo água para abastecimento no município de Palmas. Além disso, essa região é reconhecida como uma área de expansão urbana significativa.

Na Tabela 9, são apresentados os resultados dos índices correspondentes, e é notável que, durante o período chuvoso, ambos os pontos de amostragem receberam a classificação máxima para o ICA, ou seja, "ótima". Esses resultados indicam que o Córrego Cipó está em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela legislação, demonstrando uma boa conservação do corpo hídrico. Uma das razões para essa boa conservação é o fato de que o Córrego Cipó está localizado em uma área mais distante da densa massa urbana. No entanto, devido à natureza intermitente do Córrego Cipó, durante a estação de estiagem, não foi possível coletar amostras devido à ausência de água.

Tabela 9 - Resultados e classificação dos índices para Córrego Cipó

Ponto de coleta	Período	IPMCA	Classificação	IET	Classificação	ICA	Classificação
P23	Chuva	1	Boa	32,95	Oligotrófico	2,2	Ótima
	Seco	S/A	S/A	S/A	S/A	S/A	S/A
P24	Chuva	1	Boa	36,66	Oligotrófico	2,2	Ótima
	Seco	S/A	S/A	S/A	S/A	S/A	S/A

Fonte: Autor (20233)

7.2 Análises gerais

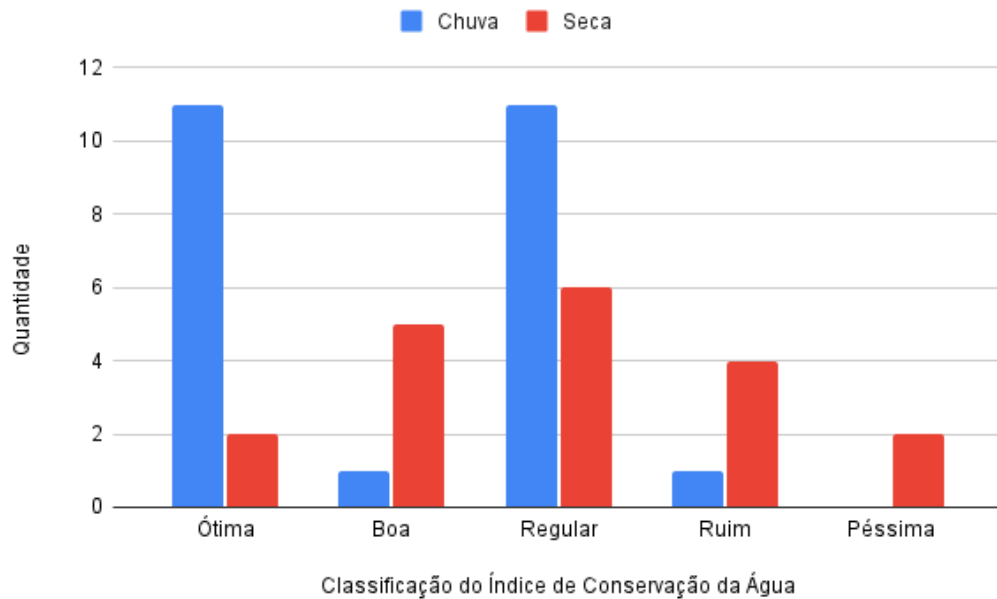
A conservação da água é um tema de extrema importância para a preservação dos recursos hídricos e a manutenção da qualidade ambiental. No contexto da macrozona de ordenamento controlado, onde diversos córregos estão inseridos, a análise do Índice de Conservação da Água (ICA) e sua variação ao longo das estações se torna fundamental para compreender a qualidade dos corpos hídricos nessa região.

A divisão em estações, incluindo a estação chuvosa e a estação de seca, permitirá uma compreensão mais ampla das variações sazonais e seus efeitos sobre a conservação da água e dessa maneira identificar padrões de qualidade da água e possíveis áreas de preocupação. Essa análise mais abrangente permitirá identificar possíveis fatores ambientais, antrópicos ou de uso do solo que possam influenciar a qualidade da água nessa região.

Durante a realização deste estudo, foram analisados um total de 24 pontos nos córregos que compõem a macrozona de ordenamento controlado. No período de estação chuvosa, foi possível coletar amostras em todos os 24 pontos, enquanto na estação de seca, apenas 19 pontos puderam ser amostrados devido à falta de água em alguns trechos.

Ao analisar os resultados obtidos, podemos observar uma variação significativa na classificação dos pontos de acordo com o Índice de Conservação da Água (ICA) em ambas as estações. Durante a estação chuvosa, onze pontos foram classificados como ótimos, o que indica que esses corpos hídricos apresentaram parâmetros dentro dos limites estabelecidos pela legislação e uma excelente qualidade de água. Além disso, um ponto foi classificado como bom, onze como regular e apenas um ponto como ruim, sem nenhum ponto recebendo a classificação péssima.

Já na estação de seca, a distribuição das classificações foi um pouco diferente. Dois pontos foram classificados como ótimos, indicando uma excelente qualidade de água mesmo durante esse período mais crítico. Além disso, cinco pontos receberam a classificação boa, seis pontos foram classificados como regular, quatro pontos como ruim e dois pontos como péssima.

Figura 3 - Classificação do ICA para cada período

Fonte: Autor (2023)

Considerando a análise dos 19 pontos amostrados em ambos os períodos, é evidente que há uma variação significativa no Índice de Conservação da Água (ICA). De acordo com os resultados, da estação de seca para a chuvosa, constata-se uma melhora expressiva de 63,12% nos pontos avaliados, indicando uma possível recuperação da qualidade da água em determinadas áreas. Por outro lado, observa-se uma deterioração de 21,05% dos pontos, sugerindo uma degradação da condição hídrica em algumas localidades. É interessante ressaltar que os 15,79% restantes mantiveram a mesma classificação ao longo dos períodos analisados.

A sazonalidade é um aspecto importante a ser considerado na análise da qualidade da água em corpos hídricos. Como observado nos resultados apresentados, há diferenças significativas nas classificações dos pontos de coleta entre as estações chuvosa e de seca.

Durante a estação chuvosa, é esperado um aumento no fluxo de água nos corpos hídricos devido às precipitações. Esse aumento no volume de água pode diluir poluentes e contribuir para uma melhoria na qualidade da água. Isso pode ser evidenciado pelos resultados em que a maioria dos pontos de coleta recebeu classificações ótimas e boas.

Por outro lado, durante a estação de seca, a disponibilidade de água diminui e os corpos hídricos ficam mais suscetíveis à concentração de poluentes. Isso pode levar a uma deterioração da qualidade da água, como indicado pelos resultados em que um maior número de pontos recebeu classificações regulares, ruins e péssimas.

A sazonalidade pode ser influenciada por diversos fatores, como mudanças no regime de chuvas, variações na vazão dos rios, processos de secagem e recarga dos aquíferos, entre outros. Esses fatores podem afetar a disponibilidade de água e as condições físicas e químicas do ambiente aquático, impactando diretamente na qualidade da água.

8 CONCLUSÕES

A análise laboratorial dos resultados proporcionou indicadores significativos da qualidade da água nos corpos hídricos que compõem a macrozona de ordenamento controlado no Município de Palmas-TO. Por meio do Índice de Conservação de Água (ICA), foi possível identificar variações na conservação dos córregos, evidenciando a necessidade de maior atenção por parte das autoridades competentes.

Os resultados laboratoriais forneceram uma visão abrangente da condição dos corpos hídricos na área de estudo. O Índice de Conservação de Água permitiu uma avaliação comparativa entre os córregos, revelando diferenças em relação à sua conservação. Esses resultados são valiosos para orientar ações e políticas de preservação e gestão dos recursos hídricos, direcionando esforços para áreas que demandam intervenções prioritárias.

É importante ressaltar que a sazonalidade exerce um papel crucial na qualidade da água, com variações significativas observadas entre as estações chuvosa e seca. Essas variações podem estar associadas a fatores climáticos, influência das atividades humanas e padrões de escoamento superficial. Compreender e monitorar essas mudanças sazonais é essencial para o desenvolvimento de estratégias de manejo adequadas, visando à proteção e melhoria contínua da qualidade da água nos corpos hídricos da região.

A combinação dos efeitos da poluição urbana e do desempenho hidrológico demonstra que os serviços dos ecossistemas aquáticos, como a absorção de nutrientes ou a decomposição de matéria orgânica, são prejudicados pela entrada de esgoto, especialmente quando não tratado. Isso leva ao empobrecimento da biota dentro desses ecossistemas. Além disso, constata-se que o estresse hidrológico amplifica o impacto da poluição urbana.

Os resultados obtidos reforçam a importância de promover práticas de conservação e manejo sustentável dos recursos hídricos, buscando mitigar os impactos negativos da ocupação urbana e preservar a integridade dos ecossistemas aquáticos. A implementação de políticas públicas efetivas, aliadas à conscientização da população, são fundamentais para garantir a preservação dos corpos hídricos e a disponibilidade de água de qualidade para as gerações presentes e futuras.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Índice de qualidade das águas**. Portal da qualidade das águas. Brasil, 2010. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-idade-aguas.aspx>> Acesso em: 06 fev. 2023.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard method for examination of water and wastewater**, 23st edn Washington, 2017.
- ANIYIKAIYE, Tolulope E. et al. Physico-chemical analysis of wastewater discharge from selected paint industries in Lagos, Nigeria. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 7, p. 1235, 2019.
- BALDUÍNO, Angelo Ricardo. **Análise dos impactos da agricultura na qualidade da água do reservatório de abastecimento de água no município de Porto Nacional-Tocantins**. 2019. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais), Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019. 164 f.
- BORSOI, Zilda Maria Ferrão; TORRES, Solange Domingo Alencar. A política de recursos hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, p. 143-166, 1997.
- BRASIL, Casa Civil. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1977. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, **Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília**, p. 470, 1997.
- BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 1986.
- BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 53, p. 58-63, 2005.
- BROWN, Robert M. et al. A water quality index-do we dare. **Water and sewage works**, v. 117, n. 10, 1970.
- CARLSON, Robert E. A trophic state index for lakes 1. **Limnology and oceanography**, v. 22, n. 2, p. 361-369, 1977.
- CARVALHO, Aurean et al. Determinação espacial e temporal do IQA do açude Soledade em Soledade-Paraíba. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 8, n. 2, 2011.
- CARVALHO, Anésio Rodrigues de; OLIVEIRA, Mariá Vendramini Castrignano de. **Princípios básicos do saneamento do meio**. São Paulo: SENAC, 2010.
- CASTRO JUNIOR, Rodolfo Moreira de Castro; SOBREIRA, Frederico Garcia; BORTOLOTTI, Frederico Damasceno. Modelagem geoestatística a partir de parâmetros de qualidade da água (IQA-NSF) para a sub-bacia hidrográfica do Rio Castelo (ES) usando sistema de informações geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 3, p. 241-253, 2007.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Índices de Qualidade das Águas**. São Paulo, 2017. Disponível em:

<<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2023.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem**. São Paulo, 2021. Disponível em:

<<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2022/11/Apendice-C-Significado-ambiental-e-sanitario-das-variaveis-de-qualidade-das-aguas-e-dos-sedimentos-e-metodologias-analiticas-e-de-amostragem.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2023.

COUILLARD, Denis; LEFEBVRE, Yves. Analysis of water-quality indices. **Journal of Environmental Management**; (United States), v. 21, n. 2, 1985.

DAVIS, Jenny A.; FROEND, R. J. W. E. Loss and degradation of wetlands in southwestern Australia: underlying causes, consequences and solutions. **Wetlands Ecology and Management**, v. 7, p. 13-23, 1999.

DONADIO, Nicole MM; GALBIATTI, João A.; PAULA, Rinaldo C. de. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 115-125, 2005.

ENDRENY, Theodore A. 126: Land Use and Land Cover Effects on Runoff Processes: Urban and Suburban Development. In: **Encyclopedia of hydrological sciences**, New Jersey, 2005.

FIA, Ronaldo et al. Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 1, p. 132-141, 2009.

FREITAS, Valéria PS et al. Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 61, n. 1, p. 51-58, 2002.

FRINHANI, Eduarda de Magalhães Dias; CARVALHO, Eudislaine Fonseca. Monitoramento da qualidade das águas do Rio do Tigre, Joaçaba, SC. **Unoesc & Ciência-ACET**, Joaçaba, v. 1, n. 1, p. 49-58, 2010.

GOVERNO DO TOCANTINS. **ICMS ecológico: política de meio ambiente, controle e combate às queimadas, saneamento básico, conservação do solo**. Governo do Estado do Tocantins. Palmas, TO: SEMADES; NATURATINS, 2013.

HURLEY, Tim; SADIQ, Rehan; MAZUMDER, Asit. Adaptation and evaluation of the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) for use as an effective tool to characterize drinking source water quality. **Water research**, v. 46, n. 11, p. 3544-3552, 2012.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

JANZEN, Johannes Gerson; SCHULZ, Harry Edmar; LAMON, Antônio Wagner. Medidas da concentração de oxigênio dissolvido na superfície da água. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 13, p. 278-283, 2008.

LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck; CARVALHO, N. de O.; DA SILVA, E. M. **Diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia Araguaia-Tocantins**. Embrapa Cerrados. ANEEL: ANA, 2004.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Biodiversidade do Cerrado e Pantanal: áreas e ações prioritárias para conservação**, 2007. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/5127>>. Acesso em: 14 de mar. 2023.

MORAES, Luiz Roberto Santos et al. Saneamento e qualidade das águas dos rios em Salvador, 2007-2009. **Revista interdisciplinar de gestão social**, v. 1, n. 1, 2012.

PALMAS, Lei Complementar nº 400, de 2 de abril de 2018. Dispõe sobre o Plano Diretor Participativo do Município de Palmas-TO. **Diário Oficial de Palmas**, Palmas, 2018.

PEREIRA, Ingrid Joseane et al. Avaliação do índice de qualidade da água da lagoa de abastecimento da ETA-UNIVAP. **Revista Univap**, v. 26, n. 51, p. 78-90, 2020.

PORTO, R.L.L. (organizador). **Hidrologia ambiental**. Coleção ABRH de Recursos Hídricos - Vol. 3. ABRH, EDUSP, 1991.

QIN, Hua-peng et al. Water quality changes during rapid urbanization in the Shenzhen River Catchment: An integrated view of socio-economic and infrastructure development. **Sustainability**, v. 6, n. 10, p. 7433-7451, 2014.

RANTA, Elina et al. Urban stream assessment system (UsAs): An integrative tool to assess biodiversity, ecosystem functions and services. **Ecological Indicators**, v. 121, p. 106980, 2021.

RIBEIRO, A. R. et al. **Estudo diagnóstico de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de águas subterrâneas em áreas distritais do município de Catu, recôncavo da Bahia**. Exatas Online, v. 9, p. 25-38, 2018.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE - SP. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 2003**. São Paulo, 2004.

TOCANTINS, Conselho Estadual do Meio Ambiente - (COEMA). Resolução nº 09, de 14 de dezembro de 2005. Dispõe sobre as fórmulas para o cálculo da parcela do ICMS pertencente aos municípios. **Diário Oficial do Tocantins**, Palmas, 2006.

TOLEDO, A. P. et al. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 1983. p. 1-34.

TUCCI, Carlos EM. Desenvolvimento institucional dos recursos hídricos no Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**. REGA. REGA, v. 2, n. 2, p. 81-93, 2005.

TUNDISI, José Eduardo Matsumura. **Indicadores da qualidade da bacia hidrográfica para gestão integrada dos recursos hídricos. Estudo de caso: Bacia hidrográfica do Médio Tocantins (TO)**. Tese de doutorado. São Carlos, UFSCar, 2006.

UDDIN, Md Galal; NASH, Stephen; OLBERT, Agnieszka I. A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. **Ecological Indicators**, v. 122, p. 107218, 2021.

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

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 452 p. v.1, 3.ed. Belo Horizonte: UFMG/Departamento de Engenharia Sanitária, 2005.

ZAGATTO, P. A. et al. Aperfeiçoamento de um índice de qualidade de águas. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 11, n. 2, p. 111-126, 1999.