



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
CAMPUS TRINDADE
ENGENHARIA CIVIL

JOÃO YAGO PEREIRA DA SILVA
NAIELLY BOTEHO FARIA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO BARRO PRETO ANTES,
DURANTE E APÓS A FESTA DO DIVINO PAI ETERNO EM TRINDADE-GO**

TRINDADE - GO
2025

JOÃO YAGO PEREIRA DA SILVA

NAIELLY BOTEHO FARIA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO BARRO PRETO ANTES,
DURANTE E APÓS A FESTA DO DIVINO PAI ETERNO EM TRINDADE-GO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Instituto Federal Goiano Campus Trindade, como parte da exigência para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof. Dr. Vinícius Otto de Aguiar Ritzmann Marzall.

TRINDADE - GO

2025

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- ☐ Tese (doutorado)
☐ Dissertação (mestrado)
☐ Monografia (especialização)
☒ TCC (graduação)

- ☐ Artigo científico
☐ Capítulo de livro
☐ Livro
☐ Trabalho apresentado em evento

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

João Yago Pereira da Silva e Naielly Botelho Faria

Matrícula:

2021108200840055/2021108200840

Título do trabalho:

Avaliação da Qualidade da Água do Córrego Barro Preto antes, durante e após a Festa do Divino Pai Eterno em Trindade - GO

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 21 /02 / 2026

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Trindade

Local

21 /02 / 2026

Data

Documento assinado digitalmente

JOAO YAGO PEREIRA DA SILVA
Data: 21/02/2026 16:10:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente

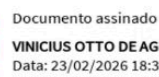
NAILLY BOTELHO FARIA
Data: 21/02/2026 16:15:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



Documento assinado digitalmente

VINICIUS OTTO DE AGUIAR RITZMANN MARZALI
Data: 23/02/2026 18:30:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 65/2025 - CE-TRI/GE-TRI/CMPTRI/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ao dia onzeto mês de dezembro de 2025, com início às 18 horas, na presença da Banca Examinadora presidida pelo Prof. **Vinícius Otto de Aguiar Ritzmann Marzall** e composta pelos avaliadores:

1. Prof^ª. Dr^ª. **Jussanã Milograna**
2. Prof. Msc. **Geraldo Pereira da Silva Júnior**

Os alunos João Yago Pereira da Silva e Naielly Botelho Faria apresentaram o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO BARRO PRETO ANTES, DURANTE E APÓS A FESTA DO DIVINO PAI ETERNO** como requisito curricular indispensável para a obtenção do título de Bacharéis em Engenharia Civil pelo Instituto Federal Goiano Campus Trindade.

A Banca Examinadora deliberou e decidiu pela **APROVAÇÃO** do referido trabalho, divulgando o resultado formalmente aos alunos e demais presentes e eu, na qualidade de Presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada eletronicamente por mim, pelos examinadores e pelos alunos.

Trindade-GO, 11 de dezembro de 2025.

Presidente da Banca Examinadora - Vinicius Otto de Aguiar Ritzmann Marzall

Avaliador 01 – Jussanã Milograna

Avaliador 02 – Geraldo Pereira da Silva Júnior

Aluna – Naielly Botelho Faria

Aluno – João Yago Pereira da Silva

Documento assinado eletronicamente por:

- Vinicius Otto de Aguiar Ritzmann Marzall, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/12/2025 11:56:27.
- Naielly Botelho Faria, 2021108200840110 - Discente, em 16/12/2025 12:05:08.
- Jussanã Milograna, Jussanã Milograna - 2343 - PROFESSORES DE ARQUITETURA E URBANISMO; ENGENHARIA; GEOFÍSICA E GEOLOGIA DO ENSINO SUPERIOR - Campus Trindade (10651417001301), em 16/12/2025 12:29:44.
- João Yago Pereira da Silva, 2021108200840055 - Discente, em 16/12/2025 14:34:35.
- Geraldo Pereira da Silva Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 17/12/2025 17:12:20.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/12/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 775236

Código de Autenticação: 5280db1908



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Trindade

Av. Wilton Monteiro da Rocha, S/N, Setor Cristina II, TRINDADE / GO, CEP 75389-269

(62) 3506-8000

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

S586a SILVA, JOAO YAGO PEREIRA DA
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO
BARRO PRETO ANTES, DURANTE E APÓS A FESTA DO
DIVINO PAI ETERNO EM TRINDADE-GO / JOAO YAGO
PEREIRA DA SILVA. Trindade 2026.

54f. il.

Orientador: Prof. Dr. Vinicius Otto de Aguiar Ritzmann Marzall.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0820084 -
Bacharelado em Engenharia Civil - Trindade (Campus Trindade).
I. Título.

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

S586a FARIA, NAIELLY BOTELHO
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO
BARRO PRETO ANTES, DURANTE E APÓS A FESTA DO
DIVINO PAI ETERNO EM TRINDADE-GO / NAIELLY
BOTELHO FARIA. TRINDADE 2026.

54f. il.

Orientador: Prof. Dr. Vinicius Otto de Aguiar Ritzmann Marzall.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0820084 -
Bacharelado em Engenharia Civil - Trindade (Campus Trindade).
I. Título.

AGRADECIMENTOS

Expressamos nossos sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram de maneira relevante para a elaboração deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Primeiramente, dedicamos nossa profunda gratidão a Deus, por nos conceder a força, a sabedoria e a persistência necessárias para concluir esta jornada.

Ao Professor Doutor Vinícius Marzall, nosso orientador, pelo incentivo, paciência e, principalmente, pela valiosa orientação técnica e científica, que foi essencial para o desenvolvimento e o rigor metodológico desta pesquisa.

À nossa família e aos amigos, por serem a base de apoio incondicional e o alicerce emocional em todos os momentos. Agradecemos imensamente o incentivo, a paciência e, em especial, o auxílio financeiro que viabilizou a aquisição de vidrarias e insumos essenciais à pesquisa.

À empresa de saneamento SANEAGO – Sede de Palmeiras-GO, por prontamente ceder o espaço físico do laboratório e disponibilizar toda a instrumentação de alta precisão, permitindo a execução das análises.

Aos técnicos do laboratório, Andrea Mendes e Péricles, pela inestimável colaboração, orientação técnica e paciência demonstrada durante a realização das análises. O conhecimento e a assistência de vocês foram fundamentais para a integridade e sucesso dos resultados desta pesquisa.

RESUMO

Com o advento de tecnologias e ensaios de monitoramento, o acompanhamento da qualidade das águas tornou-se uma ferramenta essencial de controle nas tomadas de decisão, tanto no âmbito de políticas públicas quanto na compreensão do comportamento da sociedade. Apesar das legislações ambientais e programas de recuperação, muitos corpos d'água ainda se encontram em condições desconhecidas, especialmente em áreas urbanas. Nesse contexto, este trabalho buscou avaliar a influência da Festa do Divino Pai Eterno, realizada em Trindade-GO, na qualidade da água do Córrego Barro Preto, e estabelecer um comparativo da qualidade da água antes, durante e após a realização do evento. Para tanto, foi realizada uma revisão de literatura e definidos três pontos de coleta. As amostras foram analisadas quanto às variáveis de cor, turbidez, pH, fósforo total, oxigênio dissolvido, amônia, nitrato, nitrito, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e presença de coliformes e *Escherichia coli*, em conformidade com os parâmetros do Índice de Qualidade da Água (IQA). As análises laboratoriais foram conduzidas em parceria com a empresa Saneamento de Goiás (SANEAGO). Os resultados obtidos indicaram que o corpo hídrico apresenta um elevado nível de poluição, com destaque para a presença de coliformes e fósforo total acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Entretanto, observou-se que o aumento da população durante o período da festa exerceu pouca influência sobre a qualidade da água, que se manteve praticamente inalterada, reforçando o papel do uso cotidiano como fator preponderante nos índices obtidos. Conclui-se, portanto, que a degradação do córrego Barro Preto está mais relacionada às pressões urbanas contínuas do que aos impactos temporários do evento, reforçando a importância do monitoramento constante e da adoção de práticas sustentáveis de gestão dos recursos hídricos urbanos.

Palavras-chave: águas superficiais; índice de qualidade da água; monitoramento; recursos hídricos; Trindade-GO.

ABSTRACT

With the advent of monitoring technologies and analytical assays, water quality assessment has become an essential tool for supporting decision-making processes, both in public policy and in understanding societal behavior. Despite environmental legislation and recovery programs, many water bodies remain in unknown conditions, especially in urban areas. In this context, this study aimed to evaluate the influence of the Festa do Divino Pai Eterno, held in Trindade, Goiás, on the water quality of the Córrego Barro Preto, establishing a comparison of water quality before, during, and after the event. To this end, a literature review was conducted and three sampling points were defined. Water samples were analyzed for color, turbidity, pH, total phosphorus, dissolved oxygen, ammonia, nitrate, nitrite, electrical conductivity, total dissolved solids, and the presence of coliforms and *Escherichia coli*, in accordance with the parameters of the Water Quality Index (WQI). Laboratory analyses were carried out in partnership with the sanitation company Saneamento de Goiás (SANEAGO). The results indicated that the water body presents a high level of pollution, with emphasis on the presence of coliforms and total phosphorus above the limits established by Resolution CONAMA No. 357/2005. However, it was observed that the population increase during the festival period had little influence on water quality, which remained practically unchanged, reinforcing the role of daily land use as the predominant factor affecting the obtained indices. Therefore, it is concluded that the degradation of the Córrego Barro Preto is more closely related to continuous urban pressures than to the temporary impacts of the event, highlighting the importance of constant monitoring and the adoption of sustainable practices for urban water resource management.

Keywords: surface water; water quality index; monitoring; water resources; Trindade-GO.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Curvas médias de variação de cada parâmetro do IQA.....	23
Figura 2 -	Fluxograma da metodologia aplicada no estudo.....	30
Figura 3 -	Distribuição dos pontos de coleta no percurso do manancial.....	31
Figura 4 -	Visualização fotográfica da paisagem dos pontos de coleta.....	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Classificação das águas doces segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005...	20
Quadro 2 -	Pesos atribuídos no cálculo do IQA.....	22
Quadro 3 -	Parâmetros analisados e métodos laboratoriais empregados.....	34
Quadro 4 -	Classificação do IQA.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resultados do IQA.....	37
Tabela 2 -	Valores da Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L O ₂).....	38
Tabela 3 -	Valores da Temperatura da Água (°C).....	39
Tabela 4 -	Valores de Oxigênio Dissolvido (mg/L O ₂).....	39
Tabela 5 -	Valores de pH.....	41
Tabela 6 -	Valores de Nitrogênio (mg/L).....	41
Tabela 7 -	Valores de Nitrito, Nitrato e Amônia (mg/L).....	42
Tabela 8 -	Valores de Fósforo Total (mg/L).....	43
Tabela 9 -	Valores de Turbidez (NTU).....	44
Tabela 10 -	Valores de Condutividade Elétrica (µS/cm).....	44
Tabela 11 -	Valores de Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L).....	45
Tabela 12 -	Valores de Cor Aparente (uH).....	46
Tabela 13 -	Valores de Coliformes Totais e <i>E. Coli</i> (NMP/100 mL).....	47
Tabela 14 -	Enquadramento dos parâmetros do Córrego Barro Preto (Classe 2).....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\mu\text{S/cm}$ -	Microsiemens por centímetro (Unidade de medida para CE)
ABNT -	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ANA -	Agência Nacional de Águas.
CE -	Condutividade Elétrica
CETESB -	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.
CONAMA -	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
DBO -	Demanda Bioquímica de Oxigênio.
<i>E. Coli</i> -	<i>Escherichia Coli</i>
IQA -	Índice de Qualidade da Água.
mg/L -	Miligramas por Litro (Unidade de medida)
mg/L O ₂	Miligramas de Oxigênio por Litro (Unidade de medida para DBO e OD)
NMP/100 mL	Número Mais Provável por 100 mililitros (Unidade de medida para <i>E. coli</i>)
NTU -	Unidade Nefelométrica de Turbidez
OD -	Oxigênio Dissolvido
pH -	Potencial Hidrogeniônico.
PNQA -	Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas
SANEAGO -	Saneamento no Estado de Goiás.
STD -	Sólidos Totais Dissolvidos
uH -	Unidade Hazen (Unidade de medida para Cor Aparente)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 PROBLEMATIZAÇÃO	17
3 OBJETIVOS	17
3.1 Objetivo geral.....	17
3.2 Objetivos específicos.....	17
4 JUSTIFICATIVA	18
5 REVISÃO DE LITERATURA.....	19
5.1 Enquadramento dos Recursos Hídricos (Resolução CONAMA nº 357/2005)	20
5.2 Cálculo do Índice de Qualidade da Água	21
5.3 Parâmetros do IQA	22
5.3.1 Coliformes Termotolerantes	24
5.3.2 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	24
5.3.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	25
5.3.4 Nitrogênio Total	25
5.3.5 Fósforo Total	26
5.3.6 Temperatura.....	26
5.3.7 Turbidez.....	27
5.3.8 Sólido Total	27
5.3.9 Oxigênio Dissolvido	28
5.3.10 Cor Aparente.....	28
5.3.11 Condutividade Elétrica	29
6 METODOLOGIA.....	30
6.1 Procedimentos de coleta	31
6.2 Parâmetros analisados	33

6.3 Tratamento dos dados	35
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
7.1 Índice de Qualidade da Água	37
7.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	37
7.3 Temperatura da Água	38
7.4 Oxigênio Dissolvido	39
7.5 Potencial Hidrogeniônico (pH)	40
7.6 Nitrito, Nitrato e Amônia – Nitrogênio Parcial	41
7.7 Fósforo Total.....	43
7.8 Turbidez	43
7.9 Condutividade Elétrica	44
7.10 Sólidos Totais Dissolvidos	45
7.11 Cor Aparente.....	46
7.12 Coliformes Totais, <i>Escherichia Coli</i> (<i>E. Coli</i>) – Coliformes Termotolerantes	46
7.13 Síntese sobre o enquadramento e implicações para o uso da água	48
8 CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o crescimento urbano desordenado e as ações antropogênicas têm exercido uma pressão significativa sobre os ecossistemas naturais, com consequências importantes para as bacias hidrográficas (TUCCI, 2011). Em áreas urbanizadas, a impermeabilização do solo, o lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento adequado e as alterações no curso natural dos rios são fatores que levam à perda das características naturais dos cursos d'água. Essa degradação resulta na alteração da qualidade da água e na redução da capacidade dos rios de fornecerem serviços ecossistêmicos (CARNEIRO *et al.*, 2021).

Diante da constante pressão antrópica e da degradação gradativa dos corpos hídricos urbanos, torna-se necessário o uso de instrumentos para a gestão ambiental. A poluição ocorre gradativamente e, sendo assim, é preciso fazer uso de instrumentos como o monitoramento da qualidade da água, pois este se presta a identificar o nível da degradação do corpo hídrico ao longo do tempo, por meio da análise de parâmetros que podem ser de natureza física, química ou biológica (Menezes *et al.*, 2010).

Perante esse panorama, de acordo com Fia *et al.* (2015),

o monitoramento das águas superficiais destaca-se como um importante instrumento de gestão, independentemente do tamanho da bacia, possibilitando a tomada de decisão por parte dos órgãos ambientais. Esse monitoramento propicia a obtenção de dados qualitativos e quantitativos da água, evidenciando requisitos de qualidade traduzidos, de forma generalizada e conceitual, em função de seus usos previstos.

Nesse ínterim, a aplicação do monitoramento e análise da qualidade da água transcende a simples obtenção de dados, firmando-se como uma medida estratégica, sendo de grande importância para a prevenção de problemas futuros, como a ocorrência de surtos de doenças de veiculação hídrica, e, simultaneamente, para a otimização da gestão (CAMPLESI, 2010). A avaliação e o monitoramento são cruciais para acompanhar o comportamento dos parâmetros e fornecer subsídios para a tomada de decisões no gerenciamento dos recursos hídricos, evitando a degradação que aumentaria os custos de tratamento (FIGUEIREDO, 2008).

Assim, o monitoramento e análise da qualidade da água se alinha com essa metodologia, possuindo inúmeras vantagens, principalmente em áreas urbanas, pois permite relacionar as possíveis consequências advindas do uso e ocupação do solo com a condição do corpo hídrico

(ZHOU *et al.*, 2018). Uma das formas para realizar esse monitoramento é por meio do índice de qualidade da água (IQA), que é uma metodologia usada para avaliar a qualidade da água, a partir da medição de suas características físicas, químicas e biológicas, classificando-as a partir de parâmetros de qualidade pré-estabelecidos (CETESB, 2022).

Um aspecto ainda pouco explorado está relacionado com a variação da qualidade nos rios devido a eventos pontuais de grande porte. Nesse sentido, cabe destacar a Festa do Divino Pai Eterno realizada na cidade de Trindade, Goiás. De caráter religioso (católico), a festa, que tem duração de uma semana entre os meses de junho e julho, reúne milhões de visitantes anualmente, gerando uma concentração populacional que pode impactar os recursos hídricos locais (MARTINS, 2023).

Sendo assim, este trabalho busca entender a influência da Festa do Divino Pai Eterno na qualidade da água de um de seus principais mananciais, o córrego Barro Preto. Para tanto foram realizados os testes de IQA antes, durante e após a referida festa, pois como afirmam Fia *et al.*, (2015), “o monitoramento das águas superficiais é um importante instrumento de gestão, uma vez que propicia a obtenção de dados qualiquantitativos da água, em função de seus usos previstos, a fim de possibilitar a tomada de decisão por parte do poder público e atores sociais envolvidos”.

2 PROBLEMATIZAÇÃO

A cidade de Trindade, Goiás, é marcada por um intenso e concentrado fluxo de visitantes durante a Festa do Divino Pai Eterno, evento religioso que chega a reunir mais de 3 milhões de fiéis (MARTINS, 2023). Esse aumento repentino e exponencial da população eleva drasticamente a demanda por recursos hídricos e, crucialmente, sobrecarrega a infraestrutura de saneamento e gestão de resíduos da cidade, que é dimensionada para uma população fixa muito menor, de aproximadamente 150 mil habitantes (estimativa IBGE/2024). O Córrego Barro Preto, um dos principais mananciais da região, é particularmente vulnerável, pois recebe contribuições diretas provenientes de áreas urbanas e, em função dessa sobrecarga temporária da atividade humana, pode ter sua qualidade hídrica alterada por lançamentos de efluentes não tratados ou tratados de forma deficiente.

Assim, o problema central deste estudo consiste em investigar se, e como a realização da Festa do Divino Pai Eterno interfere na qualidade da água do Córrego Barro Preto.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O presente estudo tem como objetivo avaliar a influência da Festa do Divino Pai Eterno na qualidade da água do córrego Barro Preto, localizado no município de Trindade-GO, por meio da análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos representativos.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar os principais parâmetros de qualidade da água afetados por atividades antrópicas contínuas na bacia hidrográfica do córrego Barro Preto;
- Analisar as variações nos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água antes, durante e após a Festa do Divino Pai Eterno;
- Comparar os resultados obtidos com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, verificando o enquadramento da água em sua respectiva classe;
- Avaliar como o aumento populacional temporário durante o evento religioso afeta os índices de poluição identificados previamente.

4 JUSTIFICATIVA

O presente estudo se justifica pela lacuna de informações sobre o impacto de eventos temporários de grande porte no recurso hídrico local. Embora a Festa do Divino Pai Eterno possua grande relevância social e cultural, ela é responsável por um aumento populacional que não possui estudos que avaliem os impactos ambientais decorrentes, em específico sobre os cursos d'água da região, como o Córrego Barro Preto.

Este trabalho se alinha diretamente ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nº 6 da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas – Água Potável e Saneamento –, especialmente à meta 6.3, que propõe “melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejos e minimizando o lançamento de substâncias perigosas, além de aumentar substancialmente a reciclagem e a reutilização segura” (ONU, 2015). A pesquisa contribui para a gestão sustentável dos recursos hídricos urbanos e para a tomada de decisões baseadas em evidências.

Ademais, a utilização do Índice de Qualidade da Água (IQA), reconhecido por órgãos como a Agência Nacional de Águas (ANA) e padronizado em metodologias da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2022) e da NBR ISO/IEC 17025:2017 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), garante a confiabilidade e a comparabilidade dos dados obtidos. Isso reforça o valor técnico-científico da pesquisa, que poderá subsidiar políticas públicas locais e regionais, promovendo o uso consciente e a conservação dos recursos hídricos.

Portanto, conforme exposto pela ANA (2024), “se por um lado os estudos nos alertam e trazem informações que vão balizar a tomada de decisões, por outro, também vão indicar ações de infraestrutura que precisam ser feitas, ações de conservação que precisam ser tomadas”. Assim, o estudo não apenas atende às exigências normativas e ambientais, como também responde aos compromissos globais de sustentabilidade, destacando-se pela inovação ao investigar o impacto de eventos temporários na qualidade das águas urbanas.

5 REVISÃO DE LITERATURA

As cidades, de forma geral, possuem rios em suas paisagens urbanas. Com o aumento na oferta de serviços de água tratada e esgoto, esses rios passaram a ser pouco valorizados pela população e, muitas vezes, esquecidos pelo poder público no planejamento urbano. Apesar das legislações ambientais, programas de educação ambiental e medidas de recuperação de áreas degradadas, muitos corpos d'água encontram-se em estado considerado ruim, especialmente em regiões urbanas (CARVALHO; SIQUEIRA, 2011).

Entretanto, a importância dos rios urbanos voltou à tona recentemente em diversos países. Estudos de recuperação e revitalização desses ambientes vêm sendo desenvolvidos e aplicados em várias localidades, com destaque para a revitalização de córregos e rios como alternativa sustentável às tradicionais obras de canalização (CARNEIRO *et al.*, 2021), e as iniciativas brasileiras que buscam a recuperação e integração paisagística de córregos urbanos por meio de parques lineares (TUCCI, 2011). Lisboa (2010) afirma que “a recuperação de rios urbanos e a disponibilização dos serviços desses ecossistemas para as cidades configuram-se como tendências mundiais que fazem parte da revisão do pensamento humano em relação à questão ambiental, salientando que a questão ambiental é, também, uma questão política e econômica”.

Como caminho para possíveis soluções a esse problema, o monitoramento constante das áreas urbanas serve como ferramenta para relacionar as possíveis consequências advindas do uso e ocupação do solo (ZHOU *et al.*, 2018). Essa função é ressaltada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), que pontua: “se, por um lado, os estudos nos alertam e trazem informações que vão balizar a tomada de decisões, por outro, também vão indicar ações de infraestrutura que precisam ser feitas, ações de conservação que precisam ser tomadas” (BRASIL, 2024).

Os parâmetros de qualidade da água variam de acordo com a finalidade pretendida para o recurso e são afetados tanto por condições naturais quanto por interferências antrópicas (MENEZES *et al.*, 2010). As alterações na qualidade da água são decorrentes, principalmente, das atividades humanas realizadas em uma bacia hidrográfica, e tais modificações podem ser avaliadas por meio do monitoramento. O comportamento da água reflete as condições e os impactos resultantes do uso e ocupação do solo na bacia (VON SPERLING, 2014; SOUZA *et al.*, 2015).

5.1 Enquadramento dos Recursos Hídricos (Resolução CONAMA nº 357/2005)

O enquadramento dos corpos d'água no Brasil é regido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece as condições e padrões de qualidade a serem observados para o uso preponderante das águas (BRASIL, 2005). Essa legislação é o instrumento fundamental para a gestão da qualidade dos recursos hídricos, pois define os limites máximos aceitáveis para os parâmetros físico-químicos e biológicos em cada classe de corpo hídrico (MENEZES *et al.*, 2010).

Para a classificação de águas doces, as classes definem os usos permitidos. O conhecimento prévio ou o resultado do enquadramento do manancial permite verificar o grau de conformidade do corpo d'água monitorado e a magnitude dos impactos ambientais, como os decorrentes de aumentos populacionais temporários (VON SPERLING, 2014).

O Quadro 1 apresenta o resumo dos critérios de classificação aplicados às águas doces:

Quadro 1 – Classificação das águas doces segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005

Classificação dos corpos de água doce	
Classe	Destinação
I - classe especial	a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
II - classe 1	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; 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 e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
III - classe 2	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; 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 e) à aquicultura e à atividade de pesca.
IV - classe 3	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais.
V - classe 4	a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.

Fonte: Adaptado de Resolução CONAMA nº 357, 2005.

A partir do Quadro 1, observa-se que as classes definem o grau de proteção e o uso preferencial de cada corpo hídrico. A Classe 1, por exemplo, destina-se ao abastecimento humano após tratamento simplificado, enquanto a Classe 2, foco deste trabalho, é voltada para o abastecimento humano após tratamento convencional, a recreação de contato primário (como natação e mergulho) e a irrigação de hortaliças e plantas frutíferas. A classificação na Classe 2 implica que os corpos d'água devem apresentar um nível de qualidade que suporte diretamente o contato humano e o uso como fonte de água, tornando o monitoramento essencial para garantir a segurança pública frente às variações de carga antrópica.

5.2 Cálculo do Índice de Qualidade da Água

O monitoramento da qualidade da água de rios urbanos é realizado mediante a análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos ao longo do curso do rio, utilizando-se os métodos e critérios definidos pelo Índice de Qualidade da Água (IQA).

É fundamental reconhecer que, embora o IQA seja a metodologia mais difundida no Brasil, existem outros índices e métodos para mensurar a qualidade da água, cada um com foco e aplicabilidade distintos. A escolha do método depende dos objetivos do monitoramento e dos recursos disponíveis. Outros índices e métodos amplamente utilizados incluem:

- Índice de Estado Trófico (IET): Focado especificamente na avaliação da eutrofização do corpo hídrico, analisando principalmente os níveis de Fósforo Total e Clorofila-a (CETESB, 2013).
- Índice de Qualidade para Usos Específicos (IQAE): Criado para avaliar a adequação da água para um uso específico (ex.: irrigação, aquicultura), sendo classificado como uma modalidade de índice de uso específico (CPRH, 2006).
- Índice de Toxicidade (IT): Mede a toxicidade aguda ou crônica da água por meio de bioensaios, relevante para a identificação de contaminação por substâncias perigosas (CPRH, 2006).

Nesse sentido, Toledo (2002) destaca que “o uso de índices de qualidade de água é uma tentativa que todo programa de monitoramento de águas superficiais prevê como forma de acompanhar, por meio de informações resumidas, a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou do tempo”.

De acordo com o portal da ANA (2024), o cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado de nove parâmetros de qualidade, conforme a Equação 1:

$$IQA = \prod_{i=1}^n qi^{wi} \quad (1)$$

onde:

IQA= Índice de Qualidade das Águas (número entre 0 e 100);
 qi= qualidade do i-ésimo parâmetro (número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida);
 wi= peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, fixado em função da sua importância para a qualidade global da água, sendo um número entre 0 e 1.

A soma dos pesos deve ser igual a 1, conforme a Equação 2:

$$\sum_{i=1}^n wi = 1 \quad (2)$$

em que n representa o número total de parâmetros considerados no cálculo do IQA.

O uso do IQA, portanto, permite uma avaliação integrada da qualidade da água, traduzindo informações complexas em um único valor representativo, de fácil interpretação e aplicação para o monitoramento de recursos hídricos urbanos.

5.3 Parâmetros do IQA

O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi calculado conforme a metodologia proposta pela CETESB (2022), aplicando o produtório ponderado dos parâmetros físicos, químicos e biológicos medidos experimentalmente. Cada parâmetro recebeu um peso (w_i) proporcional à sua importância para a avaliação global da qualidade da água, como apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Pesos atribuídos no cálculo do IQA

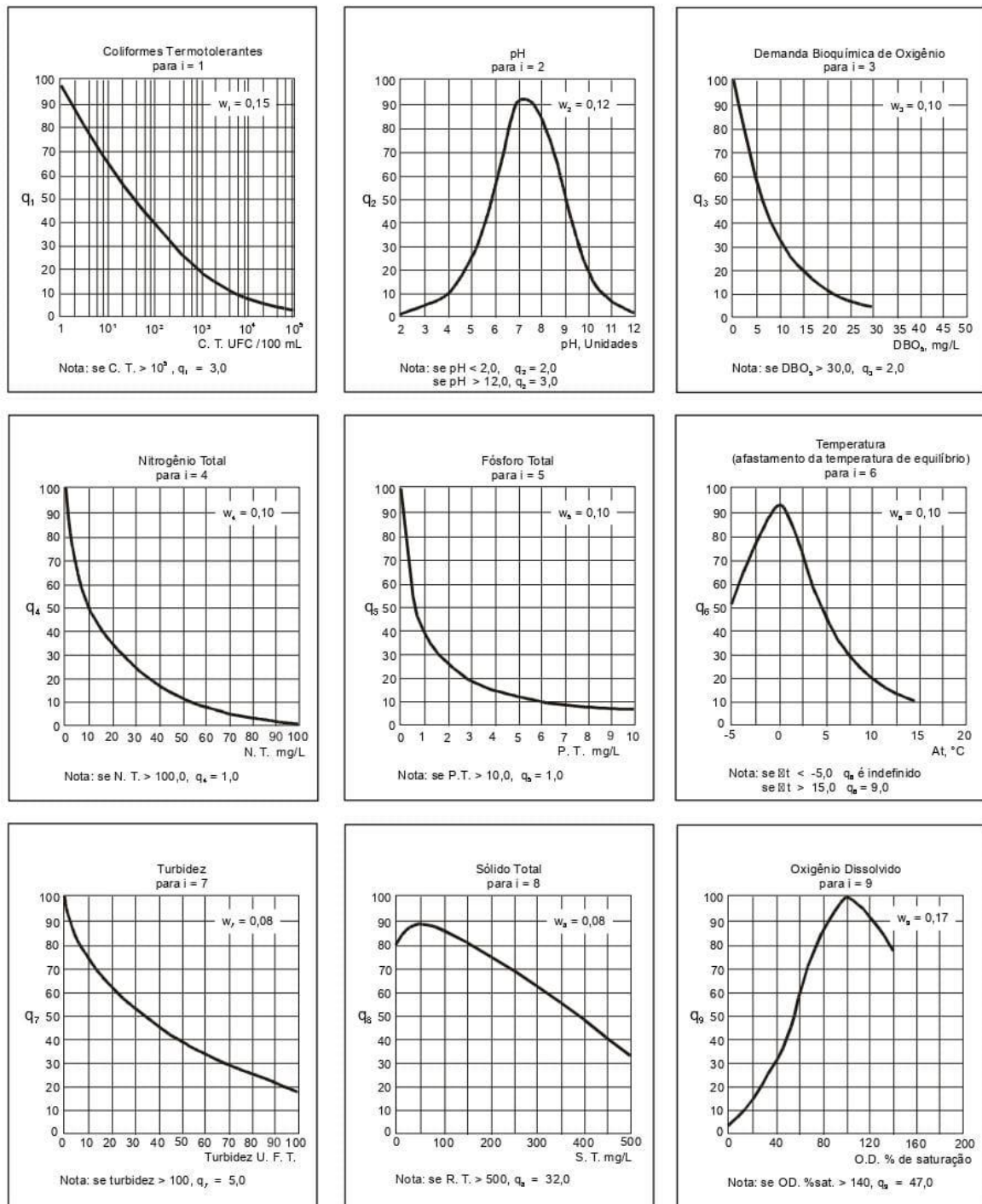
i	Parâmetro	Peso (w_i)
1	Coliformes termotolerantes	0,15
2	Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
3	Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO _{5,20}	0,10
4*	Nitrogênio total	0,10
5	Fósforo total	0,10
6	Temperatura da água	0,10
7	Turbidez	0,08
8	Sólido total	0,08
9	Oxigênio dissolvido	0,17

Nota: * o símbolo representa que o parâmetro realizado na pesquisa é parcial

Fonte: Adaptado de CETESB, 2022.

Após a apresentação dos parâmetros e de seus respectivos pesos (w_i), a Figura 1 ilustra as curvas de variação da qualidade (q_i) utilizadas no cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA), conforme metodologia estabelecida pela CETESB (2022). Essas curvas permitem converter o valor bruto de cada parâmetro em um valor adimensional de qualidade, padronizado na escala de 0 a 100.

Figura 1 – Curvas médias de variação de cada parâmetro do IQA



Fonte: CETESB, 2022.

A metodologia do Índice de Qualidade da Água (IQA), essencial para este estudo, baseia-se no produtório ponderado dos nove parâmetros já representados na figura anterior. Contudo, para se obter uma avaliação mais completa e detalhada da qualidade hídrica de mananciais urbanos, sobretudo em contextos de elevada pressão antrópica como o Córrego Barro Preto, é igualmente pertinente realizar análises de outros indicadores complementares. Entre estes, destacam-se a Cor Aparente e Condutividade Elétrica, pois fornecem subsídios adicionais sobre a qualidade visual da água e a concentração de íons dissolvidos, respectivamente.

5.3.1 Coliformes Termotolerantes

O grupo de Coliformes Termotolerantes e, especificamente, a bactéria *Escherichia Coli* (*E. Coli*) são considerados os indicadores mais cruciais de poluição de origem fecal em corpos d'água. Isso ocorre porque o aumento de suas concentrações está diretamente ligado ao lançamento de esgotos sanitários e resíduos orgânicos, sendo, por isso, o parâmetro com maior peso no cálculo do IQA (COSTA; FERREIRA, 2015).

A Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) estabelece o limite máximo de 1000 número mais provável (NMP) por 100 mililitros para Coliformes Termotolerantes em águas de Classe 2. Para a execução deste estudo, o monitoramento e o cálculo foram realizados utilizando o *E. Coli* como indicador primário devido às limitações operacionais nas dependências da SANEAGO, o que está em consonância com o uso do *E. Coli* como principal subgrupo de contaminação fecal.

5.3.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é um dos indicadores mais suscetíveis a alterações em corpos d'água, sendo uma medida da concentração de íons hidrogênio (H^+) em uma solução, que determina seu caráter ácido ou alcalino (VON SPERLING, 2005). O pH é um parâmetro essencial de qualidade hídrica, uma vez que controla diversos processos biogeoquímicos, como a toxicidade de metais e a solubilidade de gases, incluindo o Oxigênio Dissolvido (ESTEVES, 1998).

A variação do pH pode ter origem em eventos naturais (como a interação com a composição geológica e a taxa de fotossíntese de algas) ou em intervenções humanas (como o descarte de efluentes sanitários ou industriais), além da influência da decomposição da matéria orgânica presente no sistema (ESTEVES, 1998).

A Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) estabelece a faixa ideal de 6,0 a 9,0 para o enquadramento de águas doces na Classe 2. Alterações fora desse intervalo podem comprometer o metabolismo da biota aquática e a eficácia de processos de tratamento de água para consumo.

5.3.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é um parâmetro que reflete a quantidade de oxigênio consumida pelos microrganismos durante a oxidação e estabilização da matéria orgânica lançada no ambiente aquático (ESTEVES, 1998). Um alto teor de resíduos orgânicos eleva a DBO, o que por sua vez, diminui o Oxigênio Dissolvido (OD), ameaçando a sobrevivência de espécies aeróbicas (VON SPERLING, 2005).

Portanto, o controle desse indicador é necessário para a manutenção da vida aquática e do equilíbrio ecológico do manancial. A redução do Oxigênio Dissolvido causada pela alta DBO pode levar à asfixia dos organismos, à mudança na composição da biota aquática e à ocorrência de condições anaeróbicas no corpo hídrico.

A Resolução do CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) determina que, para que um corpo d'água se mantenha na Classe 2, a DBO deve apresentar um valor máximo de 5 mg/L O₂.

5.3.4 Nitrogênio Total

O Nitrogênio é um nutriente essencial que, no meio aquático, é encontrado em diversas formas inorgânicas, sendo as mais relevantes a Amônia, o Nitrito e o Nitrato (VON SPERLING, 2005). Essas formas representam diferentes estágios do ciclo do nitrogênio e são indicadores de contaminação orgânica e do nível de oxigenação da água (ESTEVES, 1998). O Nitrato e o Nitrito, assim como o Fósforo, são fatores limitantes de crescimento que, quando presentes em excesso, podem levar à eutrofização do corpo d'água.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) estabelece limites máximos para as formas inorgânicas de nitrogênio para corpos d'água doce enquadrados na Classe 2:

- Amônia: O limite máximo de Amônia estabelecido para águas doces de Classe 2 é condicional. Para $\text{pH} \leq 7,5$ o limite é de 3,7 mg/L. Para $\text{pH} > 7,5$ o limite é reduzido progressivamente para proteger a biota aquática, sendo, por exemplo, de 2,0 mg/L para pH 8,0. Sendo que a toxicidade da Amônia varia significativamente em função do pH e da temperatura da água.

- Nitrito: O valor não deve exceder 1,0 mg/L. Concentrações elevadas de nitrito são geralmente um indicativo de que a oxidação da Amônia para Nitrato está incompleta, refletindo condições de oxigenação insuficientes ou poluição recente.
- Nitrato: O limite é de 10,0 mg/L. O Nitrato representa o estágio final e mais estável do ciclo de oxidação do nitrogênio, e seu excesso contribui diretamente para o risco de eutrofização.
- Nitrogênio Total: Não há um limite específico estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 para o Nitrogênio Total em corpos d'água lóticos (como o Córrego Barro Preto). O monitoramento do nitrogênio total é usualmente empregado na metodologia do IQA (Índice de Qualidade da Água). Dadas as suas limitações laboratoriais, a soma dos valores de Amônia, Nitrito e Nitrato (Nitrogênio Parcial) foi utilizada para inferir a concentração de nitrogênio, em vez do Nitrogênio Total, para o cálculo do IQA.

5.3.5 Fósforo Total

O Fósforo é um nutriente essencial encontrado no ambiente aquático em diversas formas, incluindo ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico (VON SPERLING, 2005). Sua presença na água pode ser atribuída à dissolução de compostos minerais presentes no solo e, principalmente, à decomposição da matéria orgânica.

A origem antropogênica do Fósforo é significativa e geralmente advém de descargas de esgoto doméstico, de efluentes industriais, da lixiviação de fertilizantes agrícolas e do uso de detergentes (ESTEVES, 1998). O excesso desse nutriente atua como um fator limitante para a produção primária, podendo levar ao fenômeno da eutrofização do corpo hídrico.

A Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) estabelece limites máximos para o Fósforo Total, variando conforme o tipo de ambiente. O Córrego Barro Preto, por ser um ambiente lótico (de água corrente), possui o limite máximo estabelecido de 0,1 mg/L.

5.3.6 Temperatura

A Temperatura é uma variável física com profundo impacto na ecologia dos sistemas aquáticos, interferindo diretamente em propriedades físico-químicas como a densidade, a viscosidade e, crucialmente, a solubilidade do Oxigênio Dissolvido (OD) (VON SPERLING, 2005). Essas inter-relações têm reflexos diretos na sobrevivência e no bem-estar da biota aquática.

A flutuação da Temperatura pode ser motivada por causas naturais (como a irradiação solar e as condições climáticas) ou por ações antropogênicas, como o deságue de efluentes industriais ou domésticos aquecidos (ESTEVES, 1998).

Embora a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) não estabeleça um valor absoluto para este parâmetro, reconhece-se sua influência como um dos principais fatores na mortalidade e no controle do metabolismo das espécies aquáticas. Isso ocorre porque o crescimento e desenvolvimento de organismos, como peixes, insetos e plantas, estão diretamente ligados a faixas térmicas ideais. Variações térmicas abruptas podem, portanto, desfavorecer determinadas espécies e afetar o equilíbrio biológico do ecossistema.

De maneira geral, a manutenção da qualidade da vida aquática é favorecida por temperaturas que variam aproximadamente entre 17°C e 35°C (VON SPERLING, 2005).

5.3.7 Turbidez

A Turbidez é definida como a propriedade da água que restringe a passagem de luz, sendo causada pela presença de materiais suspensos finamente divididos, como argila, silte, matéria orgânica e microrganismos (VON SPERLING, 2005). Embora não seja um poluente em si, o aumento deste parâmetro está frequentemente associado ao esgotamento sanitário e ao escoamento superficial que transporta sedimentos de áreas desprotegidas ou urbanizadas. Níveis elevados podem interferir na fotossíntese de organismos aquáticos e comprometer o tratamento de água para consumo humano (ESTEVES, 1998).

Para corpos d'água doce, a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) estabelece limites distintos conforme a classe. Embora a Classe 1 estabeleça um limite mais restritivo (40 NTU), a Classe 2, que é a classe de enquadramento pretendida e monitorada neste estudo, possui um limite máximo de 100 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez). O foco na Classe 2 é justificado, pois ela abrange os usos de recreação de contato primário e abastecimento humano após tratamento convencional, usos preponderantes para os quais o Córrego Barro Preto é avaliado.

5.3.8 Sólido Total

Os Sólidos Totais Dissolvidos (STD), ou resíduo total, representam a porção de matéria que permanece na água após a evaporação e filtração de uma amostra. Embora este parâmetro se refira a aspectos primariamente físicos, a sua concentração na água reflete o teor de sais

inorgânicos, matéria orgânica e outros compostos que influenciam diretamente as propriedades químicas e biológicas do ecossistema aquático (VON SPERLING, 2005).

Existe uma correlação entre os Sólidos Totais e a Turbidez, embora não sejam equivalentes. Partículas dissolvidas (STD) ou suspensas, mas transparentes, podem elevar o valor de Sólidos Totais sem necessariamente aumentar a turbidez, que mede a opacidade da água (BRASIL, 2014).

Para corpos d'água destinados ao consumo humano, a SANEAGO, em consonância com as diretrizes do CONAMA, utiliza como referência um limite máximo de 500 mg/L para Sólidos Totais Dissolvidos, visando a qualidade de potabilidade e outros usos (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

5.3.9 Oxigênio Dissolvido

A avaliação da qualidade de vida de um ecossistema aquático passa obrigatoriamente pela medição da concentração de Oxigênio Dissolvido (OD). Esse parâmetro, fundamental para a saúde do corpo d'água, é controlado por diversos elementos, incluindo a solubilidade, que permite a transferência do oxigênio atmosférico para o meio líquido (VON SPERLING, 2005). A concentração do OD é inversamente proporcional à temperatura, o que significa que águas mais quentes dissolvem menos oxigênio (ESTEVES, 1998).

Em termos regulatórios, a legislação brasileira, por meio da Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), utiliza o OD como um dos principais indicadores para o enquadramento. A Resolução estabelece um valor mínimo de 6,0 mg/L O₂ para enquadrar as águas na Classe 1, que exige o maior grau de proteção. Para a Classe 2, que é o foco deste trabalho, o valor mínimo exigido é de 5,0 mg/L O₂. Ao apresentar os limites de OD para ambas as classes, fica evidente o grau de comprometimento do manancial: quanto menor o OD, pior a sua classificação legal e menor a capacidade de sustentar a vida aquática.

5.3.10 Cor Aparente

A Cor Aparente é uma propriedade física da água causada pela presença de substâncias dissolvidas e de materiais suspensos (que, por sua vez, contribuem para a turbidez). Embora seja primariamente uma característica estética, níveis elevados de cor podem indicar a presença de substâncias húmicas, matéria orgânica ou efluentes industriais, o que interfere nos processos de tratamento de água e na aceitação visual por parte dos usuários (VON SPERLING, 2005).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) estabelece o limite máximo de 75 uH (unidades Hazen) para corpos d'água de Classe 2. Além disso, seu monitoramento é essencial para o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) e para avaliar a qualidade visual. Para fins de potabilidade, a Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde estabelece um limite de 15 uH para a água tratada (BRASIL, 2017).

5.3.11 Condutividade Elétrica

A Condutividade Elétrica (CE) é um parâmetro físico que mede a capacidade da água de conduzir corrente elétrica, sendo diretamente proporcional à concentração de íons dissolvidos (sais inorgânicos) presentes no meio aquático (VON SPERLING, 2005). Embora a CE seja uma medida indireta, ela está intrinsecamente ligada aos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e serve como um importante indicador de poluição, uma vez que descargas de efluentes domésticos e industriais, além de drenagem de áreas agrícolas, tendem a aumentar a concentração de sais na água (ESTEVES, 1998).

A Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) não estabelece um limite específico para a Condutividade Elétrica em águas doces de Classe 2. No entanto, o monitoramento é crucial para identificar o impacto de fontes de poluição salina e para fins de tratamento de água.

6 METODOLOGIA

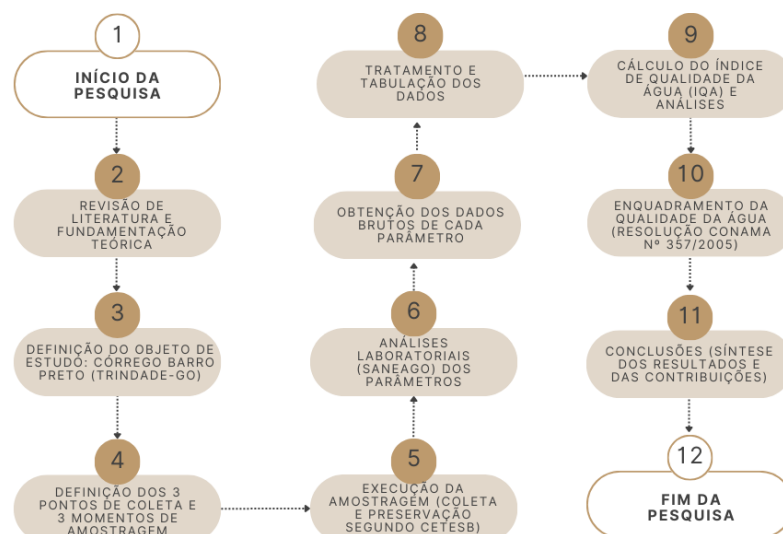
Para se obter os resultados e respostas referentes à problematização apresentada neste trabalho, foi realizada inicialmente uma revisão de literatura composta pelos principais autores e normas regulamentadoras da área, com o intuito de estabelecer o embasamento teórico necessário para a definição dos procedimentos adotados.

Em seguida, foram definidos três pontos de coleta de amostras de água ao longo do córrego Barro Preto, no município de Trindade-GO, e estabelecidos três momentos distintos de amostragem: antes, durante e após a Festa do Divino Pai Eterno. Essa divisão temporal permitiu comparar os efeitos do aumento populacional temporário sobre a qualidade da água.

As análises laboratoriais das amostras coletadas foram realizadas com base nos parâmetros que compõem o Índice de Qualidade da Água (IQA), conforme metodologias recomendadas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2011). Os ensaios foram executados nas dependências da empresa Saneamento de Goiás (SANEAGO), que forneceu os reagentes, os equipamentos e o suporte técnico necessários.

A Figura 2 resume visualmente as etapas metodológicas aqui descritas, desde a base teórica até a conclusão do estudo. Por fim, os dados obtidos foram tabulados e analisados comparativamente entre os diferentes períodos de coleta, possibilitando a identificação de variações significativas nos parâmetros de qualidade da água e sua classificação conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005. A partir da síntese desses resultados (Etapa 11), o trabalho culminou nas Conclusões que buscam contribuir para o aprimoramento das estratégias de monitoramento e gestão dos recursos hídricos urbanos de Trindade-GO.

Figura 2 – Fluxograma da metodologia aplicada no estudo



Fonte: Os autores, 2025.

6.1 Procedimentos de coleta

Antes da realização das análises laboratoriais, os métodos e pontos de coleta foram previamente definidos. A escolha criteriosa dos locais e das técnicas de amostragem pode influenciar diretamente os resultados obtidos, sendo a etapa de amostragem crucial para que o material coletado represente de forma fidedigna o local monitorado (CETESB, 2011).

Com base nessa premissa, foram estabelecidos três pontos de coleta de amostras de água ao longo do córrego Barro Preto, no município de Trindade-GO, distribuídos de modo a abranger diferentes condições ambientais e antrópicas do manancial, conforme apresentado na Figuras 3.

Figura 3 – Distribuição dos pontos de coleta no percurso do manancial



Fonte: Os autores, 2025.

A representação visual da paisagem do córrego em cada um desses locais é detalhada por fotos na Figura 4, sendo que o Ponto de Coleta 1 corresponde à nascente do manancial, o Ponto de Coleta 2 está localizado no início da Alameda Barro Preto, e o Ponto de Coleta 3 foi definido no final da mesma Alameda.

Figura 4 – Visualização fotográfica da paisagem dos pontos de coleta



Fonte: Os autores, 2025.

Vale salientar que os pontos de coleta foram selecionados estrategicamente em função de suas localizações ao longo do curso do córrego. O Ponto de Coleta 1 foi definido de modo a representar as condições da água próximas à nascente, com mínima interferência urbana. O Ponto de Coleta 2 foi estabelecido em um trecho posterior à presença de três represas situadas na região central do município, permitindo avaliar possíveis influências antrópicas intermediárias. Por fim, o Ponto de Coleta 3 foi definido no final da Alameda de canalização do córrego, após o manancial percorrer grande parte da área residencial da cidade, possibilitando a análise dos efeitos acumulados da ocupação urbana sobre a qualidade da água.

As amostras foram identificadas como Amostra 1, Amostra 2 e Amostra 3, correspondendo respectivamente aos três pontos de coleta. Foram realizadas quatro coletas que ocorreram em três momentos distintos: antes da Festa do Divino Pai Eterno, duas durante o evento religioso, e uma última após, possibilitando avaliar as variações temporais na qualidade da água.

A coleta das amostras seguiu rigorosamente os procedimentos descritos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo CETESB (2011) e por Parron, Muniz e Pereira (2011), visando assegurar a representatividade das amostras e a integridade dos dados. As principais recomendações adotadas foram:

- Verificar a limpeza e o estado de conservação dos frascos e equipamentos (baldes, pipetas, garrafas, etc.);
- Utilizar frascos esterilizados e devidamente identificados, dentro do prazo de validade;
- Evitar o contato manual com a parte interna dos frascos, tampas e batoques;
- Efetuar a ambientação dos equipamentos com a própria água do local de coleta;
- Evitar a coleta em áreas estagnadas ou próximas às margens;
- Mergulhar o frasco entre 15 e 30 cm abaixo da superfície, direcionando sua boca contra a correnteza;
- Manter as amostras sob refrigeração em caixas térmicas com gelo, ao abrigo da luz solar, até o transporte ao laboratório;
- Coletar volume suficiente para permitir eventual repetição dos ensaios;
- Registrar todas as informações de campo, preenchendo uma ficha de coleta para cada amostra, contendo: nome do projeto, data, hora, georreferenciamento, condições meteorológicas, características visuais da água e identificação dos responsáveis pela coleta.

O armazenamento e o transporte das amostras seguiram as recomendações do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2011), assegurando a manutenção das características originais da água até a realização das análises laboratoriais.

Esses procedimentos visaram garantir a fidedignidade dos resultados obtidos, evitando contaminações e alterações nas características físico-químicas e biológicas das amostras.

6.2 Parâmetros analisados

Os parâmetros analisados foram definidos com base na metodologia do Índice de Qualidade da Água (IQA) adotada pela CETESB (2011; 2022), abrangendo variáveis físicas, químicas e biológicas representativas das condições do manancial.

Foram determinados os seguintes parâmetros:

- Oxigênio dissolvido (OD);
- Potencial hidrogeniônico (pH);
- Demanda bioquímica de oxigênio ($\text{DBO}_{5,20}$);
- Temperatura da água;
- Nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-) e amônia (NH_3);
- Fósforo total (P);
- Turbidez;
- Condutividade elétrica (CE);
- Sólidos totais dissolvidos (STD);
- Coliformes totais e *Escherichia coli* (E. coli).

Esses parâmetros representam indicadores sensíveis às alterações físico-químicas e biológicas da água, permitindo avaliar a influência das atividades antrópicas sobre o manancial.

O cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA), conforme proposto pela metodologia oficial, requer o uso do parâmetro Nitrogênio Total. Contudo, visto que o laboratório utilizado para a realização das análises não disponibiliza o ensaio de Nitrogênio Total, optou-se por somar as concentrações medidas de Nitrito, Nitrato e Amônia para obter um valor de Nitrogênio Parcial, apresentado na Tabela 6. Este valor de Nitrogênio Parcial foi, então, empregado no cálculo do IQA como substituto, mantendo a representatividade do impacto dos compostos nitrogenados na qualidade da água (APHA, 2017).

As análises laboratoriais seguiram procedimentos padronizados e reconhecidos internacionalmente. Os métodos utilizados pela SANEAGO estão descritos no Quadro 3, todos

baseados no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW)* e outras normas específicas quando aplicável.

Quadro 3 – Parâmetros analisados e métodos laboratoriais empregados

Parâmetros ensaiados no estudo	Métodos utilizados
Oxigênio Dissolvido (OD)	SMEWW 4500 O-C
Potencial hidrogeniônico (pH)	SMEWW 4500 H B
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO _{5,20})	SMEWW 4500 O-C
Cor Aparente	SMEWW 2120 E
Temperatura da água	SMEWW 2550 B
Nitrito	USEPA8507 SMEWW 4110 B
Nitrato	SMEWW 4500 NO3 D
Amônia	SMEWW 4500-NH, D SMEWW 4110 B
Fósforo total	SMEWW 4500-P B
Turbidez	SMEWW 2130 B
Condutividade elétrica (CE)	SMEWW 2510 B
Sólidos totais dissolvidos (STD)	SMEWW 2510 B
Coliformes totais	SMEWW 9222 B
Escherichia coli (E. coli)	SMEWW 9221 F

Fonte: Os autores, 2025.

As técnicas de análise também seguiram as recomendações da CETESB (2011) e da Resolução CONAMA nº 357/2005, garantindo a padronização dos resultados e o enquadramento da água em sua respectiva classe de qualidade.

Para se obter o resultado da demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}) que representa o consumo de oxigênio de uma amostra durante 5 (cinco) dias em uma temperatura de 20 °C, é necessário se calcular a diferença entre a quantidade de oxigênio dissolvido ao chegar no laboratório, aqui chamada de OD ou ODI e a quantidade de oxigênio dissolvido ao final de 5 (cinco) dias, nomeada ODF, além da multiplicação por um fator de correção (Fa) que varia de acordo com a quantidade de dias em que amostra se manteve armazenada. O cálculo foi realizado conforme a equação a seguir:

$$DBO_{5,20} = (ODI - ODF) \times Fa \quad (3)$$

Para a obtenção dos valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD), utilizou-se o parâmetro Condutividade Elétrica (CE) como indicador. A relação entre a CE e o teor de STD é reconhecida (LIMA *et al.*, 2017), sendo a estimativa do STD frequentemente realizada pela

conversão da medida de Condutividade Elétrica por um fator que pode variar entre 0,54 e 0,96 (PARRON, MUNIZ e PEREIRA, 2011).

Com base nessa relação, o Sólido Total Dissolvido (STD) foi determinado pela seguinte equação:

$$\text{STD} = 0,55 \times \text{CE} \quad (4)$$

Os resultados obtidos para cada parâmetro serviram de base para o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA), segundo o modelo proposto pela CETESB (2022), já apresentado nas Equações 1 e 2.

6.3 Tratamento dos dados

Os resultados obtidos nas análises laboratoriais foram organizados em planilhas eletrônicas e tratados por meio de cálculos de conversão e tabulação, com o objetivo de identificar variações e tendências nos parâmetros de qualidade da água entre os diferentes períodos de amostragem (antes, durante e após a Festa do Divino Pai Eterno).

Por fim, os dados obtidos foram tabulados e analisados comparativamente entre os diferentes períodos de coleta, possibilitando a identificação de variações significativas nos parâmetros de qualidade da água e sua classificação por meio da Resolução CONAMA nº 357/2005. A partir desses resultados, buscou-se contribuir para o aprimoramento das estratégias de monitoramento e gestão dos recursos hídricos urbanos de Trindade-GO.

A classificação dos resultados do IQA foi feita de acordo com a escala apresentada pelo Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA, um programa lançado pela Agência Nacional de Águas - ANA, para os diferentes estados do Brasil, os intervalos para Goiás são apresentados no quadro que se segue:

Quadro 4 – Classificação do IQA

Faixas de IQA utilizadas para os estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP	Avaliação da Qualidade da Água
80 - 100	Ótima
52 - 79	Boa
37 - 51	Razoável
20 - 36	Ruim
0 - 19	Péssima

Fonte: ANA, 2004.

Os dados tratados foram apresentados na forma de tabelas, possibilitando a visualização das variações observadas entre os pontos e períodos de coleta. Essa abordagem permitiu relacionar os resultados laboratoriais com possíveis fontes de poluição e com a influência do evento religioso sobre a qualidade da água do córrego Barro Preto.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Índice de Qualidade da Água

Considerando os métodos e cálculos já mencionados, obteve-se para este estudo os seguintes valores de IQA para cada ponto de amostragem nos quatro períodos analisados:

Tabela 1 – Resultados do IQA

IQA				
Pontos	1ª Coleta (23/06)	2ª Coleta (29/06)	3ª Coleta (06/07)	4ª Coleta (28/09)
1	73,2	65,3	65,2	47,1
2	64,8	64,7	62,0	65,5
3	56,5	56,6	52,7	61,7

Fonte: Os autores, 2025.

Dessa maneira, pôde-se observar que em todas as coletas e pontos analisados o IQA classificou a água como boa (células em verde), com exceção do primeiro ponto de amostragem da coleta mais recente, que ficou dentro dos parâmetros como uma água razoável (célula em amarelo). Seguindo a classificação dada no Quadro 4.

Além disso, com base nos valores medidos nos parâmetros físico-químicos e biológicos e sua comparação com os padrões definidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, concluiu-se que o córrego Barro Preto está enquadrado na Classe 2. Essa classificação reflete que suas águas apresentam qualidade compatível com usos como abastecimento humano (após tratamento convencional), proteção da biota aquática e recreação de contato primário.

7.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Os resultados obtidos para o Córrego Barro Preto demonstraram que a DBO em todos os três pontos de amostragem e nas quatro coletas realizadas se manteve dentro do limite legal estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de Classe 2 ($\leq 5,0$ mg/L O₂).

Tabela 2 – Valores da Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L O₂)

DBO = (ODI - ODF)*Fator de Correção				
Amostras	1ª Coleta (23/06)	2ª Coleta (29/06)	3ª Coleta (06/07)	4ª Coleta (28/09)
1	3,4	2,9	2,8	1,6
2	4,3	4,0	4,4	0,2
3	5,0	3,5	3,6	2,6

Fonte: Os autores, 2025.

A constatação de valores de DBO consistentemente baixos, conforme Tabela 2, é um forte indicador de boa qualidade da água no que tange à carga orgânica biodegradável e sustenta o enquadramento do córrego na Classe 2. Este cenário sugere que as fontes de poluição orgânica, se presentes, estão sendo assimiladas e estabilizadas de forma eficiente pelo ecossistema.

É notável que mesmo na 4ª Coleta, onde o Oxigênio Dissolvido (OD) apresentou queda considerável, o DBO se manteve baixo (com destaque para a Amostra 2 com 0,2 mg/L. Isso indica que o impacto orgânico decorrente do aumento populacional (Festa do Divino Pai Eterno) não estava ativo ou não estava em estado de fácil biodegradabilidade no momento da última coleta.

O DBO mede a demanda de oxigênio em cinco dias (DBO_{5,20}). Portanto, o baixo valor sugere que a poluição orgânica do evento, se existiu, foi assimilada e estabilizada nos meses anteriores ou que a poluição remanescente na água era de natureza não-biodegradável ou com cinética de decomposição muito lenta.

A análise deste resultado direciona a causa da irregularidade do OD (discutida na Seção 7.4) para fatores físico-químicos (temperatura), em vez da sobrecarga de esgoto imediata.

7.3 Temperatura da Água

A Tabela 3 apresenta os valores de temperatura da água no Córrego Barro Preto, indicando uma variação entre 19°C e 25°C ao longo das coletas.

Tabela 3 – Valores da Temperatura da Água (°C)

Temperatura da Água (°C)				
Amostras	1ª Coleta (23/06)	2ª Coleta (29/06)	3ª Coleta (06/07)	4ª Coleta (28/09)
1	21,0	19,0	19,0	23,0
2	24,0	20,0	22,0	25,0
3	23,0	21,0	22,0	24,0

Fonte: Os autores, 2025.

Embora a Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabeleça um limite absoluto para a temperatura em Classe 2, a avaliação é crucial. As três primeiras coletas (junho/julho) registraram temperaturas médias menores que 23°C, indicando estabilidade térmica e ausência de efluentes térmicos significativos.

O ponto de inflexão ocorreu na 4ª Coleta (28/09), onde a temperatura atingiu 25°C (Amostra 2), os valores mais altos do estudo. Esta elevação é tipicamente sazonal, coincidindo com o final do período de seca e maior insolação na região de Goiás.

Conforme estabelecido na fundamentação teórica, o aumento da temperatura tem um impacto direto na qualidade hídrica, pois diminui a solubilidade do Oxigênio Dissolvido (OD) (VON SPERLING, 2005). Este aumento térmico na 4ª coleta, embora natural, foi o principal fator físico-químico que contribuiu para os valores de OD caírem abaixo do valor mínimo exigido para o enquadramento na Classe 2, conforme detalhado na seção subsequente.

7.4 Oxigênio Dissolvido

Para este parâmetro ensaiado, estes foram os resultados obtidos:

Tabela 4 – Valores de Oxigênio Dissolvido (mg/L O₂)

Oxigênio Dissolvido (OD)				
Amostras	1ª Coleta (23/06)	2ª Coleta (29/06)	3ª Coleta (06/07)	4ª Coleta (28/09)
1	7,6	5,7	5,5	3,0
2	10,6	8,7	9,1	4,7
3	12,7	7,3	7,8	5,0

Fonte: Os autores, 2025.

A análise do Oxigênio Dissolvido (OD) demonstrou alta qualidade hídrica nas três primeiras coletas, com todos os pontos apresentando valores acima do mínimo exigido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2 ($\geq 5,0$ mg/L O₂).

No entanto, a quarta coleta (28/09) apresentou uma redução drástica nos níveis de OD, com as Amostras 1 (3,0 mg/L O₂) e 2 (4,7 mg/L O₂) situando-se abaixo do limite legal e configurando um estado de poluição hídrica naqueles pontos.

O comportamento dos resultados sugere que a causa desta queda não se deveu a uma demanda orgânica imediata. Enquanto a queda do OD é tradicionalmente ligada ao aumento da DBO, a DBO não apresentou alta na 4ª coleta, mas sim a menor média de todas as amostragens.

Em contraste, a Temperatura da Água na 4ª coleta (28/09) registrou os maiores valores do período, atingindo 25°C na Amostra 2 (Tabela 3). Este fator é crucial, pois, conforme discutido por Esteves (1998), a solubilidade do Oxigênio Dissolvido é inversamente proporcional à temperatura. O aumento da temperatura para valores mais elevados (característicos do final do período de seca em Goiás) reduziu a capacidade de saturação de oxigênio da água, facilitando a dessaturação e o comprometimento da concentração de OD, especialmente nos pontos mais impactados.

Adicionalmente, a combinação de alta temperatura e provável baixa vazão em setembro (final do período seco) pode ter elevado a concentração de outros poluentes e diminuído o processo de reoxigenação e autodepuração. Portanto, a irregularidade do OD na 4ª coleta está mais fortemente ligada a fatores físico-químicos e hidrológicos do que à demanda orgânica biodegradável medida pelo DBO no momento da coleta.

7.5 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Conforme a Tabela 5, os valores de pH medidos no Córrego Barro Preto se mantiveram dentro da faixa esperada em todas as coletas e pontos de amostragem. A variação registrada situou-se no intervalo de 6,0 a 7,1 Unidades de pH, confirmando o enquadramento na Classe 2, cujo limite regulamentado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) é de 6,0 a 9,0.

A manutenção da neutralidade ou leve alcalinidade é um resultado positivo, pois a estabilidade do pH minimiza a toxicidade de substâncias como a Amônia, favorecendo a sobrevivência da biota aquática. A ausência de valores extremos sugere que não houve

descargas ácidas ou alcalinas significativas decorrentes de efluentes industriais ou alterações bruscas na taxa de fotossíntese ao longo do período monitorado.

Tabela 5 – Valores de pH

Potencial Hidrogeniônico				
Amostras	1ª Coleta (23/06)	2ª Coleta (29/06)	3ª Coleta (06/07)	4ª Coleta (28/09)
1	6,0	6,7	6,9	6,1
2	7,0	6,2	7,1	6,8
3	6,9	6,2	6,5	6,7

Fonte: Os autores, 2025.

7.6 Nitrito, Nitrato e Amônia – Nitrogênio Parcial

Para a avaliação dos compostos nitrogenados, utilizou-se o valor de Nitrogênio Parcial (soma das concentrações de Nitrito, Nitrato e Amônia), conforme detalhado na metodologia (Seção 1.2). Os resultados obtidos são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 6 – Valores de Nitrogênio (mg/L)

Nitrogênio Parcial - Nitrogênio Inorgânico				
Amostras	1ª Coleta (23/06)	2ª Coleta (29/06)	3ª Coleta (06/07)	4ª Coleta (28/09)
1	0,360	0,040	0,025	0,050
2	0,644	0,448	0,169	1,425
3	1,480	0,819	0,877	1,826

Fonte: Os autores, 2025.

A Tabela 7 demonstra uma tendência de crescimento nas concentrações de Nitrito e Nitrato em relação aos pontos do rio, do montante (Ponto 1) para a jusante (Ponto 3), em todas as campanhas de coleta. A Amônia (indicador de poluição recente e mais tóxica), por sua vez, manteve concentrações baixas e não seguiu a mesma tendência crescente observada para os demais compostos.

Tabela 7 – Valores de Nitrito, Nitrato e Amônia (mg/L)

Nitrito				
Amostras	1ª Coleta (23/06)	2ª Coleta (29/06)	3ª Coleta (06/07)	4ª Coleta (28/09)
1	0,000	0,000	0,005	0,000
2	0,014	0,008	0,009	0,005
3	0,090	0,049	0,037	0,016

Nitrato				
Amostras	1ª Coleta (23/06)	2ª Coleta (29/06)	3ª Coleta (06/07)	4ª Coleta (28/09)
1	0,30	0,00	0,00	0,00
2	0,60	0,40	0,14	1,40
3	1,30	0,70	0,80	1,80

Amônia				
Amostras	1ª Coleta (23/06)	2ª Coleta (29/06)	3ª Coleta (06/07)	4ª Coleta (28/09)
1	0,06	0,04	0,02	0,05
2	0,03	0,04	0,02	0,02
3	0,09	0,07	0,04	0,01

Fonte: Os autores, 2025.

Esta elevação de Nitrito e Nitrato à medida que o córrego avança para as áreas mais urbanizadas é um indicativo claro de contribuição de efluentes sanitários ou escoamento superficial (VON SPERLING, 2005). Embora a Amônia (mais tóxica e indicativa de poluição recente) tenha variado, a conversão para Nitrato (forma mais estável) sugere que o córrego possui uma capacidade de autodepuração e oxidação desses compostos até certo ponto. No entanto, o aumento consistente dos nutrientes à jusante representa um risco de desequilíbrio ecológico e eutrofização do sistema.

A análise do Nitrogênio Inorgânico (Amônia, Nitrito e Nitrato) demonstrou que todos os índices individuais se mantiveram abaixo dos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para a Classe 2, indicando boa capacidade de oxidação. Contudo, as concentrações do Nitrogênio Parcial (soma dos componentes) exibiram uma característica crescente dos pontos de montante para jusante. Este aumento gradual, mesmo dentro do padrão legal, sugere um aporte progressivo de nutrientes ao longo do córrego, com risco potencial de eutrofização futura (VON SPERLING, 2005).

7.7 Fósforo Total

Conforme observado na Tabela 8, as concentrações de Fósforo Total nas três primeiras coletas ultrapassaram consistentemente o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos hídricos lóticos de Classe 2, que é de 0,1 mg/L. Este resultado é um forte indicativo de qualidade insatisfatória para o parâmetro durante o período das festividades. Somente a quarta coleta apresentou valores abaixo do limite regulamentado.

Tabela 8 – Valores de Fósforo Total (mg/L)

Fósforo Total				
Amostras	1ª Coleta (23/06)	2ª Coleta (29/06)	3ª Coleta (06/07)	4ª Coleta (28/09)
1	0,167	0,133	0,164	0,028
2	0,205	0,195	0,141	0,033
3	0,104	0,112	0,104	0,077

Fonte: Os autores, 2025.

O Fósforo Total elevado observado nessas coletas é, portanto, um forte indicativo de contaminação por esgoto doméstico e outros despejos decorrentes da sazonalidade de alta concentração humana no período das festividades do Divino Pai Eterno. A queda dos valores na quarta coleta, realizada após o término do evento, corrobora essa hipótese, demonstrando que o córrego tem a capacidade de recuperação quando a pressão antrópica sobre a região diminui.

Este comportamento do Fósforo é particularmente importante, pois, embora o parâmetro DBO tenha se mantido baixo, a presença consistente de altos níveis de Fósforo nas primeiras coletas indica a chegada de efluentes sanitários que, mesmo que já estejam parcialmente estabilizados em relação à matéria orgânica (baixo DBO), representam um excesso de nutrientes que compromete o equilíbrio ecológico do manancial.

7.8 Turbidez

Os resultados obtidos no Córrego Barro Preto (Tabela 9) demonstraram que os valores de turbidez em todos os pontos amostrados apresentaram uma variação muito baixa, ficando entre 1,79 e 6,43 NTU.

Tabela 9 – Valores de Turbidez (NTU)

Turbidez				
Amostras	1ª Coleta (23/06)	2ª Coleta (29/06)	3ª Coleta (06/07)	4ª Coleta (28/09)
1	6,25	4,33	5,02	6,43
2	4,00	4,25	4,96	3,37
3	4,82	2,34	3,54	1,79

Fonte: Os autores, 2025.

A manutenção da turbidez em níveis tão baixos e muito abaixo do limite máximo legal (≤ 100 NTU) confirma a boa qualidade visual e sanitária da água do córrego no que diz respeito a materiais suspensos. Este resultado sugere uma baixa contribuição de sólidos sedimentáveis no trecho amostrado e corrobora o enquadramento na Classe 2, sendo compatível com o uso para recreação de contato primário e proteção da biota aquática.

7.9 Condutividade Elétrica

Conforme a Tabela 10, os resultados de CE no Córrego Barro Preto variaram entre 32,3 e 161,2 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). É notável que o Ponto 3 apresentou consistentemente os valores mais elevados.

Tabela 10 – Valores de Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Condutividade				
Amostras	1ª Coleta (23/06)	2ª Coleta (29/06)	3ª Coleta (06/07)	4ª Coleta (28/09)
1	32,3	34,9	37,8	39,2
2	64,9	66,2	65,4	69,9
3	161,2	108,6	145,3	109,8

Fonte: Os autores, 2025.

A diferença entre o Ponto 1 (mais a montante, com CE mais baixa) e o Ponto 3 (mais a jusante, com CE mais alta) é uma resposta direta ao uso e ocupação do solo. O Ponto 3 registra os valores máximos porque atua como o receptor final do escoamento de toda a bacia urbana analisada, acumulando a carga iônica oriunda de esgotos, lixiviação de superfícies impermeáveis e resíduos domésticos.

Esta variação é coerente com o aumento da carga de outros poluentes já discutidos (como Fósforo) e reforça o diagnóstico de que o Ponto 3 sofre maior influência antrópica ao longo de todas as campanhas.

A CE é uma medida indireta da concentração de Sólidos Totais Dissolvidos (STD), sendo diretamente proporcional ao teor de íons e sais inorgânicos na água (VON SPERLING, 2005). A ausência de valores extremos de CE, contudo, sugere que, embora haja contribuição de efluentes, não há um lançamento massivo de resíduos industriais ou minerais altamente salinos que pudessem comprometer o corpo hídrico de forma severa. O problema principal está, portanto, na carga orgânica e nutritiva doméstica acumulada ao longo do trecho.

7.10 Sólidos Totais Dissolvidos

Conforme demonstrado na Tabela 11, os resultados para Sólidos Totais no Córrego Barro Preto variaram em um intervalo muito baixo, permanecendo abaixo de 90 mg/L em todas as coletas e pontos amostrados.

Tabela 11 – Valores de Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)

Sólidos Totais Dissolvidos				
Amostras	1ª Coleta (23/06)	2ª Coleta (29/06)	3ª Coleta (06/07)	4ª Coleta (28/09)
1	17,8	19,2	20,8	21,6
2	35,7	36,4	36,0	38,4
3	88,7	59,7	79,9	60,4

Fonte: Os autores, 2025.

A baixa concentração de STD reforça a boa condição da água no que tange a materiais dissolvidos. Este resultado está em consonância com os níveis de Condutividade Elétrica (CE) — que se manteve em faixas moderadas (Tabela 10) — e atende amplamente ao limite de 500 mg/L adotado, confirmando o enquadramento na Classe 2.

Outro ponto que reforça o diagnóstico é a ausência de grandes descargas salinas ou minerais no trecho monitorado. O fato de o STD, DBO e Turbidez estarem em níveis baixos sugere que os aumentos pontuais de CE e STD (no Ponto 3) são indicativos apenas do acúmulo gradual de sais provenientes do escoamento doméstico urbano, sem que haja um comprometimento severo da qualidade visual e física do manancial.

7.11 Cor Aparente

Os resultados apresentados na Tabela 12 mostram que a Cor Aparente no Córrego Barro Preto se manteve em níveis geralmente baixos, com a maioria dos valores abaixo de 30 uH. O maior valor registrado foi de 48,4 uH no Ponto 1 durante a 4ª Coleta.

Tabela 12 – Valores de Cor Aparente (uH)

Cor Aparente				
Amostras	1ª Coleta (23/06)	2ª Coleta (29/06)	3ª Coleta (06/07)	4ª Coleta (28/09)
1	28,1	23,4	25,6	48,4
2	25,1	14,9	18,3	22,7
3	13,6	13,1	14,2	15,0

Fonte: Os autores, 2025.

A baixa Cor Aparente, coerente com os baixos valores de Turbidez e Sólidos Totais Dissolvidos já discutidos, reforça a boa qualidade visual e a baixa presença de partículas em suspensão no córrego.

Todos os valores se mantiveram amplamente abaixo do limite de 75 uH estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces de Classe 2. Embora a maioria das amostras tenha ficado acima do limite de 15 uH (Portaria de Potabilidade), o córrego apresenta boa qualidade visual para o seu enquadramento, resultando em valores de qualidade (qi) muito elevados no cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA).

O pico observado de 48,4 uH no Ponto 1 durante a 4ª Coleta, que é o ponto de montante, pode estar associado a um escoamento superficial pontual na região mais alta da bacia, carregando substâncias orgânicas dissolvidas (como ácidos húmicos) ou pigmentos. Este fenômeno não reflete poluição por efluentes de forma consistente, mas sim a influência do uso do solo na área de drenagem. De maneira geral, a baixa Cor Aparente é um fator que contribui positivamente para o enquadramento do córrego na Classe 2.

7.12 Coliformes Totais, *Escherichia Coli* (*E. Coli*) – Coliformes Termotolerantes

Conforme a Tabela 13, os resultados para *E. Coli* ultrapassaram o limite de 1000 por 100 mL em quase a totalidade das amostras. A única exceção foi a primeira coleta no Ponto 1, que registrou um valor atípico e muito baixo de 75 por 100 mL. A persistência de valores tão elevados nos demais pontos e coletas, especialmente no Ponto 3, é um forte indício de poluição

crônica por efluentes sanitários, o que representa uma grave não-conformidade com o padrão da Classe 2 para os usos de recreação de contato primário e abastecimento humano, demandando um tratamento mais rigoroso.

Tabela 13 – Valores de Coliformes Totais e *E. Coli* (NMP/100 mL)

Coliformes Totais				
Diluição	10 ⁻¹		10 ⁻²	
Amostras	1ª Coleta (23/06)	2ª Coleta (29/06)	3ª Coleta (06/07)	4ª Coleta (28/09)
1	1935,0	24196,0	2000,0	7270,0
2	24196,0	24196,0	9220,0	5794,0
3	24196,0	24196,0	24196,0	10462,0

E. Coli				
Diluição	10 ⁻¹		10 ⁻²	
Amostras	1ª Coleta (23/06)	2ª Coleta (29/06)	3ª Coleta (06/07)	4ª Coleta (28/09)
1	75,0	1284,0	1500,0	19560,0
2	1039,0	1500,0	5240,0	1420,0
3	2851,0	11199,0	43740,0	3050,0

Fonte: Os autores, 2025.

A análise dos Coliformes Totais corrobora a intensa contaminação do córrego. Nas duas primeiras campanhas, as diluições de 10⁻¹ e 10⁻² não foram suficientes, resultando em valores que praticamente estouraram a capacidade de leitura do teste em todas as coletas.

A necessidade de aplicar diluições tão altas e a saturação dos resultados indicam uma concentração bacteriológica extremamente elevada. Isso sugere uma contribuição constante e significativa de esgoto sanitário ao longo do trecho monitorado.

Enquanto parâmetros como DBO e Turbidez indicaram uma qualidade dentro de parâmetros considerados aceitáveis, os resultados de *E. Coli* e Coliformes Totais demonstram que, do ponto de vista sanitário-biológico, o Córrego Barro Preto está comprometido. Embora o IQA geral possa ter enquadrado o córrego na Classe 2, o peso deste parâmetro bacteriológico é o principal responsável por comprometer a segurança da água para contato primário e exige atenção imediata das autoridades ambientais.

7.13 Síntese sobre o enquadramento e implicações para o uso da água

Após a análise detalhada dos parâmetros físico-químicos e biológicos, observa-se que o Córrego Barro Preto apresenta uma qualidade heterogênea. O IQA geral classificou a água como predominantemente Boa, exceto o ponto de montante na 4ª coleta (Razoável). Contudo, a análise comparativa com a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 2) revela três não-conformidades que invalidam o enquadramento para os usos mais sensíveis (Tabela 14).

Tabela 14 – Enquadramento dos parâmetros do Córrego Barro Preto (Classe 2)

PARÂMETRO	LIMITE (CLASSE 2)	RESULTADO MAJORITÁRIO	CONFORMIDADE
DBO	$\leq 5,0$ mg/L O ₂	Baixa (Máximo 5,0 mg/L)	SIM
Temperatura da Água	-	Variável (19 a 25°C)	-
OD	$\geq 5,0$ mg/L O ₂	Acima do Limite (Exceto 4ª Coleta/Ptos 1 e 2)	NÃO (Risco Sazonal)
pH	6,0 a 9,0 uH	Estável (6,0 a 7,1)	SIM
Nítrito	$\leq 1,0$ mg/L	Muito Baixo (Máximo 0,090 mg/L)	SIM
Nitrato	$\leq 10,0$ mg/L	Baixo (Máximo 1,80 mg/L)	SIM
Amônia	$\leq 3,7$ mg/L	Muito Baixo (Máximo 0,09 mg/L)	SIM
Fósforo Total	$\leq 0,1$ mg/L	Alto (Excedeu em 75% das amostras)	NÃO (Risco de Eutrofização)
Turbidez	≤ 100 NTU	Muito Baixa (1,79 a 6,43 NTU)	SIM
CE	-	Variável (32,3 a 161,2 μ S/cm)	-
STD	-	Variável (17,8 a 88,7 mg/L)	-
Cor Aparente	≤ 75 uH	Baixa (Máximo 48,4 uH)	SIM
E. Coli	≤ 1000 NMP/ 100 ml	Extremamente Alta (Excedeu em 92% das amostras)	NÃO (Comprometimento Sanitário)

Fonte: Os autores, 2025.

A maioria dos parâmetros físico-químicos analisados, como DBO, pH e Turbidez, está dentro dos limites da Classe 2, o que sugere uma boa capacidade de autodepuração do corpo hídrico em relação à matéria orgânica. Entretanto, os resultados de três parâmetros elevam o comprometimento da qualidade para níveis de classes inferiores:

- **Oxigênio Dissolvido (OD):** Embora a maioria das amostras tenha atendido ao limite mínimo de 5,0 mg/L exigido pela Classe 2, as quedas registradas na 4ª Coleta comprometem o uso da água para a proteção da biota aquática. Essa irregularidade sazonal está ligada a fatores físico-químicos, como a elevação da Temperatura da Água (25° C), que diminui a solubilidade do OD (VON SPERLING, 2005).
- **Fósforo Total:** As concentrações de Fósforo ultrapassaram o limite de 0,1 mg/L da Classe 2 em 75% das amostras. Pela Resolução CONAMA nº 357/2005, o limite máximo para o Fósforo Total em corpos hídricos lóticos de Classe 3 é o mesmo (0,1 mg/L). Portanto, o excesso de Fósforo no córrego o coloca em uma condição de não-conformidade com ambas as classes (2 e 3), indicando um grave risco de eutrofização do manancial. Este cenário é típico de contribuições de efluentes sanitários, que são ricas em nutrientes (VON SPERLING, 2005).
- ***Escherichia Coli (E. Coli)*:** Este é o principal fator de degradação sanitária do córrego. O limite da Classe 2 para *E. Coli* é 1.000 NMP/ 100 mL (para recreação de contato primário). O córrego registrou valores que excederam esse limite em 92% das amostras. Além disso, o limite máximo para a Classe 3 é de 4.000 NMP/ 100 mL. Os altos valores de *E. Coli* observados no córrego (em alguns casos, ultrapassando ordens de magnitude) indicam que o manancial não atende nem ao padrão da Classe 3 para uso de contato secundário, configurando um severo comprometimento sanitário.

Em suma, embora o IQA geral mascare algumas deficiências, a falha categórica nos indicadores de saúde pública e de risco de eutrofização demonstra que o córrego não atende aos requisitos mínimos de qualidade da Classe 2, exigindo ações de controle e saneamento.

8 CONCLUSÃO

O presente manuscrito alcançou seu propósito ao avaliar a qualidade hídrica do Córrego Barro Preto em Trindade-GO, no contexto do aumento populacional sazonal promovido pela Festa do Divino Pai Eterno. A pesquisa, baseada na metodologia do IQA e na Resolução CONAMA nº 357/2005, demonstrou que a degradação do manancial é um reflexo complexo das pressões antrópicas urbanas, com impactos pontuais e significativos do evento sazonal.

A comparação dos resultados com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 indica que o córrego, na prática, não está apto a cumprir os requisitos de qualidade da Classe 2. Embora parâmetros como DBO, pH, Turbidez e Cor Aparente tenham se mantido em conformidade com os limites máximos, a persistente não-conformidade nos indicadores biológicos e nutricionais aloca o manancial em uma condição compatível com a Classe 4 (navegação e harmonia paisagística) – sendo analisados os piores parâmetros, inviabilizando os usos mais sensíveis, como recreação de contato primário e abastecimento humano.

O estudo identificou os principais parâmetros afetados por atividades antrópicas contínuas na bacia: o parâmetro *E. Coli* e o Fósforo Total. O excesso de *E. Coli*, que consistentemente ultrapassou o limite máximo da Classe 2 em quase todas as amostras, é o principal indicador de poluição sanitária crônica. A análise das variações nos parâmetros revelou que a queda do Oxigênio Dissolvido na última coleta foi atribuída a fatores físico-químicos e hidrológicos (elevação da Temperatura da Água e baixa vazão no final da seca), e não à sobrecarga orgânica imediata, uma vez que a DBO se manteve baixa.

Em relação à avaliação do aumento populacional temporário durante o evento religioso, a pesquisa conclui que este fator intensificou a poluição por nutrientes. O Fósforo Total se elevou acima do limite da Classe 2 durante o período de maior afluxo da festa, o que corrobora o impacto agudo do escoamento e despejo de efluentes domésticos e nutrientes (VON SPERLING, 2005).

Conclui-se que o comprometimento da qualidade hídrica no Córrego Barro Preto se deve principalmente à falta de saneamento básico estrutural, evidenciada pela poluição biológica crônica e pelo aporte agudo de nutrientes. Para a recuperação efetiva do manancial, a intervenção dos órgãos gestores no controle de efluentes sanitários e na ampliação da cobertura de saneamento na área de drenagem é urgente. Recomenda-se, como pesquisa futura, o monitoramento da vazão do córrego e a realização de estudos ecotoxicológicos para avaliar de forma completa o impacto cumulativo dos poluentes e a vulnerabilidade do sistema hídrico sazonalmente.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23. ed. Washington, DC: APHA, 2017.

ANTUNES, C. M. M. et al. Qualidade das águas e percepção de moradores sobre um rio urbano. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 32, p. 75-87, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 17025**: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro, 2017.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Portal da Qualidade das Águas**. [Brasília, DF]: ANA, [2024]. Disponível em: <https://portalpnqa.ana.gov.br/pnqa.aspx>. Acesso em: 6, mai. 2024.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n. 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Brasília, DF: CONAMA, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. – Funasa: Brasília, 2014. 112 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2017.

CAMPLESI, D. C. F. Remoção de coliformes totais e Escherichia coli utilizando a filtração em múltiplas etapas (FiME) em períodos de alta turbidez da água bruta. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 1, n. 1, 2010.

CARNEIRO, L. F. S. et al. Análise da qualidade da água de mananciais de abastecimento público no estado do Amapá. **Revista Brasileira de Saúde Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2021.

CARVALHO, G. L.; DE SIQUEIRA, E. Q. Qualidade da água do Rio Meia Ponte no perímetro urbano do município de Goiânia-Goiás. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 2, n. 1, 2011.

CETESB. **Apêndice D: Metodologia de Cálculo dos Índices de Qualidade das Águas 2022**. São Paulo: CETESB, nov. 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2023/11/Apendice-D-Metodologia-de-Calculo-dos-Indices-de-Qualidade-das-Aguas-2022.pdf>. Acesso em: 15, ago. 2025.

CETESB. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras**. São Paulo: CETESB, 2011.

CETESB. **IET – Índice do Estado Trófico - São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2013.

Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/04.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2025.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO AMBIENTAL E DE ADMINISTRAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS (PE). **Índice e indicadores de qualidade da água – Revisão da Literatura**. PNMA II. [S.l.: s.n.], 2006. Disponível em:

<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume1.pdf>. Acesso em: 30, nov. 2025.

CONCEIÇÃO OLIVEIRA, E. da et al. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade da água superficial em uma microbacia urbana. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 8, p. 57-69, 2018.

COSTA, Flávia Bernardes; FERREIRA, Vivaldo Oliveira. Análise de Parâmetros que Compõem o Índice de Qualidade das Águas (IQA) na Porção Mineira da Bacia do Rio Paranaíba. **Revista Eletrônica de Geografia**, Uberlândia – MG, v. 7, n. 18, p. 22-47, set. 2015.

DE CARVALHO, H. P. D. C. et al. **Estudo da viabilidade da análise de fósforo em água bruta por ICP-OES: comparativo com colorimetria**. [S. l.: s. n.]. Título e autoria incompletos.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Vol. 2. São Carlos: RiMa, 2005. 792 p.

EMBRAPA. **Projeto Ecoágua – Brasil**. [S. l.]: Embrapa, 2001. Disponível em:

<https://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/eco/condu.html>. Acesso em: 15, ago. 2025.

FARAGE, J. de A. P. et al. Determinação do índice de estado trófico para fósforo em pontos do Rio Pomba. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**, v. 18, n. 4, p. 322–329, 2010. DOI: 10.13083/reveng.v18i4.98.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FIA, R. et al. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 1, p. 267-275, 2015. DOI: 10.21168/rbrh.v20n1.p267-275.

FIGUEIREDO, P. A.; HONDA, E. A. Influência do uso do solo na vazão e na qualidade da água em três bacias hidrográficas do oeste paulista. **IF Sér. Reg.**, São Paulo, n. 36, p. 181-186, jul. 2008.

FREITAG LABORATÓRIOS. **Nitrogênio e suas frações analíticas**. [S. l.]: Freitag Laboratórios, 2022. Disponível em: <https://freitag.com.br/blog/nitrogenio-e-suas-fracoes-analiticas>. Acesso em: 20, out. 2025.

JIMÉNEZ CISNEROS, B.; GALIZIA TUNDISI, J. **Diagnóstico del Agua en las Américas**. [S. l.]: [S. n.], 2012.

LIMA, L. C. et al. Determinação da concentração de sólidos dissolvidos totais por meio da medição da condutividade elétrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA (CONBEA), 30., 2017, Maceió, AL. **Anais...** Maceió, AL: CONBEA, 2017.

LISBOA, A. H. Projeto Manuelzão: uma experiência de revitalização de rios em Minas Gerais, Brasil. In: MACHADO, A. T. G. M. (org.). **Revitalização dos rios no mundo**. Belo Horizonte: Instituto Guaicury, 2010. p. 13-16.

MARTINS, V. Romaria do Divino Pai Eterno 2023 chega ao fim neste domingo (2/7); público deve superar os 3 milhões. **O Popular**, Goiânia, 2 jul. 2023. Disponível em: <https://diariodegoias.com.br/romaria-do-divino-pai-eterno-2023-chega-ao-fim-neste-domingo-2-7-publico-deve-superar-os-3-milhoes/314575/>. Acesso em: 6, mai. 2025.

MENEZES, J. M. et al. **Índices de qualidade de água: métodos e aplicabilidade**. [S. l.: s. n.], 2010.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando nosso mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nova York: ONU, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 15, jul. 2025.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. de F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. p. 48-49.

PERNAMBUCO. Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos (CPRH). **Índices e Indicadores de Qualidade da Água – Seleção Preliminar e Material de Apoio para Aplicação**. Recife: CPRH. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume2.pdf>. Acesso em: 20, out. 2025.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO et al. **Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

SOUZA, A.; BERTOSSI, A. P. A.; LASTORIA, G. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do Córrego Bandeira, Campo Grande, MS. **Revista Agro@mbiente**, v. 9, n. 3, p. 227-234, 2015. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v9i3.2312.

TOLEDO, L. G. de; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v. 59, p. 181-186, 2002.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. 2. ed. Brasília, DF: ABRH, 2011.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005.

ZHOU, Jing *et al.* A comparative study of the water quality index (WQI) and the improved water quality index (IWQI) for assessing surface water quality in different seasons. **Ecological Indicators**, v. 89, p. 18-26, 2018. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.01.034.