



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO
AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

FLÁVIO PEREIRA MADRILES

**RECURSOS HÍDRICOS E DESENVOLVIMENTO URBANO:
UM ESTUDO DE CASO SOBRE A UNIDADE DE CONSERVAÇÃO PARQUE DO
CORTADO NA REGIÃO ADMINISTRATIVA DE TAGUATINGA - DISTRITO
FEDERAL**

Presidente Prudente - SP
2024



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO
AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

FLÁVIO PEREIRA MADRILES

**RECURSOS HÍDRICOS E DESENVOLVIMENTO URBANO:
UM ESTUDO DE CASO SOBRE A UNIDADE DE CONSERVAÇÃO PARQUE DO
CORTADO NA REGIÃO ADMINISTRATIVA DE TAGUATINGA - DISTRITO
FEDERAL**

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional.

Área de concentração: Meio Ambiente e Desenvolvimento

Linha de pesquisa: Avaliação e Análise de Impacto Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Paula Alves Favareto.

Coorientadores: Prof.^a Dr.^a Maíra Rodrigues Uliana e Prof. Dr. Sérgio Marques Costa.

Presidente Prudente - SP
2024

<p>333.91 M183r</p>	<p>Madriles, Flávio Pereira. Recursos hídricos e desenvolvimento urbano: um estudo de caso sobre a unidade de conservação parque do cortado na região administrativa de Taguatinga-Distrito Federal / Flávio Pereira Madriles. - Presidente Prudente, 2024. 121 f.: il.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) - Universidade do Oeste Paulista - Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2024. Bibliografia. Orientadora: Dra. Ana Paula Alves Favareto</p> <p>1. Qualidade de Água. 2. Meio Ambiente. 3. Desenvolvimento Urbano. 4. Poluição Ambiental. I. Título.</p>
-------------------------	---

Catlogação na Fonte: Maria Letícia Silva Vila Real - CRB 8/10699

FLÁVIO PEREIRA MADRILES

**RECURSOS HÍDRICOS E DESENVOLVIMENTO URBANO:
UM ESTUDO DE CASO SOBRE A UNIDADE DE CONSERVAÇÃO PARQUE DO
CORTADO NA REGIÃO ADMINISTRATIVA DE TAGUATINGA - DISTRITO
FEDERAL**

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional.

Presidente Prudente, 07 de outubro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Paula Alves Favareto
Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE
Presidente Prudente – SP

Banca: Prof. Dr. Marcelo Rodrigo Alves
Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE
Presidente Prudente – SP

Banca: Prof^a. Dr^a. Maria Eulaidia de Araujo
Instituto de formação Empreendedora e Educação Permanente - IFEE
Fortaleza – CE

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo amor incondicional e apoio contínuo, elementos essenciais que tornaram possível a dedicação a este estudo.

À Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, e à Faculdade Novo Horizonte, pelo suporte institucional e pelas oportunidades acadêmicas que moldaram minha trajetória.

Ao programa de pesquisa Prointer, pela fundamental estrutura de apoio.

Ao IBRAM – Instituto Brasília Ambiental, pela valiosa disponibilização de informações e dados ambientais.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Ana Paula Alves Favareto, pela confiança, orientação dedicada e pelos ensinamentos que foram vitais para o desenvolvimento desta dissertação.

Aos coorientadores, Prof. Dr. Sérgio Marques Costa e Prof.^a Dr.^a Maíra Rodrigues Uliana, pela colaboração e pela partilha de conhecimento.

Aos professores Dr.^a Alba Arana, Dr. Marcelo Rodrigo Alves, Dr.^a Ângela Kinoshita, Dr. Edson Mareco, Dr. Paulo Silva e Dr.^a Renata Rossi, pelo apoio e pela oportunidade de participação no projeto.

Aos demais docentes da Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, pela contribuição à minha formação acadêmica.

À equipe do laboratório Tommasi (Pedro, Larissa, Geovani, Rodrigo), pela dedicação e suporte técnico essencial na realização das análises.

Ao Prof. Sérgio Domingos Simão, pela colaboração específica na análise do PCA.

À Larissa Cardoso, pela atenção e pelos conhecimentos gentilmente compartilhados.

Aos colegas e amigos Claudemir, Jucimar, João Paulo, Diego, Leu e Bruno, pelo apoio e companheirismo que me impulsionaram durante este percurso.

Muito obrigado a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho.

*“Os rios não bebem sua própria água;
as árvores não comem seus próprios frutos.
O sol não brilha para si mesmo;
e as flores não espalham sua fragrância para si.
Viver para os outros é uma regra da natureza. (...)
A vida é boa quando você está feliz;
mas a vida é muito melhor
quando os outros estão felizes por sua causa”.*
Papa Francisco

RESUMO

Recursos hídricos e desenvolvimento urbano: um estudo de caso sobre a unidade de conservação parque do cortado na região administrativa de Taguatinga - Distrito Federal

O presente estudo tem como objetivo avaliar os impactos ambientais na Unidade de Conservação Parque Ecológico do Cortado, localizado na Região Administrativa de Taguatinga, Distrito Federal, como resultado do desenvolvimento urbano. A pesquisa buscou identificar, analisar e propor soluções para os problemas ambientais que afetam a qualidade da água, a integridade do ecossistema e a estabilidade das áreas de preservação permanente (APPs) associadas ao Córrego do Cortado. A metodologia adotada incluiu uma abordagem que combinou pesquisa bibliográfica, estudo de campo e a aplicação da Matriz Adaptada de Leopold. Inicialmente, foi realizada uma revisão detalhada da literatura para entender os principais desafios enfrentados por áreas urbanizadas que envolvem corpos hídricos, com foco em processos de erosão, sedimentação e poluição hídrica. Em seguida, foram conduzidas campanhas de monitoramento ao longo do Córrego do Cortado, durante diferentes períodos sazonais (seco e chuvoso), para coletar dados sobre a qualidade da água, incluindo parâmetros físico-químicos como pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total, fósforo total, turbidez, entre outros. A análise dos dados coletados revelou que as áreas próximas ao córrego sofrem pressões significativas devido à urbanização acelerada, que contribuiu para o aumento da impermeabilidade do solo e da carga poluidora das águas pluviais. Durante o período chuvoso, observou-se uma maior concentração de poluentes, resultando em índices mais elevados de turbidez e presença de coliformes termotolerantes, o que sugere que as águas pluviais atuam como um vetor significativo de contaminação. Além disso, foram identificados processos de erosão e deposição de sedimentos, que alteram a morfologia do córrego e ameaçam a estabilidade das encostas. Para avaliar os impactos de forma sistemática, foi aplicada a Matriz Adaptada de Leopold, que permitiu classificar os impactos em termos de magnitude e importância. Os resultados indicaram que os principais impactos incluem a deposição de resíduos sólidos, a ausência de dissipadores pluviais adequados, e a evidência de incêndios, todos contribuindo para a

degradação ambiental da Unidade de Conservação. A análise mostrou que a maioria dos impactos são de alta magnitude, exigindo intervenções urgentes para evitar o agravamento das condições ambientais. Como parte das estratégias de mitigação, este estudo sugere a implementação de técnicas de bioengenharia para estabilizar encostas e melhorar a infraestrutura de drenagem urbana. A construção de uma bacia de retenção, que já está em fase de implementação, é uma medida necessária para amortecer a poluição inicial da precipitação e evitar o transporte de sedimentos e poluentes para o córrego. Em conclusão, este estudo oferece uma compreensão detalhada dos impactos ambientais na área do Parque Ecológico do Cortado e propõe soluções práticas para a recuperação e preservação desse ecossistema urbano. A aplicação da Matriz Adaptada de Leopold demonstrou ser uma ferramenta eficaz para identificar e priorizar os impactos a serem mitigados, fornecendo uma base sólida para a formulação de políticas públicas e ações de conservação que visem a sustentabilidade da Unidade de Conservação e a melhoria da qualidade de vida na região de Taguatinga.

Palavras-chave: Qualidade de Água; Meio Ambiente; Desenvolvimento Urbano; Poluição Ambiental.

ABSTRACT

Water resources and urban development: a case study on the parque do cortado conservation unit in the administrative region of Taguatinga - Federal District

The present study aims to evaluate the environmental impacts on the Conservation Unit of the Cortado Stream Ecological Park, located in the Administrative Region of Taguatinga, Federal District, as a result of accelerated urban development. The research sought to identify, analyze, and propose solutions to the environmental problems affecting water quality, ecosystem integrity, and the stability of the permanent preservation areas (APPs) associated with the Cortado Stream. The adopted methodology included an approach that combined literature review, field study, and the application of the Adapted Leopold Matrix. Initially, a detailed literature review was conducted to understand the main challenges faced by urbanized areas involving water bodies, focusing on erosion processes, sedimentation, and water pollution. Subsequently, monitoring campaigns were carried out along the Cortado Stream during different seasonal periods (dry and rainy) to collect data on water quality, including physicochemical parameters such as pH, biochemical oxygen demand (BOD), total nitrogen, total phosphorus, turbidity, among others. The analysis of the collected data revealed that the areas near the stream experience significant pressures due to uncontrolled urbanization, which contributed to increased soil impermeability and the pollutant load of stormwater. During the rainy season, a higher concentration of pollutants was observed, resulting in higher turbidity levels and the presence of thermotolerant coliforms, suggesting that stormwater acts as a significant contamination vector. Additionally, accelerated erosion and sediment deposition processes were identified, altering the stream's morphology and threatening the stability of the slopes. To systematically assess the impacts, the Adapted Leopold Matrix was applied, which allowed for the classification of impacts in terms of magnitude and importance. The results indicated that the main impacts include the deposition of solid waste, the absence of adequate stormwater dissipators, and evidence of fires, all contributing to the environmental degradation of the Conservation Unit. The analysis showed that most impacts are of high magnitude, requiring urgent interventions to prevent the worsening of environmental

conditions. As part of the mitigation strategies, this study suggests the implementation of bioengineering techniques to stabilize slopes and improve urban drainage infrastructure. The construction of a retention basin, which is already in the implementation phase, is a necessary measure to buffer the initial pollution from precipitation and prevent the transport of sediments and pollutants to the stream. In conclusion, this study provides a detailed understanding of the environmental impacts in the Cortado Stream Ecological Park area and proposes practical solutions for the recovery and preservation of this urban ecosystem. The application of the Adapted Leopold Matrix has proven to be an effective tool for identifying and prioritizing impacts to be mitigated, providing a solid basis for the formulation of public policies and conservation actions aimed at the sustainability of the Conservation Unit and the improvement of the quality of life in the Taguatinga region.

Keywords: Water Quality; Environment; Urban Development; Environmental Pollution.

LISTA DE SIGLAS

ADASA	Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal
ANA	Agência Nacional das Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
APE	Áreas de Proteção Especial
APM	Área de Proteção de Mananciais
APP	Área de Preservação Permanente
APRM	Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais
BHRD	Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CODEPLAN	Companhia de Planejamento do Distrito Federal
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DF	Distrito Federal
DICON	Diretoria de Conservação e Recursos Hídricos
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal
EPA	Environmental Protection Agency
FLONA	Floresta Nacional
GPS	Global Positioning System (sistema de posicionamento global)
IBRAM	Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
ICE	Índice de Conformidade ao Enquadramento
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IET	Índice do Estado Trófico
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IQA	Índice de Qualidade da Água
NDVI	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
NOVACAP	Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil
ONG	Organização não governamental
PAR	Protocolo de Avaliação Rápida
PCJ	Piracicaba, Capivari, Jundiá
PDAE	Plano Diretor de Água e Esgoto
PDOT	Plano Diretor de Ordenamento Territorial

PDSB	Plano Distrital de Saneamento Básico
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PRAVIA	Protocolo De Avaliação Rápida Dos Impactos Ambientais
RL	Reserva Legal
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SEAGRI	Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento e Desenvolvimento Rural
SEDUH	Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação
SEMA	Secretaria de Estado de Meio Ambiente
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SISDIA	Sistema Distrital de Informações Ambientais
SZSE	Subzona de Diversificação Produtiva e de Serviços Ecosistêmicos
TERRACAP	Companhia Imobiliária de Brasília
UC	Unidade de Conservação
UH	Unidade Hidrológica
CT	Coliformes Termotolerantes
pH	Potencial Hidrogeniônico
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
N-Tot	Nitrogênio Total
P-Tot.,	Fósforo Total
Temp	Temperatura
Turb	Turbidez
RT	Resíduos Totais
OD	Oxigênio Dissolvido
NO ₃	Nitrato
O&G	Óleos e Graxas Totais
Cond	Condutividade
Cor-V	Cor Verdadeira
Fe-Tot	Ferro Total
NH ₄	Nitrogênio Amoniacal Total
SST	Sólidos Suspensos Totais

LISTA DE QUADROS

Quadro 1—	Coleta e preservação de amostras	25
Quadro 2—	Valores de Índice de Estado Trófico e suas principais características	27
Quadro 3—	Primeira parte do PAR - Características gerais e impactos ambientais	34
Quadro 4—	Segunda parte do PAR - Condições de habitat e conservação	35
Quadro 5—	Protocolo Rápido de Avaliação Visual de Impacto Ambiental (PRAVIA)	37
Quadro 6—	Classificação e uso das águas doces	40
Quadro 7—	Enquadramento do pH em corpo hídrico	41
Quadro 8—	Classificações de acordo com o IQA	42
Quadro 9—	Atributos e valoração utilizados para determinação da magnitude e da importância dos impactos ambientais levantados na área de APP do córrego Cortado	50
Quadro 10—	Contribuições por periódico.....	53
Quadro 11—	Matriz dos impactos ambientais identificados ao longo da APP do córrego do Cortado, avaliados quanto aos atributos: magnitude e importância.....	59
Quadro 12—	Balanço climatológico em Brasília - DF.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1—	Fluxograma da metodologia de desenvolvimento do estudo	22
Figura 2—	Parque do Cortado em Taguatinga-DF	23
Figura 3—	A) Parque do Cortado em Taguatinga-DF. B) Zoneamento Ambiental do Parque Ecológico do Cortado	72
Figura 4—	Ponto PC1 - Parque Cortado Barro branco - X=170506.462; Y=8248999.443.....	74
Figura 5—	Ponto PC2 - Parque Cortado Cachoeira - X=170413.777; Y=8249225.786.....	74
Figura 6—	Pontos de coleta no córrego do Cortado no período chuvoso	83
Figura 7—	Pontos de coleta no córrego do Cortado no período seco	84
Figura 8—	Porcentagem explicada pelos componentes principais (Dimensões) para os períodos chuvoso (A) e seco (B) para todos os pontos e período de coleta (C)	85
Figura 9—	Contribuição das variáveis nos componentes principais 1 (Dim-1) (A), 2 (Dim-2) (B) e de 1 a 5 (Dim-1 até Dim-5) (C). Análise de correlação nos componentes principais para o período chuvoso (D)	86
Figura 10—	A) Biplot nos componentes principais para o período chuvoso. B) Análise de cluster hierárquica para o período chuvoso.....	89
Figura 11—	Contribuição das variáveis nos componentes principais 1 (Dim-1) (A), 2 (Dim-2) (B) e de 1 a 5 (Dim-1 até Dim-5) (C). Análise de correlação nos componentes principais para o período seco (D).....	91
Figura 12—	A) Biplot nos componentes principais para o período seco. B) Análise de cluster hierárquica para o período seco	93
Figura 13—	Contribuição das variáveis nos componentes principais 1 (Dim-1) (A), 2 (Dim-2) (B) e de 1 a 5 (Dim-1 até Dim-5) utilizadas para todos os pontos de coleta. (C). Análise de correlação nos componentes principais para todos os pontos e períodos de coleta (D)	95
Figura 14—	A) Biplot nos componentes principais para todos os pontos de coleta. B) Análise de cluster hierárquica para todos os pontos de coleta.....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1—	Parâmetros do Índice de Qualidade da Água e seu respectivo peso.	25
Tabela 2—	Valores do IQA classificados em faixas conforme estados brasileiros	27
Tabela 3—	Análise e seleção dos artigos.....	49
Tabela 4—	Áreas das Zonas de Manejo do Parque Ecológico do Cortado.....	73
Tabela 5—	Estatísticas descritivas dos parâmetros de qualidade monitorados em tempo seco e nos eventos chuvosos	78
Tabela 6—	Resultados das análises físico-químicas, microbiológicas e índices de qualidade da água do Córrego do Cortado nos períodos seco e chuvoso (2023-2024)	81

SUMÁRIO

	PRÓLOGO	16
1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Problema de pesquisa e Hipótese	19
1.2	Objetivos	19
1.2.1	Objetivo Geral.....	19
1.2.2	Objetivos Específicos	20
1.3	Metodologia	20
1.3.1	Metodologia da Pesquisa	20
1.3.2	Procedimentos Metodológicos.....	21
1.3.2.1	Caracterização da área de estudo.....	22
1.3.2.2	Análise bibliográfica.....	23
1.3.2.3	Análise da qualidade da água	24
1.3.2.4	Análise das condições das áreas de preservação permanentes.....	29
1.4	Estrutura do Relatório de Qualificação	29
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	31
2.1	Crescimento Urbano	31
2.2	O berço das Águas	31
2.3	Gestão de Recursos Hídricos.....	32
2.3.1	Legislação Ambiental	32
2.4	Monitoramento Ambiental	33
2.4.1	Protocolo de Avaliação Rápida (PAR).....	33
2.4.2	Protocolo Rápido de Avaliação Visual de Impacto Ambiental (PRAVIA)...	37
2.4.3	Análise de Qualidade da Água	39
2.4.4	Parâmetros e Índices de Qualidade da Água	40
3	ARTIGO: AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO (UC) PARQUE ECOLÓGICO DO CORTADO UTILIZANDO A MATRIZ ADAPTADA DE LEOPOLD	43
4	ARTIGO: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NO CÓRREGO DO CORTADO- DF	68
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
5.1	Contribuições da dissertação	103

5.2	Trabalhos futuros	104
	REFERÊNCIAS	105
	ANEXO A— Estatística descritiva dos dados de monitoramento	113

PRÓLOGO

A escolha do tema desta dissertação não foi um acaso, mas sim o resultado de uma trajetória pessoal e profissional profundamente conectada com a questão da qualidade da água e a sustentabilidade ambiental. Crescendo em Taguatinga-DF, onde o Córrego Cortado faz parte do meu cotidiano, desenvolvi uma ligação afetiva com a região e uma compreensão íntima dos desafios ambientais locais.

Minha formação acadêmica em Engenharia Civil solidificou essa curiosidade inicial em um compromisso profissional. Durante meus anos de formação acadêmica como também de atuação em um órgão ambiental, tive a oportunidade de participar de congressos e estudos que abordavam a gestão de recursos hídricos e a qualidade da água. Essas experiências não só ampliaram meu conhecimento técnico, mas também me proporcionaram uma compreensão mais profunda das complexas interações entre atividades humanas e a saúde dos ecossistemas aquáticos.

A escolha da Unidade de Conservação Parque Ecológico do Cortado, localizado em Taguatinga-DF, como foco deste estudo, foi motivada por várias razões. Primeiramente, a bacia hidrográfica do Cortado é um exemplo clássico de um ecossistema urbano impactado por atividades antrópicas intensas. A urbanização acelerada e a falta de infraestrutura adequada de drenagem e controle de poluição são desafios comuns em muitas cidades brasileiras. Esse cenário oferece uma oportunidade única para investigar como essas pressões ambientais afetam a qualidade da água e, por extensão, a saúde pública e a biodiversidade local.

Inserido no debate sobre sustentabilidade urbana e gestão hídrica em áreas metropolitanas, este trabalho aborda as dinâmicas do Córrego Cortado. Ele visa desenvolver estratégias de gestão eficazes para desafios globais como mudanças climáticas, expansão urbana descontrolada e poluição industrial. Fruto de paixão e experiência, esta dissertação busca promover a sustentabilidade ambiental. Espera-se que seus resultados sirvam como base sólida para futuras pesquisas e ações de conservação em ecossistemas urbanos no Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A forma como se dá a ocupação urbana provoca várias alterações no planeta, o que influi diretamente no meio ambiente, gerando desequilíbrio que atinge os recursos hídricos já a partir das nascentes. A lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, define a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) que ficou conhecida como a Lei das Águas, estabeleceu instrumentos para a gestão dos recursos hídricos de domínio federal, aqueles que atravessam mais de um estado ou fazem fronteira (Brasil, 1997).

Aparentemente temos água em abundância, o que é somente mera aparência, pois nas últimas décadas, temos sofrido com o desmatamento de encostas, das matas ciliares, o uso inadequado do solo e a má gestão dos recursos hídricos, levando à destruição de nascentes, de cursos de água e consequentemente a diminuição dos volumes e da qualidade da água. O Distrito Federal é um dos entes políticos que editou o seu próprio Sistema de Unidades de Conservação da Natureza, por meio da Lei Complementar Distrital nº 827/10, que trouxe algumas inovações, ao mesmo tempo em que replicou grande parte dos dispositivos previstos na Lei Federal nº 9.985/00 (Souza; Gastaldini; Pivetta, 2017).

Considerando que a água é um recurso finito, tão necessário à vida, que requer cuidados cada vez mais compartilhados entre a sociedade e o governo, considerando seus múltiplos usos e a conscientização sobre a sua preservação (Campos, 2020), é necessário que a sociedade como um todo perceba a importância de preservar, estudar e aplicar meios para que no futuro as próximas gerações possam usufruir de tão precioso bem.

Dentre os diversos desafios relacionados à gestão dos recursos hídricos em áreas urbanizadas, o Córrego do Cortado, localizado na região administrativa de Taguatinga, Distrito Federal, se destaca como um caso emblemático. Essa área, inserida em um contexto de urbanização acelerada e intensa atividade antrópica, enfrenta problemas críticos relacionados à qualidade da água, à perda de vegetação nativa e à degradação ambiental. A escolha da U.C. Parque Ecológico do Cortado como foco deste estudo se dá pela sua representatividade dos desafios enfrentados em ecossistemas urbanos brasileiros, onde o equilíbrio entre desenvolvimento urbano e preservação ambiental se mostra cada vez mais precário.

A qualidade da água do Córrego do Cortado é essencial não apenas para a saúde pública local, mas também para a preservação da biodiversidade e para o desenvolvimento sustentável da região. A população de Taguatinga em 2004 era de 102.416 habitantes e em 2021 passou a 210.498 habitantes (CODEPLAN, 2005; CODEPLAN, 2022). Com o desenvolvimento urbano da cidade de Taguatinga e a falta de infraestrutura adequada de drenagem, há um aumento significativo na carga poluidora das águas, especialmente durante o período chuvoso, o que pode levar à degradação ambiental e à eutrofização dos corpos d'água, a situação é representada no relatório do panorama nacional das águas superficiais brasileiras produzido pela Agência Nacional das Águas – ANA (Ana, 2005).

Desta forma, o estudo visa fornecer dados que possam embasar políticas públicas e estratégias de gestão ambiental mais eficazes, promovendo assim a preservação dos recursos hídricos e a melhoria da qualidade de vida na região. Além disso, os resultados obtidos poderão ser aplicados em outras áreas urbanas com desafios semelhantes, contribuindo para o avanço do conhecimento na área de gestão de recursos hídricos em ambientes urbanos.

Inserido no contexto do Prointer Brasília, projeto que resulta de um convênio entre a Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE) e a Faculdade Horizonte de Brasília-DF, focado na reflexão sobre sustentabilidade e desenvolvimento econômico na região de Brasília-DF, onde se localiza o bioma Cerrado; e em consonância com a linha de pesquisa de Planejamento Ambiental e Desenvolvimento Regional do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional – PPGMADRE. O presente trabalho está inserido na Linha 1 do PPG - AVALIAÇÃO E ANÁLISE DE IMPACTO AMBIENTAL, e contempla dois Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), sendo eles:

- ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis: tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Além de ser direcionado à gestão das cidades, de resíduos e atividades poluidoras.

- ODS 15 – Vida terrestre: proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da Terra e deter a perda da biodiversidade.

1.1 Problema de pesquisa e Hipótese

Esta pesquisa teve como propósito responder as seguintes perguntas: Quais são os impactos ambientais ocorridos na Unidade de Conservação Parque Ecológico do Cortado? Quais são os principais tipos poluentes que afetam a qualidade da água? No período chuvoso aumenta a carga poluidora?

A hipótese do estudo é que o córrego do Cortado apresenta impactos ambientais devido a vários tipos poluidores decorrentes do desenvolvimento urbano e que nos períodos chuvosos a carga poluidora é maior.

A qualidade da água do Córrego do Cortado é fundamental para a saúde pública, a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento econômico da região. A presença de poluentes microbiológicos, como coliformes fecais, pode resultar em surtos de doenças gastrointestinais, impactando negativamente a saúde da população local. Adicionalmente, a eutrofização causada por nutrientes pode deteriorar a biodiversidade aquática, prejudicando espécies de peixes e plantas aquáticas. A manutenção da qualidade da água é também indispensável para atividades econômicas como a agricultura e o turismo, que dependem de fontes de água limpa.

A proteção do Córrego do Cortado é vital para assegurar a produção de água para a população do Distrito Federal, especialmente considerando sua ligação com grandes bacias hidrográficas que abastecem a região.

A complexidade do problema reside nas diversas fontes de poluição que impactam o córrego, incluindo resíduos domésticos, esgoto não tratado, efluentes industriais e escoamento agrícola. A variação sazonal, com maior carga poluidora durante os períodos chuvosos, complica ainda mais o monitoramento e a gestão da qualidade da água. As interações entre solo, vegetação, clima e atividades humanas afetam a qualidade da água, tornando a identificação e controle das fontes de poluição um desafio constante.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente estudo foi avaliar os impactos ambientais decorrentes do desenvolvimento urbano na Unidade de Conservação (UC) Parque Ecológico do Córrego do Cortado, na Região Administrativa de Taguatinga, Distrito Federal, utilizando a Matriz Adaptada de Leopold e análise de qualidade da água.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Aplicar a Matriz Adaptada de Leopold para quantificar os impactos ambientais na área de estudo, considerando fatores como urbanização, drenagem inadequada e desmatamento.
- Identificar os principais tipos de poluentes hídricos no Córrego do Cortado, considerando as variações sazonais e o impacto das águas pluviais.
- Propor medidas de mitigação com base nos resultados obtidos, visando a recuperação e preservação da U. C. Parque Ecológico do Cortado.

1.3 Metodologia

1.3.1 Metodologia da Pesquisa

No presente estudo sobre a U. C. Parque Ecológico do Cortado, adotamos o método hipotético-dedutivo. Este método é amplamente utilizado em ciências naturais e sociais para testar hipóteses a partir de observações empíricas.

A hipótese do estudo é que o Córrego do Cortado apresenta impactos ambientais devido a poluentes decorrentes do desenvolvimento urbano e que, nos períodos chuvosos, a carga poluidora é maior. A metodologia de coleta de amostras e análises físico-químicas e microbiológicas foi desenvolvida para testar essa hipótese.

O método hipotético-dedutivo é adequado porque permite testar a hipótese de forma sistemática, utilizando dados empíricos coletados em campo. A comparação dos resultados obtidos em diferentes campanhas de coleta permite verificar se há evidências que suportem ou refutem a hipótese.

Sob o ponto de vista de sua natureza, a pesquisa sobre a U. C. Parque Ecológico do Cortado é predominantemente aplicada. Seu foco está na resolução de problemas práticos relacionados à qualidade da água, com a identificação de tipos

de poluentes e a proposta de medidas de mitigação que têm impactos diretos e imediatos na saúde pública, sustentabilidade ambiental e desenvolvimento econômico da região. A pesquisa utiliza uma abordagem quantitativa e qualitativa para fornecer uma base sólida para a tomada de decisões e a implementação de políticas eficazes.

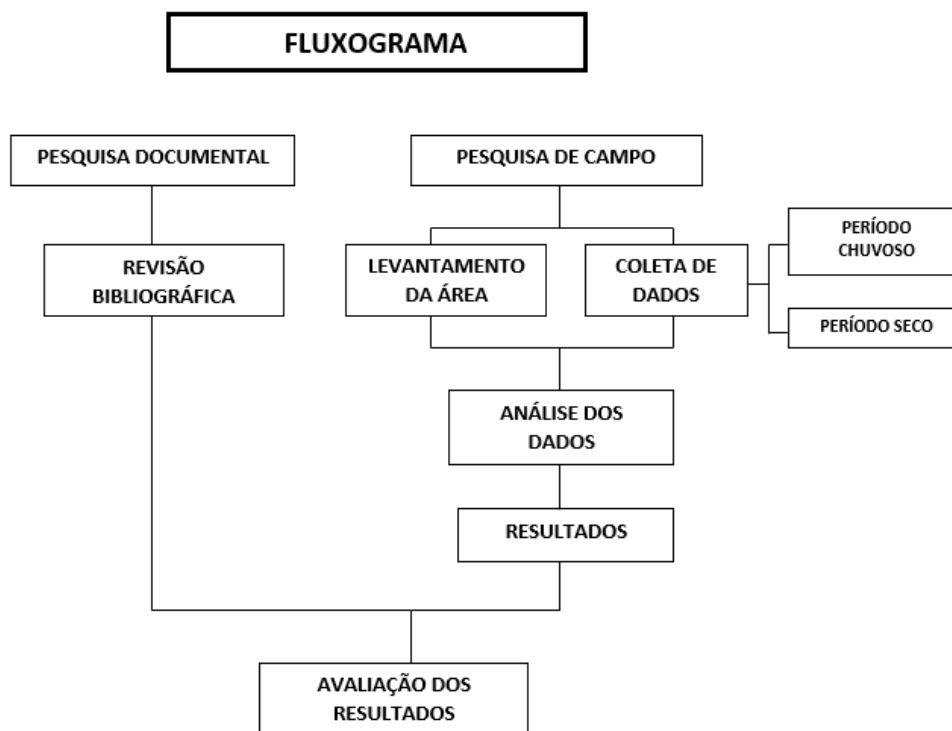
A abordagem quantitativa foi utilizada para medir parâmetros de qualidade da água, como turbidez, pH, oxigênio dissolvido, concentração de coliformes fecais, entre outros. Esta abordagem é essencial para fornecer dados precisos e comparáveis sobre a qualidade da água, permitindo uma análise estatística dos resultados e a verificação de hipóteses.

Quanto aos aspectos qualitativos, foram observações sobre o estado das margens do córrego, a identificação visual de tipos de poluentes e a descrição das condições ambientais, complementam os dados quantitativos. A abordagem qualitativa ajuda a contextualizar os dados numéricos e a entender melhor as interações entre os fatores ambientais e a qualidade da água.

A pesquisa é descritiva porque documenta o estado atual da qualidade da água do córrego, fornecendo dados detalhados e precisos que podem ser usados para monitorar mudanças ao longo do tempo. É também exploratória pois visa identificar e compreender os principais fatores que influenciam a qualidade da água do córrego, fornecendo uma base para hipóteses futuras e estudos mais detalhados.

1.3.2 Procedimentos Metodológicos

O trabalho foi realizado conforme fluxograma a seguir (Figura 1).

Figura 1— Fluxograma da metodologia de desenvolvimento do estudo

Fonte: Autor (2024)

Para atingir os objetivos do estudo sobre a U. C. Parque Ecológico do Cortado, uma série de procedimentos técnicos foram cuidadosamente planejados e executados. A seguir, detalhamos esses procedimentos, mostrando como cada etapa contribuiu para alcançar os objetivos definidos.

1.3.2.1 Caracterização da área de estudo

O Parque Ecológico do Cortado (Figura 2), com cerca de 45,50 hectares, está localizado na porção norte da ARIE Juscelino Kubitschek, na Região Administrativa de Taguatinga, Distrito Federal. A vegetação predominante é a Mata de Galeria, que circunda o Córrego do Cortado, mas essa vegetação tem sido significativamente alterada por pressões antrópicas. O estudo foi conduzido na microbacia do Córrego do Cortado, um afluente do Córrego Taguatinga, inserido na unidade hidrográfica do Ribeirão Melchior, parte da bacia hidrográfica do Rio Descoberto. O Córrego do Cortado desempenha um papel vital no escoamento das águas das nascentes e chuvas da região, destacando a importância de estudos detalhados para

compreender os impactos das atividades humanas e desenvolver estratégias eficazes de conservação.

Figura 2— Parque do Cortado em Taguatinga-DF



Fonte: Geoportal-DF. 25/03/2023 (Geoportal, 2023).

1.3.2.2 Análise bibliográfica

Conforme apontado por Brizola e Fantin (2017), a revisão de literatura é a “junção de ideias de diferentes autores sobre determinado tema”. Portanto, a revisão bibliográfica é instrumento fundamental para consolidar conceitos sobre drenagem urbana, amortecimento de impacto negativo das águas pluviais, poluição hídrica.

A pesquisa bibliográfica do estudo revisou sistematicamente a literatura científica sobre drenagem urbana, impactos ambientais negativos e metodologias de mitigação, focando em unidades de conservação como o Parque Ecológico Lago do Cortado.

Foram utilizadas fontes científicas da área abordada na temática como livros e de artigos científicos disponíveis em plataformas digitais Google Acadêmico, Periódicos CAPES/MEC. pesquisa documental (resoluções do CONAMA, relatórios

da ADASA e CAESB). Foram analisados artigos publicados entre 2020 e 2023, selecionados com base em critérios rigorosos para garantir a relevância dos estudos sobre inundações, contaminação e erosão em áreas urbanas. A análise culminou na utilização da Matriz Adaptada de Leopold para avaliar os impactos ambientais na área de estudo, resultando em um mapeamento detalhado dos problemas e propondo soluções para mitigação e recuperação ambiental, com base em 12 artigos válidos.

1.3.2.3 Análise da qualidade da água

Foram realizadas seis campanhas de amostragem de água no Córrego do Cortado para determinar o Índice de Qualidade da Água (IQA) ao longo de diferentes estações do ano: duas no verão, três no inverno e uma na primavera.

As coletas ocorreram em dois pontos distintos do córrego (Ponto 1 - PC1: Parque Cortado Barro branco; X=170506.462; Y=8248999.443. Ponto 2 - PC2: Parque Cortado Cachoeira; X=170413.777; Y=8249225.786), selecionados com base em sua localização geográfica e nas características de preservação das Áreas de Preservação Permanente (APP) ao redor, para avaliar os fatores que podem influenciar a qualidade da água.

O método de coleta seguiu os procedimentos do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2011). As amostras foram coletadas de forma pontual nos pontos indicados. Os procedimentos padronizados garantem a integridade das amostras e a comparabilidade dos dados entre diferentes campanhas de coleta.

As amostras de água foram encaminhadas para o laboratório de análises ambientais da empresa Tommasi ambiental instalada em Brasília-DF, para análise dos parâmetros de qualidade da água, conforme métodos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012). O pesquisador acompanhou todo o procedimento de coleta de campo junto com o técnico credenciado pelo laboratório.

Os materiais utilizados para análise físico-químicas, química e microbiológicas, estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1— Coleta e preservação de amostras

Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Vidro Âmbar O&G	1000 mL	0 a 6°C + H ₂ SO ₄ 1:1	Óleos e Graxas.
Polietileno	350 mL	0 a 6°C	Turbidez (Campo), pH (Campo), Cor Verdadeira, Oxigênio Dissolvido (Campo), Condutividade (Laboratório), Temperatura (Campo), Nitrato (Kit).
Polietileno	300 mL	0 a 6°C + HNO ₃	Metais Totais.
Frasco Estéril	100 mL	0 a 6°C + Tiossulfato de Sódio 10%	Escherichia coli (NMP).
Polietileno	50 mL	0 a 6°C + H ₂ SO ₄ 1:1	Nitrogênio Total (Kit), Nitrogênio Amoniacal Total (Colorimétrico), Fósforo Total.
Polietileno	300 mL	0 a 6°C	Sólidos Suspensos Totais, Sólidos Totais.
Polietileno	1000 mL	0 a 6°C	DBO (Oxímetro – 5 Dias).

Fonte: APHA (2012)

As medições de temperatura e oxigênio dissolvido (OD) foram realizadas no local imediatamente após a coleta. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em caixas de isopor com gelo e transportadas ao laboratório, onde foram mantidas a uma temperatura de 4°C até o momento da análise.

Os Parâmetros Analisados Físico-Químicos foram: Cor aparente, turbidez, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), resíduos totais e temperatura da amostral. Os parâmetros Microbiológicos: coliformes termotolerantes. Os parâmetros Químicos: Nitrato, nitrogênio total, fósforo total, nitrogênio amoniacal, óleos e graxas e ferro total. O cálculo do índice de qualidade da água (IQA) foi realizado considerando os itens da Tabela 1.

Tabela 1— Parâmetros do Índice de Qualidade da Água e seu respectivo peso

Parâmetro	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes	0,15

Potencial hidrogeniônico (pH)	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO5,20)	0,10
Temperatura	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo/sólidos totais	0,08

Fonte: ANA (2024)

Além de seu peso (w), para cada parâmetro considerou-se o valor de qualidade (q), em função de sua concentração (ANA, 2023). Com o peso e a qualidade de cada parâmetro, realizou-se o cálculo do IQA por meio do produto ponderado dos nove parâmetros, utilizando a Equação 1

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

qi = qualidade do i-ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

wi = Valor obtido com a Equação 2.

n= número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

O wi é o parâmetro fixado em função de sua importância pré-estabelecida, isto é, um número entre 0 e 1. Ele é obtido a partir da Equação 2.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Com o emprego das Equações 1 e 2, via Excel, obteve-se o valor do índice, de 0 a 100. Este valor varia em Estados da Federação, sendo que em Alagoas, Minas Gerais, Paraná, Mato Grosso, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte e do Rio Grande do Sul utilizam faixas de classificação do IQA definidas pela *National Sanitation Foundation* (Tabela 2).

Tabela 2— Valores do IQA classificados em faixas conforme estados brasileiros

Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS	Faixas de IQA utilizadas nos seguinte Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP	Avaliação da Qualidade da Água
91-100	80-100	Ótima
71-90	52-79	Boa
51-70	37-51	Razoável
26-50	20-36	Ruim
0-25	0-19	Péssima

Fonte: ANA (2024)

Já em relação ao Índice de Estado Trófico (IET), o mesmo foi utilizado para avaliar a qualidade dos corpos hídricos, e classificar os graus de qualidade por enriquecimento de fósforo total (PT), principal elemento causador da eutrofização (Pereira *et al.*, 2020). O IET foi calculado através da Equação de Lamparelli (2004) (Equação 3), cujos resultados podem variar de ultraoligotrófico (menor grau de eutrofização), até hipereutrófico (maior grau de eutrofização), ver Quadro 2.

$$\text{IET} = 10^{*}(6 - ((0,42 - 0,36 * (\ln \text{PT}) / \ln 2)) - 20 \quad \text{Equação-3}$$

Onde:

PT é a concentração de fósforo total, expressa em $\mu\text{g L}^{-1}$

Quadro 2— Valores de Índice de Estado Trófico e suas principais características

Valor do IET	Fósforo total ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	Categoria (Estado Trófico)	Características
=47	$P \leq 13$	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
$47 < \text{IET} \leq 52$	$13 < P \leq 35$	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de

			nutrientes.
52<IET=59	35<P≤137	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
59<IET=63	137<P≤296	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
63<IET=67	296<P≤640	Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.
>67	P>640	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: Adaptado de CETESB (2007); Lamparelli (2004)

1.3.2.4 Análise das condições das áreas de preservação permanentes

A análise das Áreas de Preservação Permanente (APPs) foi baseada na Lei Federal nº 12.651/2012, que protege a vegetação nativa no Brasil. Inicialmente, os pontos de interesse foram mapeados via Google Earth Pro e a delimitação dos recursos hídricos foi realizada. Em campo, foram feitas coletas de água e observações in loco para determinar as APPs, utilizando o software QGIS e imagens de satélite Landsat 8. A definição de APP adotada seguiu a legislação, que estipula uma faixa mínima de 30 metros ao longo de cursos d'água de até 10 metros de largura.

O conceito de APP (Área de Preservação Permanente) é o estabelecido em 2001 e mantido pela Lei Federal nº 12.651/2012 (Brasil, 2012), conforme o artigo 3º, inciso II. O Capítulo II da referida lei trata exclusivamente das APPs e o artigo 4º define quais áreas se enquadram nessa categoria, por meio de 11 incisos que as especificam. O inciso relevante para este estudo está transcrito a seguir, juntamente com o caput do artigo 4º:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei: I – as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura (Brasil, 2012, não paginado).

A análise avaliou as condições dessas faixas de APP e suas proximidades, identificando atividades e elementos que possam impactar a qualidade da água.

1.4 Estrutura do Relatório de Qualificação

Este relatório de qualificação está apresentado na forma de cinco capítulos, da seguinte forma:

- 1º Capítulo: A introdução do trabalho apresenta o tema central, justifica sua relevância e delimita o escopo do estudo. Ela também define o problema de pesquisa, estabelece os objetivos, e oferece uma visão geral da metodologia e da estrutura do trabalho, para uma contextualização dos capítulos subsequentes.

- 2º Capítulo: Contempla a fundamentação teórica da pesquisa, que aborda diversos aspectos teóricos essenciais para o entendimento dos impactos ambientais

em áreas urbanizadas e a gestão de recursos hídricos. É discutido o desenvolvimento urbano e suas implicações, como a impermeabilização do solo, que reduz a infiltração da água e aumenta o escoamento superficial, levando à necessidade de maior capacidade de drenagem. Também abrange o papel significativo das matas ripárias na estabilização do solo, preservação da biodiversidade e regulação do fluxo de água, além de destacar as consequências da remoção dessas vegetações para o equilíbrio ambiental

- 3º Capítulo: Apresenta o artigo intitulado “AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO (UC) PARQUE ECOLÓGICO DO CORTADO UTILIZANDO A MATRIZ ADAPTADA DE LEOPOLD”, cujo objetivo aborda a análise sistemática dos impactos ambientais na área de estudo utilizando a Matriz Adaptada de Leopold. O capítulo descreve os impactos ambientais identificados na área do Córrego do Cortado, destacando a influência do crescente desenvolvimento urbano, da poluição hídrica e da erosão das encostas. A aplicação da matriz permitiu classificar esses impactos em termos de magnitude e importância, enfatizando a necessidade de intervenções para mitigar os efeitos negativos no ecossistema do parque. O estudo também propõe medidas de mitigação, como a implementação de técnicas de bioengenharia e melhorias na infraestrutura de drenagem urbana, visando à preservação e recuperação ambiental da Unidade de Conservação.

- 4º Capítulo: Apresenta o artigo intitulado “AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NO CÓRREGO DO CORTADO- DF: DESAFIOS E ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO”. O artigo avalia a qualidade da água do Córrego do Cortado, em Taguatinga, DF, analisando os impactos das atividades urbanas nos recursos hídricos em diferentes períodos sazonais. A pesquisa utiliza amostragens para medir parâmetros físico-químicos e biológicos, destacando a influência das chuvas na concentração de poluentes. Os resultados indicam a necessidade de monitoramento contínuo e de estratégias de mitigação para preservar a qualidade da água e garantir a sustentabilidade ambiental da região.

- 5º Capítulo: Relata as considerações finais do trabalho que destacam as conclusões, relacionando os objetivos identificados inicialmente com os resultados alcançados. São ainda propostas possibilidades de continuação da pesquisa desenvolvida a partir das experiências adquiridas com a execução do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Crescimento Urbano

As melhorias no saneamento urbano nos séculos XIX e XX na Europa e na América do Norte resultaram numa inibição significativa da propagação de doenças infecciosas. Posteriormente, o saneamento centralizado de água foi classificado como uma das principais conquistas médicas e de engenharia do século XX (Strande *et al.*, 2023).

Segundo Wulf (2000) o crescimento urbano e as redes de esgotos nem sempre progrediram de mãos dadas. Em Harappa (atual Paquistão), já em 3000 a.C., foram construídas redes de esgoto subterrâneas para transportar excrementos humanos, e todas as casas tinham uma sanita com descarga (Brewer; Pringle, 2015).

No Brasil, atualmente os esgotos domésticos representam um dos principais problemas dos recursos hídricos, em função da falta de rede coletora, de tratamento ou do tratamento ineficiente dos efluentes coletados (Santos *et al.* 2018).

De acordo com o diagnóstico dos serviços de água e rede de esgoto 2019, o índice de tratamento de esgotos no país é de 49,1% em relação à estimativa dos esgotos gerados é de 78,5% para os esgotos coletados. O consumo médio de água no país foi de 153,9 litros por habitante ao dia, com variações regionais que vão de 120,6 l/hab/dia no Nordeste a 177,4 l/hab/dia no Sudeste. No Centro-Oeste, o índice de atendimento total de água foi de 89,7% em 2019 (Brasil, 2020).

2.2 O berço das Águas

Apesar da baixa disponibilidade hídrica superficial, o Cerrado é de grande importância para a produção de recursos hídricos, sendo considerado o “berço das Águas do Brasil”. Por estar localizado em áreas de planalto, a região de Cerrado possui diversas nascentes de rios e importantes áreas de recarga hídrica, que contribuem para grande parte das bacias hidrográficas brasileiras (Lima; Silva, 2007).

O bioma brasileiro Cerrado, conforme Lima e Silva (2007), é o segundo maior em extensão, com aproximadamente 204 milhões de hectares, ocupa aproximadamente 24% do território nacional, sua maior parte está localizada no Planalto Central Brasileiro que, conforme sua denominação, compreende regiões de elevadas altitudes, na porção central do país.

O Distrito Federal está situado em terras altas, que servem como dispersores das drenagens que fluem para três importantes bacias hidrográficas do Brasil: Bacia do Paraná, Bacia do São Francisco e Bacia do Tocantins. Sendo o DF uma importante região de nascentes, na qual predominam os cursos d'água perenes, sua hidrografia constitui um gigantesco rendilhado, por onde escoam cerca de dez bilhões de metros cúbicos de água, anualmente. Nas últimas décadas, em virtude do forte crescimento demográfico e intensificação das atividades econômicas, vêm ocorrendo uma forte pressão sobre os recursos hídricos, colocando em risco sua manutenção e sustentabilidade (CODEPLAN, 2020).

2.3 Gestão de Recursos Hídricos

2.3.1 Legislação Ambiental

A Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA, vem disciplinada pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 e foi recepcionada pela Constituição Federal de 1988. É a referência mais importante na proteção ambiental. Ela dá efetividade ao artigo Constitucional 225. O Direito que está preceituado neste artigo é referente ao meio ambiente equilibrado simultaneamente ao dever de responsabilidade, quando uma atividade gerar dano ambiental. Portanto, esse dispositivo Constitucional, regulador do meio ambiente, determina o não uso indiscriminado de determinado bem, quando sua utilização colocar em risco o equilíbrio ambiental (Brasil, 1981).

A Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997 é uma lei nacional que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, ou também mais conhecidos como Lei das Águas, pois determina todo processo de gestão dos recursos hídricos brasileiros. O objetivo da Lei das Águas é promover a disponibilidade de água e a utilização racional e integrada dos recursos hídricos brasileiros para a atual e as futuras gerações e um dos maiores marcos da lei é a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos e tem como base o fato de a água ser um

bem público, que não pode ser privatizado, necessitando ser gerenciada para proteger o seu uso. Sendo assim, a lei regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal. A Lei das Águas também determina que a gestão dos recursos hídricos deve ser baseada em usos múltiplos, ou seja, utilização para abastecimento, geração de energia, irrigação, indústria, etc. (Brasil, 1997).

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº357 de 2005 indica os limites de vários parâmetros para o enquadramento de corpos hídricos no Brasil. As águas doces são enquadradas como classe especial (que representa a melhor qualidade e que a água pode ser consumida após desinfecção), classe 1 (em que a água pode ser consumida após tratamento simplificado), classe 2 (o consumo humano da água requer tratamento convencional), classe 3 (a água pode ser consumida após tratamento convencional ou avançado) e classe 4 (que representa a pior qualidade da água, sendo destinada apenas para fins menos nobres).

2.4 Monitoramento Ambiental

A qualidade da água tem sido objeto de estudo por diversos autores, incluindo Islam, Rahman e Ashraf (2010), Bregunce *et al.* (2011), Sodré *et al.* (2012), Basu e Lokesh (2013), Wotany *et al.* (2013), Sayed e Gupta (2013), Ndamitso *et al.* (2013), Rahman, Zafor e Rahman (2013), Vishwakarma, Varma e Saxena (2013), Freire e Castro (2014), Souza e Gastaldini (2014), Pinheiro *et al.* (2014), Gandaseca *et al.* (2014), Saad *et al.* (2015), Silva e Porto (2015), Figueiredo, Amorim e Lourencetti (2015), Lima *et al.* (2015), Souza e Silva (2015), Holgado-Silva *et al.* (2014) e Souza, Gastaldini e Pivetta (2017). Esses estudos ressaltam a importância do monitoramento da qualidade da água, pois corpos hídricos contaminados podem se tornar vetores de doenças transmitidas pela água, resultando em graves problemas de saúde pública e afetando a demanda futura por água de boa qualidade.

2.4.1 Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)

Na década de 1980, buscando alternativas ao monitoramento ambiental tradicional baseado em análises físico-químicas da água, a EPA (Environmental Protection Agency) dos Estados Unidos iniciou um extenso estudo das agências de monitoramento de águas superficiais. O relatório final desse estudo, intitulado

"Surface Water Monitoring: A Framework for Change", destacou a necessidade de reestruturar os programas de monitoramento existentes, com ênfase especial na toxicologia, nos impactos de fontes não pontuais e na documentação dos resultados ambientais (Silveira, 2004).

Silveira (2004) destaca que o documento apresentou recomendações específicas para as mudanças necessárias, como: 1. a criação de um guia para avaliações custo-efetivas que identifiquem problemas e tendências; e 2. a aceleração do desenvolvimento e aplicação de técnicas promissoras de monitoramento biológico. De modo geral, os procedimentos de avaliação rápida visam principalmente reduzir custos na avaliação ambiental de locais ou grupos de locais, mantendo o rigor técnico-científico. Além disso, são úteis em pesquisas que exigem resultados rápidos, como decisões de gestão; facilitam a transferência de conhecimento para gestores e o público em geral; fornecem dados de diversos locais para pesquisas de campo; e podem ser aplicados no desenvolvimento de metodologias para a conservação ambiental.

Callisto *et al.* (2002) propôs um Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) adaptado ao Brasil, baseado nas propostas anteriores da EPA (1987) e de Hannaford, Barbour e Resh (1997). O objetivo era verificar as condições ecológicas de diferentes trechos de bacias hidrográficas, analisando a riqueza de habitats e o grau de conservação dos ecossistemas aquáticos. Esse protocolo permite identificar rapidamente os impactos humanos nos cursos d'água e fornecer informações relevantes sobre a saúde geral do ambiente aquático. Além disso, ele auxilia na priorização de áreas para intervenção e monitoramento contínuo, visando à proteção e recuperação das regiões degradadas.

A primeira parte do protocolo (Quadro 3), se concentra em avaliar as características gerais dos trechos hídricos e os impactos ambientais causados por atividades humanas e consiste em 10 parâmetros.

Quadro 3— Primeira parte do PAR - Características gerais e impactos ambientais

Nº	Parâmetro	Características
1	Tipo de ocupação das margens do curso d'água	Uso do solo às margens do rio, como áreas urbanas, agrícolas ou florestadas
2	Erosão próxima e/ou nas	Avalia a integridade física do rio, incluindo a

Nº	Parâmetro	Características
	margens do rio e assoreamento em seu leito	estabilidade das suas margens e a quantidade de sedimentos acumulados em seu leito
3	Alterações antrópicas	Abrange quaisquer modificações feitas pelos seres humanos no rio ou em sua bacia hidrográfica, como barragens, diques ou dragagem
4	Cobertura vegetal no leito	Avalia a saúde da vida vegetal no leito do rio, incluindo a diversidade e abundância de espécies
5	Odor na água	Usado para detectar contaminação ou decomposição na água
6	Oleosidade da água	A presença de óleo na superfície da água pode indicar poluição por fontes industriais ou domésticas
7	Transparência da água	A clareza da água pode fornecer informações sobre a qualidade geral do recurso hídrico e a quantidade de partículas suspensas presentes nele
8	Odor do sedimento (fundo)	Semelhante ao odor na água, mas se concentra no cheiro do sedimento no fundo do rio
9	Oleosidade do fundo	A presença de óleo no fundo do rio pode indicar poluição crônica ou recentes vazamentos
10	Tipo de fundo	Refere-se ao material que está presente no fundo do canal, areia, lama, pedra, pedregulho ou revestido com concreto ou canalizado

Fonte: Bentos (2016)

A segunda parte do protocolo (Quadro 4), adaptada de Hannaford, Barbour e Resh (1997), se concentra em avaliar as condições de habitat e o grau de conservação das condições naturais dos cursos d'água. Ela inclui 12 parâmetros.

Quadro 4— Segunda parte do PAR - Condições de habitat e conservação

Nº	Parâmetro	Comentário
1	Tipos de fundo	Diferentes tipos de fundo podem hospedar diferentes espécies e influenciar a dinâmica do ecossistema
2	Extensão de rápidos	Rápidos podem criar habitats únicos e importantes para certas espécies
3	Frequência de rápidos	A frequência dos rápidos pode afetar a distribuição e abundância de espécies
4	Tipos de substrato	Diferentes tipos de substrato podem hospedar diferentes espécies e influenciar a dinâmica do ecossistema
5	Deposição de lama	A deposição excessiva de lama pode prejudicar a qualidade do habitat e a saúde das espécies
6	Depósitos sedimentares	A acumulação de sedimentos pode afetar a profundidade do rio e a disponibilidade de oxigênio dissolvido
7	Alterações no canal do rio	Modificações no canal do rio podem afetar a dinâmica do ecossistema e a distribuição de espécies
8	Características do fluxo das águas	A velocidade, volume e regularidade do fluxo das águas podem influenciar a distribuição e abundância de espécies
9	Presença de mata ciliar	A mata ciliar pode fornecer sombra, proteção contra a erosão e habitat para espécies aquáticas e terrestres
10	Estabilidade das margens	A estabilidade das margens pode afetar a integridade física do rio e a disponibilidade de habitat
11	Extensão de mata ciliar	A extensão da mata ciliar pode influenciar a qualidade do habitat e a saúde das espécies
12	Presença de plantas aquáticas	As plantas aquáticas podem fornecer habitat, reduzir a turbidez da água e influenciar a dinâmica do ecossistema

Fonte: Radtke (2015)

Campos e Nucci (2021) realizaram adaptações do protocolo para aplicação em rios urbanos, ajustando os critérios para atender aos recortes espaciais desses ambientes. Foram criados novos critérios e os parâmetros existentes foram adaptados para uma linguagem mais acessível ao público geral, visando facilitar a

utilização do protocolo pela comunidade e fomentar a participação social. O protocolo adaptado foi aplicado no Rio Palmital, na Região Metropolitana de Curitiba. Durante essa aplicação, os autores identificaram inconsistências entre os critérios propostos e as condições observadas em campo. Isso levou Campos e Nucci (2021) a uma análise detalhada das divergências e similaridades, triangulando as informações com a literatura especializada, resultando no Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU).

O Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) demonstrou ser uma ferramenta eficiente e de fácil aplicação para a avaliação ambiental, capaz de ser utilizada por pessoas leigas com o treinamento adequado. Essa metodologia permite uma análise qualitativa dos sistemas hídricos e dos ecossistemas associados, oferecendo um diagnóstico ambiental do corpo d'água e seu entorno (Silva *et al.*, 2023). Vários trabalhos utilizando o PAR podem ser destacados como os de Rodrigues *et al.* (2012); Araujo *et al.* (2020); Branco Jr. (2020); Silva *et al.* (2021); Costa, Costa e Marques (2021); Silva *et al.* (2020); Pinto, de Oliveira e Valente (2020); Carvalho, Russo e Nakagaki (2014); Moraes *et al.* (2015); Santos e Batalla (2017); Palafox (2018); Sutil *et al.* (2018); Souza, Reis e Sá (2014); Fim *et al.* (2020); Anjos, Vasconcelos e Negreiros (2021); Dias *et al.* (2022); Silva *et al.* (2021); Fernandes *et al.* (2022).

2.4.2 Protocolo Rápido de Avaliação Visual de Impacto Ambiental (PRAVIA)

O PRAVIA é um protocolo adaptado por Pinheiro (2007) às condições do Distrito Federal. É composto de 20 parâmetros com o objetivo de avaliar a condição de conservação do corpo hídrico. O PRAVIA é baseado no Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) elaborado por Callisto *et al.* (2002), adaptado do Protocolo da Agência Ambiental de Ohio (EPA, 1987) e é apresentado no Quadro 5.

Quadro 5— Protocolo Rápido de Avaliação Visual de Impacto Ambiental (PRAVIA)

Parâmetros	Pontuação		
	05 Pontos	03 Pontos	00 Pontos
1. Acesso ao local	Mata fechada e/ou pelo rio	Trilha (acesso/estreito)	Asfalto/chão batido (indicador de transporte)
2. Tipo de ocupação das margens do corpo	Vegetação Natural (gramínea,	Campo de pastagem/ Agricultura/ monocultura/ações de	Residencial/ Comercial/ industrial

d'água (principal atividade)	arbusto etc.)	restauração /Reflorestamento	
3. Erosão próxima as margens do rio	Ausente	Erosão laminar moderada	Ravinas e/ou voçorocas
4. Esgoto a céu aberto e fossas sépticas	Ausente	Esgoto doméstico; lixo disperso	Alterações de origem Industrial/ urbana (fábricas, siderúrgicas, canalização, reutilização do curso do rio)
5. Cobertura vegetal no leito	Variação entre 70% e 95%	Parcial (entre 40% e 70%)	Ausente
6. Odor da água	Ausente	Moderados cheiro de esgoto (ovo podre)	Abundante cheiro de óleo/Industrial
7. Cor	Incolor	Turva (cor de terra)	Esverdeada (cor de esgoto)
8. Tipo de fundo	Pedras/cascalho	Lama/areia	Cimento/canalizado
9. Tipo de substrato na margem/centro da lâmina d'água	Seixos abundantes (porte grande, nascente)	Seixos abundantes (porte médio, cascalho comum)	Seixos ausentes (Deposição de lama)
10. Presença de Mata de Galeria/ Mata Ciliar	Árvores de porte natural, entre 8 a 12 metros de altura	Árvores de porte médio, menor que 8m de altura	Ausência de árvore
11. Presença de fauna aquática (piabas, alevinos etc.)	Abundante	Moderada	Ausente
12. Largura da Mata de galeria	Largura entre 50m e 150m (ausência de ação antrópica)	Largura menor que 50m (desmatamento visível)	Ausência de mata de galeria
13. Presença de moradia no local	Ausente	Apenas fazenda/ chácara/ sítios	Casas e/ou Condomínios
14. Alteração do nível da água	Ausente	Desbarrancamento causado por enchentes, materiais orgânicos carregados e depositados nas margens.	Presença de lixos e galhos carregados pela água e presos acima do nível d'água (marca visível de enchente).
15. Deposição de sedimentos nas curvas	Ausente	Deposição moderada/ cascalho novo/areia	Grande depósito de lama
16. Óleos e graxas	Ausente	Moderado	Abundante
17. Resíduos sólidos	Ausente	Moderado	Abundante
18. Materiais flutuantes (inclusive espuma)	Ausente	Moderado	Abundante
19. Transparência da água (disco de Secchi)	Cristalina (Visibilidade até o fundo)	Visibilidade do Disco 1/2 da profundidade	Visibilidade menor que 1/3 da profundidade
20. Presença de	Macrófitas	Macrófitas aquáticas	Ausência de macrófitas

plantas aquáticas	aquáticas e/ou briófitas (bem distribuídas)	e/ou briófitas (pouco distribuídas)	aquáticas e/ou briófitas ou grandes bancos de plantas
-------------------	---	-------------------------------------	---

Fonte: Modificado dos protocolos de Hannaford, Barbour e Resh (1997) e da EPA (Environmental Protection Agency) (Estados Unidos) (EPA, 1987) realizado por Callisto *et al.* (2002) e Pinheiro (2007)

O PAR avalia um conjunto de parâmetros em categorias descritas em três níveis de peso: Natural (5 pontos); Alterado (3 pontos) e impactado (0 pontos). O valor final é obtido a partir dos somatórios dos valores atribuídos a cada parâmetro. Assim, as pontuações finais refletem o nível de preservação das condições ecológicas dos trechos avaliados, ou seja, a pontuação tende a aumentar à medida que há preservação ambiental no trecho, sendo: Natural (61-100 pontos); Alterado (41-60 pontos) e Impactado (0-40 pontos) (Callisto *et al.*, 2002, não paginado).

2.4.3 Análise de Qualidade da Água

As águas das bacias hidrográficas sofrem com a poluição do solo que ocorre, devido a desordem na sua exploração no meio ambiente, por ações do homem na deposição de elementos químicos prejudiciais às formas de vida microbiológica (Camargo *et al.*, 2009). Outro fator influencia na qualidade da água são o desmatamento da vegetação natural do Cerrado que continua em ritmo acelerado, acarretando fragmentação; perda de biodiversidade; invasão de espécies; erosão do solo; poluição da água; alteração do regime do fogo; degradação da terra; alterações no ciclo do carbono; alteração no ciclo hidrológico e provável modificação climática regional (Klink; Machado, 2005).

Para Tucci (2001), a qualidade da água está diretamente ligada às condições geológicas e geomorfológicas, da cobertura vegetal na bacia hidrográfica, do comportamento dos ecossistemas terrestres e de águas doces, e por fim, das ações do homem; são as ações do homem que causam mais alterações na qualidade da água, sendo essas realizações através dos lançamentos de cargas nos sistemas hídricos, alterações do uso do solo para cultivos em área rural, construções na área urbana, e na modificação do sistema fluvial.

A resolução CONAMA 357/05 classifica os recursos hídricos no território brasileiro em águas doces, salobras e salinas, onde são relacionadas em treze classes diferentes. Destacamos somente as águas doces que, por sua vez, é classificada da seguinte forma (Quadro 6).

Quadro 6— Classificação e uso das águas doces

ÁGUAS DOCES (CLASSES)	PRINCIPAIS USOS
Classe Especial	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, com desinfecção • Preservação dos ambientes aquáticos • Preservação dos ambientes aquáticos em UC de proteção integral
Classe I	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento após tratamento simplificado • Proteção das comunidades aquáticas • Recreação de contato primário • Irrigação de hortaliças e frutas • Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas
Classe II	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional • Recreação de contato primário • Irrigação de hortaliças e frutas • Recreação de contato primário • Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer • Aquicultura e à atividade de pesca
Classe III	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado • Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras • Pesca amadora • Recreação de contato secundário • Dessedentação de animais
Classe IV	<ul style="list-style-type: none"> • Navegação e harmonia paisagística

Fonte: CONAMA 357/05 (CONAMA, 2005)- adaptado pelo Autor (2024)

Os diversos componentes presentes na água, e que alteram o seu grau de pureza, podem ser retratados, de uma maneira ampla e simplificada, em termos das suas características físicas, químicas e biológicas (Von Sperling, 2014b). Sendo que as impurezas enfocadas do ponto de vista físico estão associadas, em sua maior parte, aos sólidos presentes na água podendo ser em suspensão, coloidais ou dissolvidos, dependendo do seu tamanho.

2.4.4 Parâmetros e Índices de Qualidade da Água

Von Sperling (2014a), define que os parâmetros mais utilizados para avaliar a qualidade da água são o oxigênio dissolvido e a demanda bioquímica de oxigênio (indicadores de proteção da vida aquática e da contaminação por matéria orgânica

biodegradável); o nitrogênio, o fósforo e a clorofila (indicadores de eutrofização), os coliformes totais e os coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* (indicadores biológicos). Cada parâmetro influencia de forma diferenciada na qualidade da água, podendo ter relações entre si.

O IQA (Índice de Qualidade da Água) é um indicador que sintetiza a qualidade da água com base em nove parâmetros físicos, químicos e biológicos, que são considerados importantes para a saúde humana e ambiental (CETESB, 2014).

Oxigênio Dissolvido (OD): indica a quantidade de oxigênio disponível na água para os organismos aeróbicos, que necessitam de oxigênio para sobreviver. O valor ideal para o OD é acima de 5 mg/L (Von Sperling, 2014a).

Coliformes Termotolerantes (CT): A água captada para consumo humano não deve conter nenhum microrganismo patogênico, e para determinar se afluente está em condições de potabilidade deve ser realizada análise bacteriológica. O indicador para a identificação desses microrganismos é conhecido pelo grupo coliforme. Este, por sua vez, contém dois grandes grupos, sendo os coliformes totais e coliformes fecais. A *Escherichia Coli* inclui-se nos coliformes fecais, sendo um dos mais importantes indicadores que representam os coliformes termotolerantes (Mota, 2005).

pH: indica a acidez ou alcalinidade da água, variando a faixa de pH de 0 a 14, sendo este parâmetro importante para garantia de vida aquática (Quadro 7).

Quadro 7— Enquadramento do pH em corpo hídrico

Indicador de pH em corpo hídrico		
pH	Condições H ² O	Consequências
>7	Ácido	Podem apresentar características corrosivas.
=7	Neutro	Apresentam neutralidade
<7	Alcalino	Podem formar incrustações em tubulações.

Fonte: CETESB (2014) adaptado pelo Autor (2024)

Temperatura: desempenha um importante papel no controle de espécies aquáticas, podendo ser considerada uma das características mais importantes do meio aquático. Seu valor pode variar entre 0°C e 30°C (CONAMA, 2005).

Turbidez: indica a quantidade de partículas em suspensão na água, como argila, sedimentos, algas e microrganismos. O valor ideal para a turbidez é abaixo de 5 UTN (Unidades Nefelométricas de Turbidez) (Mota, 2005).

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): indica a quantidade de oxigênio consumido por microrganismos na decomposição da matéria orgânica presente na água. O valor ideal para a DBO é abaixo de 3 mg/L (ANA, 2023).

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica, e seu processo é realizado por meio do agente químico (dicromato de potássio) (Mota, 2005).

Nitrogênio Total (NT): indica a quantidade total de nitrogênio na água, incluindo nitrogênio orgânico e inorgânico. O valor ideal para o NT é abaixo de 1 mg/L (Mota, 2005).

Fósforo Total (FT): indica a quantidade total de fósforo na água, incluindo fósforo orgânico e inorgânico. O valor ideal para o FT é abaixo de 0,1 mg/L (Von Sperling, 2014a).

Resíduo Total (RT): indica a quantidade de sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos e matéria orgânica presente na água. O valor ideal para o RT é abaixo de 500 mg/L (CONAMA, 2005).

O IQA (Índice de Qualidade da Água), variando de 0 a 100, é a soma ponderada de parâmetros (Quadro 8). Sua pontuação reflete o impacto na água, exigindo interpretação contextual com análises específicas.

Quadro 8— Classificações de acordo com o IQA

Categoria	Ponderação	Cor
Ótima	$79 < \text{IQA} \leq 100$	Azul
Boa	$51 < \text{IQA} \leq 79$	Verde
Regular	$36 < \text{IQA} \leq 51$	Amarela
Ruim	$19 < \text{IQA} \leq 36$	Vermelha
Péssima	$\text{IQA} \leq 19$	Roxa

Fonte: CETESB (2014) adaptado pelo Autor (2024)

3 ARTIGO: AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO (UC) PARQUE ECOLÓGICO DO CORTADO UTILIZANDO A MATRIZ ADAPTADA DE LEOPOLD

Revista: O artigo originado do trabalho será submetido para publicação no periódico Boletim Paulista de Geografia (Qualis A1 pela CAPES).

RESUMO

Este estudo avalia os impactos ambientais na Unidade de Conservação (UC) Parque Ecológico do Cortado, localizado na Região Administrativa de Taguatinga, Distrito Federal, utilizando a Matriz Adaptada de Leopold. A UC, que ocupa aproximadamente 45,50 hectares, enfrenta sérios problemas ambientais devido ao crescimento populacional e à falta de infraestrutura de drenagem adequada. As principais preocupações incluem a frequência e gravidade das inundações, processos erosivos, produção e deposição de sedimentos, desmoronamento de encostas e mudanças na morfologia do córrego do Cortado e seu ecossistema. Para mitigar esses impactos, está sendo implementada uma bacia de drenagem visando amortecer a poluição inicial da precipitação. Foi realizada pesquisa bibliográfica e estudo de campo e aplicada a matriz de Leopold adaptada para a identificação dos impactos. A análise dos dados revelou impactos significativos em termos de magnitude e importância, destacando a necessidade urgente de intervenções. Os resultados indicam que a deposição de resíduos sólidos, ausência de dissipadores pluviais e evidências de incêndios são os principais fatores contribuintes para a degradação ambiental da UC. Medidas de mitigação sugeridas incluem a implementação de técnicas de bioengenharia para estabilizar encostas e a melhoria da infraestrutura de drenagem urbana. Este estudo fornece uma compreensão detalhada dos impactos ambientais na área, propondo soluções práticas para a recuperação e preservação do Parque Ecológico Lago do Cortado.

Palavras-chave: urbanização; recursos hídricos; saneamento básico.

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACTS IN THE CONSERVATION UNIT (CU) CORTADO STREAM ECOLOGICAL PARK USING THE ADAPTED LEOPOLD MATRIX

ABSTRACT

This study evaluates the environmental impacts on the Conservation Unit (CU) of the Cortado Stream Ecological Park, located in the Administrative Region of Taguatinga, Federal District, using the Adapted Leopold Matrix. The CU, which occupies approximately 45,50 hectares, faces serious environmental problems due to uncontrolled population growth and the lack of adequate drainage infrastructure. The main concerns include the frequency and severity of floods, erosion processes, sediment production and deposition, slope collapses, and changes in the morphology of the Cortado stream and its ecosystem. To mitigate these impacts, a drainage basin is being implemented to buffer the initial pollution from precipitation. A literature review and field study were conducted, and the adapted Leopold Matrix was applied to identify the impacts. Data analysis revealed significant impacts in terms of magnitude and importance, highlighting the urgent need for interventions. The results indicate that the deposition of solid waste, absence of rainwater dissipators, and evidence of fires are the main contributing factors to the environmental degradation of the CU. Suggested mitigation measures include the implementation of bioengineering techniques to stabilize slopes and improve urban drainage infrastructure. This study provides a detailed understanding of the environmental impacts in the area, proposing practical solutions for the recovery and preservation of the Cortado Stream Ecological Park.

Keywords: urbanization; water resources; basic sanitation.

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização está associado à impermeabilização do solo, aterros, canalizações de cursos naturais de água, desmatamento e outras atividades que alteram significativamente o escoamento das águas das chuvas. Uma consequência direta das alterações no uso do solo é o aumento do potencial destrutivo, sendo que os impactos resultam em uma maior frequência e gravidade das inundações, intensificação dos processos erosivos, aumento da produção, transporte e deposição de sedimentos, além de mudanças na morfologia fluvial e impactos nos ecossistemas aquáticos. Essas alterações são causadas por modificações em variáveis hidráulicas que caracterizam os escoamentos, como velocidades, profundidades e vazões, bem como pela própria morfologia fluvial (Tucci, 1995; Baptista; Nascimento; Barraud, 2005).

As recomendações frequentes nos planos diretores de drenagem geralmente envolvem a construção de mais obras de galerias e canalizações. No entanto, essas medidas acabam sobrecarregando os rios e córregos, que têm capacidade limitada de absorver essas sobrecargas, e também podem afetar populações menos densamente distribuídas (Sheaffer; Wright, 1982).

Para Braga (1994), a maioria dos países em desenvolvimento incluindo o Brasil, experimentou nas últimas décadas uma expansão urbana com precária infraestrutura de drenagem, advindo os problemas de inundação principalmente da rápida expansão da população urbana.

O crescimento da consciência ambiental tem motivado o interesse pelo problema das inundações e suas consequências ligadas a saúde e ao saneamento. Dessa maneira, a relação entre qualidade da água e saúde pública têm sido um tema de pesquisas há décadas. Águas poluídas são ambientes potenciais para a transmissão de doenças devido às substâncias tóxicas acompanhado de agentes patogênicos. Infere-se que toda água contaminada é poluída, mas nem toda água poluída está contaminada (Santos, 2023). No entanto, é essencial diferenciar os termos poluição e contaminação quando se discute a qualidade da água.

No mundo, mais de 1 bilhão de pessoas têm problemas de acesso à água potável e 2,4 bilhões não têm saneamento básico. A falta de acesso à água de boa qualidade e ao saneamento resulta em centenas de milhões de casos de doenças

de veiculação hídrica e mais de cinco milhões de mortes a cada ano. Estima-se que entre 10.000 e 20.000 crianças morrem vítimas de doenças de veiculação hídrica (IETC, 2003; UNESCO, 2003).

A qualidade da água é definida por um conglomerado de fatores e indicadores que servem para descrever suas propriedades físicas, químicas e os sistemas biológicos, sem falar nos seus constituintes químicos principais, os quais o compõem (João, 2020). Segundo Toledo *et al.* (2002) e Florentino (2021), o uso desses indicadores consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais. O conceito de qualidade da água é relativo, uma vez que se baseia na objetividade do utilizador, ou do fim a que a água se destina (Paulos, 2008).

O objetivo principal deste estudo é examinar os principais efeitos ambientais adversos presentes na Área de Preservação Permanente (APP) do córrego do Cortado, localizada na região administrativa de Taguatinga, Distrito Federal. Além disso, o estudo visa propor medidas para reduzir esses impactos e restaurar as áreas degradadas, utilizando a Matriz Adaptada de Leopold como ferramenta de avaliação e sistematização dos impactos ambientais observados.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Tucci (2001) observa que o crescimento populacional e desenvolvimento urbano e leva à impermeabilização do solo por meio de telhados, ruas pavimentadas e áreas de concreto, entre outros. Isso resulta em uma diminuição da quantidade de água que consegue infiltrar no solo, fazendo com que mais água escoe superficialmente. Além disso, o volume que anteriormente era absorvido pelo solo e retido pelas plantas agora escoar diretamente para os canais de drenagem, aumentando a demanda por uma capacidade de escoamento maior dessas seções.

Conforme Braga (2016) inundações e enchentes são fenômenos naturais que ocorrem frequentemente nos cursos d'água, sendo geralmente desencadeados por chuvas intensas e rápidas, ou por chuvas prolongadas.

Além da prestação de serviços de abastecimento de água potável e coleta e tratamento de esgoto, o saneamento básico engloba um conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais. A definição legal do saneamento básico inclui aspectos como limpeza urbana, gestão de resíduos sólidos e drenagem

e manejo das águas pluviais urbanas. A drenagem e manejo das águas pluviais urbanas incluem o transporte, a redução das vazões de enchentes, o tratamento e a disposição adequada das águas pluviais drenadas. Além disso, este componente engloba as atividades, infraestruturas e instalações necessárias para a drenagem das águas pluviais, juntamente com a limpeza e fiscalização preventiva das redes (Brasil, 2021).

A remoção da vegetação, a modificação e ocupação de áreas de preservação ambiental, a diminuição das áreas de matas ciliares, o descarte inadequado de resíduos sólidos, assim como as mudanças na morfodinâmica do relevo e nas redes de drenagem, são fatores que também contribuem para afetar a manutenção do equilíbrio ambiental (Tucci; Bertoni, 2003).

Nas bacias hidrográficas, as matas ripárias desempenham um papel essencial na rede de drenagem, incluindo a estabilização do solo em suas margens, a criação de corredores ecológicos, a preservação da biodiversidade, a proteção dos mananciais, a ciclagem de nutrientes e a regulação do fluxo de água (Gonçalves *et al.*, 2005; Moraes; Soares; Nascimento, 2017).

Conforme Moraes, Soares e Nascimento (2017) a vegetação ripária desempenha um papel importante na redução da erosão e do assoreamento, pois sua serapilheira e as raízes das árvores aumentam a infiltração da água, reduzindo o impacto das gotas das chuvas e do escoamento superficial. Além disso, essa vegetação atua como um filtro natural, impedindo ou dificultando o transporte de sedimentos e resíduos para os corpos d'água, o que contribui para a preservação da qualidade da água nas bacias hidrográficas.

A legislação brasileira define impacto ambiental como qualquer mudança nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades humanas, que afetam direta ou indiretamente: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e V - a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 2012). Segundo Sánchez (2013), impacto ambiental é a alteração da qualidade ambiental resultante da modificação de processos naturais ou sociais provocada pela ação humana.

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) destaca-se como uma metodologia essencial no campo dos diagnósticos ambientais. Trata-se de uma abordagem

sistemática voltada para a identificação e avaliação dos efeitos positivos e negativos que podem surgir da implementação de projetos, planos, programas ou políticas públicas sobre os diferentes aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos do ambiente (Sánchez, 2006; Gilbuena Junior *et al.*, 2013).

METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa básica de abordagem qualitativa. Inicialmente foi realizada pesquisa bibliográfica e revisão sistemática de literatura em fontes científicas da área abordada na temática como livros e de artigos científicos disponíveis em plataformas digitais Google Acadêmico, Periódicos CAPES/MEC.

O objetivo da pesquisa bibliográfica realizada no estudo foi revisar sistematicamente a literatura científica disponível sobre drenagem urbana, impactos ambientais negativos, e as metodologias de mitigação de tais impactos, especificamente no contexto de unidades de conservação como o Parque Ecológico Lago do Cortado. A revisão buscou identificar, analisar e consolidar conceitos e dados relevantes de artigos científicos e outras fontes acadêmicas, publicados entre 2020 e 2023, para fundamentar a análise dos impactos ambientais na área de estudo e propor soluções baseadas em evidências científicas para a mitigação e recuperação ambiental.

Conforme apontado por Brizola e Fantin (2017), a revisão de literatura é a “junção de ideias de diferentes autores sobre determinado tema”. Portanto, a revisão bibliográfica é instrumento fundamental para consolidar conceitos sobre drenagem urbana, amortecimento de impacto negativo das águas pluviais, poluição hídrica.

Foi feita busca na base de dados Portal de Periódicos CAPES/MEC, com vistas a verificar a produção científica em torno da temática, utilizando o descritor “drenagem urbana”, “impacto negativo”, “planejamento urbano”, “escoamento”. Para a seleção dos artigos científicos, foram estabelecidos os seguintes critérios: apresentar informações sobre inundação, contaminação, erosão, assoreamento, e relatar a eficácia do estudo quanto à preocupação com a degradação em unidades de conservação próximas a áreas urbanas no amortecimento dos impactos das águas pluviais no Brasil.

Os procedimentos foram organizados da seguinte forma: na primeira etapa da pesquisa, foi realizado um levantamento dos artigos encontrados com os termos

propostos na base de dados anteriormente mencionada. Em seguida, foi realizada a seleção de artigos publicados entre os anos de 2020 a 2023, visando garantir o alcance das publicações mais recentes sobre o tema. Posteriormente, foi realizada uma leitura minuciosa dos artigos e a composição de um banco de dados elaborado. Além disso, foi conduzida a realização de uma matriz adaptada de Leopold, a qual contemplou a avaliação dos problemas detectados na área de estudo na U. C. Parque Ecológico do Cortado. Esta matriz foi elaborada com base nos dados levantados durante a pesquisa bibliográfica e de campo e teve como objetivo sistematizar os impactos negativos observados e suas respectivas magnitudes e importâncias.

Nesse momento, dados de todos os trabalhos foram tabulados com a pretensão de classificar as variáveis importantes para o estudo, como o periódico de publicação e data. Em sequência, realizou-se a sistematização e análise dos artigos. Nesse momento utilizou-se como critérios de exclusão: 1) artigos duplicados; 2) artigos que não estivessem disponíveis para download; 3) artigos que não tiveram representação direta com a pesquisa. Os resultados estão disponíveis na Tabela 3.

Tabela 3— Análise e seleção dos artigos

Artigos reportados pela busca na plataforma	16
Artigos duplicados	1
Artigos não disponíveis para leitura	1
Artigos não apresentaram estudo sobre drenagem, assoreamento, impactos negativos.	1
Artigos que não tem representação direta para a pesquisa	1
Total de artigos válidos para análise	12

Fonte: Autor (2024)

Na última etapa, consolidou-se dados tabelados sobre os resultados dos artigos pesquisados, estruturando dessa forma, mapeamento, modelagem, qualidade da água em bacias urbanas, processos erosivos, zoneamento ambiental, urbanização e drenagem, entre os anos de 2020 a 2023.

Área de estudo

O estudo também incluiu análise de campo, que foi realizado na APP do córrego do Cortado, localizado no Parque Ecológico Lago do Cortado, na Região Administrativa de Taguatinga, Distrito Federal. O trecho analisado possui 0,6 km de extensão e está totalmente inserido na área da Unidade de Conservação (UC). O trecho está próximo à área urbanizada tanto do lado direito quanto do lado esquerdo.

Identificação e avaliação de impactos ambientais

A visita de campo foi realizada no período seco, início do mês de abril de 2024, usando um aparelho GPSmap 76CSx GARMIN e captura de imagens realizadas através do aparelho celular Galaxy S20.

Durante a inspeção de cada local, foram avaliados os seguintes impactos ambientais negativos, resultantes da atividade humana: disposição inadequada de diversos resíduos sólidos, como plásticos, pneus, pedaços de vidros, materiais de construção e demolição, latas de tintas, móveis residenciais e papéis; presença de cochos de alimentação que indicam presença de bovinos/equinos na Área de Preservação Permanente (APP); identificação de espécies exóticas e/ou invasoras (IBRAM, 2016); possíveis lançamento de efluentes domésticos ou industriais; ausência de estruturas de dissipação pluvial em drenagens urbanas; erosão com consequente assoreamento; presença de trilhas internas na APP e sinais ou ocorrências de incêndios.

A identificação dos impactos ambientais foi baseada na literatura de Sánchez (2006), e a interpretação de sua importância e magnitude foi realizada utilizando a matriz de interação de impactos ambientais, adaptada de Leopold *et al.* (1971). Esta abordagem também considerou os conceitos de Almeida (2008) e Bisset (1986). Os valores atribuídos aos impactos (Quadro 9) foram posteriormente usados para determinar a magnitude e importância dos impactos na matriz adaptada de Leopold (1971).

Quadro 9— Atributos e valoração utilizados para determinação da magnitude e da importância dos impactos ambientais levantados na área de APP do córrego Cortado

Atributos	Valor		
	1	2	3

Tipo de ação	Enésima: relação enésima em relação à ação.	Secundária: quando faz parte de uma reação secundária em relação à ação, fazendo parte de uma cadeia de reações.	Primária (Direta): simples reação de causa e efeito.
Ignição (tempo para se manifestar)	Longo prazo: quando o efeito se manifesta com uma longa defasagem de tempo em relação à ação.	Médio prazo: quando o efeito se manifesta com certa defasagem de tempo em relação à ação	Imediata: o efeito do impacto surge simultaneamente com a ocorrência da ação
Duração (permanência)	Curto prazo: os efeitos dos impactos permanecem no ambiente somente enquanto durar a ação ou em no máximo 1 ano após ocorrer a ação.	Médio Prazo: os impactos ou seus efeitos permanecem no ambiente de 1 a 10 anos.	Longo Prazo: os impactos ou seus efeitos permanecem no ambiente por tempo desconhecido ou ilimitado, ou ainda, superior a 10 anos.
Extensão (Abrangência)	Local: o alcance do impacto é no próprio local da ação.	Regional: quando a abrangência ou consequência do impacto se estende a uma região além do local onde houve a ação.	Global: impacto que pode ter abrangência ou consequência global.
Reversibilidade	Reversível: quando cessada a ação causadora, as condições ambientais originais são totalmente restabelecidas.	Reversível parcialmente: quando cessada a ação causadora, as condições ambientais originais são parcialmente restabelecidas.	Irreversível: mesmo após cessada a ação causadora, o componente ambiental afetado não retorna para as condições originais, pelo menos em um horizonte de tempo aceitável pelo homem.
Intensificação (Quantificação da ação impactante)	Baixa: baixo nível de alteração da característica/componente ambiental; baixo grau de modificação.	Média: nível médio de alteração da característica/componente ambiental; baixo grau de modificação.	Alta: alto grau de modificação do componente ambiental; efeito devastador.

Fonte: Almeida (2008), adaptado

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise dos estudos

No quadro 10 são apresentados os resultados mais relevantes e recorrentes destacando a variedades de desafios e questões relacionadas à gestão ambiental e recursos hídricos enfrentados em diferentes regiões do Brasil.

Os estudos revisados abordam uma ampla gama de temas relacionados à hidrologia, urbanização e gestão ambiental. A modelagem hidrológica e a análise de escoamento são frequentemente exploradas, com diversos estudos utilizando diferentes modelos e técnicas para entender e mitigar os impactos das mudanças no uso do solo e da urbanização. A urbanização e seus efeitos são um tema central, destacando a importância do planejamento urbano e da utilização de geoindicadores para minimizar impactos ambientais (Dinotte; Silva; Rossoni, 2020).

A gestão e a recuperação ambiental também recebem atenção significativa, enfatizando a necessidade de manejo adequado do solo e a recuperação de áreas degradadas. A educação e os recursos didáticos são abordados, destacando a importância de ferramentas visuais e interativas no ensino de hidrologia. Além disso, a drenagem urbana sustentável emerge como um tema fundamental, com propostas para controlar o escoamento superficial e promover a cidadania socioambiental. Esta visão integrada revela a necessidade de uma abordagem multidisciplinar para enfrentar os desafios ambientais e urbanos, combinando modelagem hidrológica, planejamento urbano, gestão ambiental e educação para desenvolver soluções eficazes e sustentáveis (Gurgel Júnior *et al*, 2022).

Quadro 10— Contribuições por periódico

Periódicos	Autores	Título	Objetivos
Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES (2020)	Sinara Martins Camelo Mônica de Amorim Coura Andréa Carla Lima Rodrigues Rui de Oliveira Francisco das Chagas da Costa Filho Iana Chaiene de Araujo Vidal	Modelagem da qualidade da água em sistemas de macrodrenagem de bacias urbanas	Modelar a qualidade das águas pluviais levando em consideração o acúmulo de poluentes durante períodos de escassez de chuva e a lavagem e o transporte desses poluentes pela chuva na Bacia Hidrográfica Riacho do Prado, inserida no perímetro urbano da cidade de Campina Grande, Paraíba.
Ateliê Geográfico (2020)	Ana Carolina Barbosa Pereira Dinotte Cecília Félix Andrade Silva Hygor Aristides Victor Rossoni	Contribuição dos geoindicadores como ferramenta na identificação dos processos erosivos associados a Antropogeomorfologia	Compreender o papel dos geoindicadores na identificação das prováveis alterações originadas a partir de ações antropogênicas em ambientes urbanizados.
Revista Latino-Americana de Relações Internacionais Campos Neutrais (2021)	Thelmo de Carvalho Teixeira Branco Filho. Millene Savaris Cortelini. Thaís Ferreira Claudio. Ricardo Bembom dos Santos Brião. Elisa Inácio da Silva. Gabriel Feijó Teixeira. Julia Beatriz Camargo. Isadora Bartz	Prognóstico do processo de privatização da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN): Aspectos históricos e uma comparação com o cenário latino e europeu	Evidenciar os impactos da iniciativa privada no setor do saneamento básico, sobretudo no abastecimento de água e esgotamento sanitário, mas sem deixar de analisar os outros dois pilares, sendo eles a drenagem urbana e os resíduos sólidos.
Revista Brasileira de Geografia Física (2021)	Arthur Pereira dos Santos. Fernando Luiz de Paula Santil. Petronio Silva de Oliveira. José Arnaldo Frutuoso Roveda	Utilização da Lógica Fuzzy como suporte ao Zoneamento Ambiental: um estudo de caso em Paracatu – MG	Realizar, por meio da implementação de geotecnologias, um estudo de fragilidade ambiental em um município ocupado, intensivamente, por atividades minerárias e pela agropecuária, para que seja utilizado como subsídio aos gestores municipais em seu Zoneamento Ambiental.
Revista de Geociências do Nordeste (2023)	Gabriel Martinez Tolentino. Vinicius de Amorim Silva. Marcelo Soares Teles Santos. Gerson dos Santos Lisboa. Sival Ribeiro de Sena	Áreas de risco a alagamento e inundação na foz do rio Cachoeira, em Ilhéus (Bahia – Brasil)	Identificar as áreas expostas a risco de inundações e alagamentos, e como as características ambientais contribuem para tal problemática, no entorno da foz do Rio Cachoeira em Ilhéus, Bahia.

Open Journal Systems (2020)	Yago Y. Parente. Amilcar C. Mendes. Artur G. O. de Miranda. Octavio C. Dourado Junior	Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Curuçá (Pará) e demarcação de nascentes fluviais como subsídio à gestão.	Realizar a caracterização morfométrica da bacia de drenagem do rio Curuçá (Curuçá/PA), levando em consideração os parâmetros lineares, aeriais, hipsométricos e de hierarquia fluvial, de forma a propiciar a demarcação das prováveis nascentes fluviais da rede hidrográfica, utilizando técnicas de geoprocessamento.
Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais (2021)	Eni Aparecida do Amaral. Andre Rosalvo Terra Nascimento. Claudionor Ribeiro da Silva. Ana Paula de Oliveira. Gabriel Rosa da Silva.	Avaliação de impactos ambientais na APP do Rio Paranaíba e inferências para mitigação	Avaliar os principais impactos ambientais, de natureza negativa, existentes na área de APP do rio Paranaíba, no município de Patos de Minas e apontar inferências para mitigação dos impactos e recuperação ambiental das áreas degradadas.
Cadernos UNIFOA (2022)	Francisco Jácome Gurgel Júnior. Thainá de Souza Jeronymo Souza. Wendel Sousa do Carmo Souza.	A utilização de maquete tridimensional como recurso didático na disciplina de hidrologia e recursos hídricos, para a demonstração de técnicas compensatórias	Evidenciar as fases de construção de uma maquete dinâmica, suas especificidades, descrição das etapas de sua concepção, bem como demonstrar de maneira clara e funcional as medidas estruturais para equacionar os impactos ambientais negativos advindos da ocupação urbana desordenada e suas consequências sobre os sistemas drenagem convencionais.
Revista Caminhos de Geografia (2023)	Ana Carolina Silva. Cristina de Souza Domingues Raposo. Eduardo Meireles.	Áreas de conexão verde e conexão fundo de vale: proposição para redução dos impactos de enchentes em Belo Horizonte, Minas Gerais	Apresentar um mapa de áreas prioritárias para implementação das áreas de Conexão Verde e da Conexão Fundo de Vale - estratégias do novo Plano Diretor da cidade em busca de minimizar a ocorrência das flash floods e seus impactos negativos em Belo Horizonte.
Revista de Geografia (2023)	Ana Carolina Barbosa Pereira Dinotte. Nayara Jamine Silva. Cecília Félix Andrade Silva. Jairo Rodrigues Silva.	Interferência do avanço da urbanização no sistema hidrogeomorfológico na bacia do Córrego Cercadinho, Belo Horizonte, MG.	Realizar uma análise temporal nos anos 1989, 2007 e 2015 quanto a interferência do avanço da urbanização na morfodinâmica da bacia do córrego Cercadinho, Belo Horizonte, MG.
Mix Sustentável Dissertações (2020)	Adilson Gorniack, M.SC. Maria Paula Casagrande Marimon, DRA.	Avaliação de método de controle do escoamento superficial para a drenagem urbana sustentável na bacia do Rio Itapocu/SC	Analisar os princípios da Drenagem Urbana Sustentável (DUS), de sorte a propor um novo modus operandi na gestão do escoamento das águas pluviais na bacia do Itapocu que viesse a contribuir na harmonização do ambiente construído e o meio natural.

Fonte: Autor (2024)

O estudo de Camelo *et al.* (2020) busca modelar o Storm Water Management Model (SWMM) para a simulação da quantidade e qualidade do escoamento superficial em bacias urbanas, avaliando cargas poluidoras e qualidade da água. A aplicação do modelo SWMM para simulação chuva/vazão foi eficaz, considerando parâmetros como infiltração, área e capacidade de armazenamento em depressões. Apesar da complexidade na calibração, o programa respondeu bem à simulação dos fenômenos hidráulicos e hidrológicos na bacia e nas galerias de drenagem pluvial. Os resultados indicam que a intensidade da precipitação tem maior influência na redução das cargas superficiais acumuladas e na concentração do escoamento, sem aumento significativo na carga acumulada para diferentes intensidades simuladas.

Dinotte, Silva e Rossoni (2020) buscaram compreender o papel dos geoindicadores na identificação de alterações resultantes de ações antropogênicas em ambientes urbanizados. Além disso, propõe apresentar e discutir diferentes propostas de geoindicadores que podem ser utilizados na identificação de modificações hidrogeomorfológicas em áreas urbanas. Dessa forma, pode-se afirmar que a utilização de geoindicadores como ferramentas preventivas em ambientes urbanizados com indícios de impactos ambientais significativos pode auxiliar no planejamento urbano, visando minimizar os impactos ambientais causados.

Conforme Branco Filho *et al.* (2021) aplicam o método SWOT para analisar o saneamento básico, examinando forças, fraquezas, oportunidades e ameaças no contexto da privatização do setor, conforme o novo marco legal. O saneamento básico, incluindo água potável e esgotamento sanitário, é essencial para a população, e a falta de investimentos está diretamente ligada a problemas de saúde pública. Isso afeta principalmente pessoas marginalizadas, comprometendo sua dignidade e bem-estar. A negligência governamental ao longo de décadas exige soluções urgentes. O Novo Marco Legal do Saneamento Básico no Brasil visa garantir que, até 2033, 99% da população tenha acesso à água potável e 90% ao tratamento e coleta de esgoto, oferecendo uma alternativa viável para melhorar essa situação.

Tolentino *et al.* (2023) identificou as áreas expostas ao risco de inundações e alagamentos no entorno da foz do Rio Cachoeira em Ilhéus, Bahia, e investigou como as características ambientais contribuem para essa problemática. Os resultados revelaram que as áreas de relevo plano e impermeabilizadas pelo

desenvolvimento urbano apresentam maiores níveis de risco, enquanto locais com relevo mais acentuado e presença de vegetação estão associados a riscos mais baixos. O mapeamento e análise dos dados indicaram que a maior parte da área urbana está situada em regiões de relevo plano, próximas ao rio, onde os manguezais naturalmente se desenvolvem. No entanto, ao longo dos anos, esses manguezais foram suprimidos. É importante ressaltar que os manguezais desempenham um papel imperativo na mitigação dos efeitos de fenômenos naturais, como inundações e alagamentos, atuando como amortecedores. Portanto, a remoção desses ecossistemas aumenta o impacto sobre a população que vive nas proximidades.

Na análise de Parente *et al.* (2020) caracteriza a bacia do rio Curuçá, no Pará, para auxiliar no planejamento e gestão de bacias hidrográficas. Utilizando geoprocessamento, analisou parâmetros lineares, areais, hipsométricos e de hierarquia fluvial para demarcar nascentes fluviais. Os índices morfométricos fornecem dados consistentes, facilitando a compreensão das propriedades físicas e dinâmicas da rede de drenagem, permitindo uma análise eficaz dos processos hidrológicos. Concluiu-se que a bacia possui forma alongada, apresentando baixo risco de inundações em condições normais de pluviosidade, e que a drenagem é exorreica, escoando para o Oceano Atlântico.

A pesquisa de Amaral *et al.* (2021) avalia os impactos ambientais na APP do rio Paranaíba, identificando e mitigando os impactos e propondo medidas de recuperação para áreas degradadas. Os impactos mais frequentes foram erosão/assoreamento, presença de espécies exóticas/invasoras e lançamento de efluentes e resíduos sólidos. A maioria dos impactos apresentou alta magnitude e importância nos meios físico, biótico e antrópico, conforme a análise na matriz adaptada de Leopold. Essa avaliação permitiu identificar áreas críticas de degradação na APP, prioritárias para recuperação.

O exame de Gurgel Júnior *et al.* (2022) destaca a utilização de maquetes tridimensionais como recurso didático no ensino de hidrologia e técnicas compensatórias. O estudo evidencia as fases de construção de uma maquete dinâmica, suas especificidades e descrição das etapas de concepção. Além disso, demonstra de maneira clara e funcional as medidas estruturais para mitigar os impactos ambientais negativos decorrentes da crescente ocupação urbana e suas consequências sobre os sistemas de drenagem convencionais. A maquete é um

recurso valioso devido à sua clareza, visibilidade e objetividade na apresentação das técnicas, permitindo aos estudantes uma interação direta com o tema abordado, o que resulta em um melhor aproveitamento do conhecimento transmitido, complementando o conteúdo teórico da disciplina.

Conforme Silva, Raposo e Meireles (2023) apresenta um mapa de áreas prioritárias para a implementação das estratégias de Conexão Verde e Conexão Fundo de Vale, conforme o novo Plano Diretor de Belo Horizonte. Essas estratégias visam minimizar a ocorrência de flash floods e seus impactos negativos. O estudo ressalta que 28,5% da malha hidrográfica de Belo Horizonte é canalizada. As análises identificaram 186 áreas de risco de inundação na cidade, totalizando uma área de três mil metros quadrados.

O estudo de Dinotte *et al.* (2023) foi realizar uma análise temporal nos anos 1989, 2007 e 2015 quanto a interferência do avanço da urbanização na morfodinâmica da bacia do córrego Cercadinho, Belo Horizonte, MG. Constata-se que a pesquisa em questão cumpriu os objetivos propostos, ao comprovar, por meio dos resultados das caracterizações morfométricas, que a bacia possui baixa probabilidade de ocorrência de eventos de alagamentos e inundações. Conclui-se também que as interferências do avanço da urbanização foram responsáveis pelas alterações nas formas, materiais superficiais e implicações nos sistemas hidrogeomorfológicos, da bacia do Córrego Cercadinho, Belo Horizonte – MG.

Gorniack (2020) aborda o princípio da drenagem urbana sustentável (DUS) na Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu/SC como uma estratégia para mitigar os efeitos das inundações. Seus objetivos incluem propor um método para determinar a Taxa de Permeabilidade Mínima (TPM) para a bacia do Rio Itapocu e sugerir medidas compensatórias para controlar o escoamento superficial nos lotes. No entanto, apenas três dos doze municípios da bacia possuem esse instrumento urbanístico quantitativamente consolidado. A metodologia desenvolvida resultou em uma TPM média de 19,39%, e mostrou ser possível controlar o escoamento nos lotes para reproduzir o padrão pré-urbanização. Essa viabilidade decorre da responsabilidade do setor público pela ligação final da rede de drenagem de águas pluviais das residências à rede pública. Além de reduzir o impacto das inundações, tais medidas visam promover a cidadania socioambiental. Ao construir uma bacia de retenção em seus próprios lotes, os moradores não apenas ajudam a prevenir inundações na área urbana, mas também prestam um serviço ambiental aos concidadãos a jusante.

Análise dos impactos ambientais

A matriz de Leopold adaptada (Quadro 11) apresenta a análise conclusiva dos fatores mais influentes identificados na Área de Preservação Permanente (APP), levando em conta a magnitude e a importância dos impactos nos aspectos físicos, biótico e antrópico. Os fatores que exerceram maior impacto no meio físico, destacando-se pela alta magnitude e importância em todos os parâmetros desse meio, foram a deposição de resíduos sólidos, indícios de fogo, drenagem sem dissipadores, erosão e assoreamento.

Quadro 11— Matriz dos impactos ambientais identificados ao longo da APP do córrego do Cortado, avaliados quanto aos atributos: magnitude e importância

Causa Efeito		Impactos Ambientais observados no Córrego do Cortado															
		Deposição Resíduos		Presença Bovinos Equinos		Indícios de Fogo		Lançamento de Efluentes		Drenagem sem Dissipador		Espécies Exóticas		Trilha Interna		Erosão/ Assoreamento	
Meio Físico	Compactação do Solo	7	15	5	12	6	14	5	9	5	10	7	15	6	13	7	16
	Poluição do Solo e/ou da Água	5	13	5	11	5	11	7	15	8	17	5	13	6	13	7	16
	Perda de Massa e Nutrientes do Solo	5	12	6	13	6	14	7	13	7	15	5	12	5	13	7	16
	Aumento na Sedimentação no Curso de Água	9	18	6	14	7	14	7	15	7	16	9	18	3	6	7	16
	Instabilidade das Margens	7	15	5	13	5	13	6	12	7	16	7	15	3	7	7	16
Meio Biótico	Perda de Biodiversidade	6	14	6	14	7	16	6	12	5	10	6	14	4	9	5	12
	Interferência Ecossistema Natural	6	12	5	13	7	15	6	14	6	13	6	12	4	7	5	11
Meio Antrópico	Perda Qualidade de Vida/Saúde	5	13	7	15	4	8	7	12	4	9	5	13	3	6	4	8
	Perda de Qualidade Estética Paisagística	7	15	5	12	6	14	5	11	7	14	7	15	4	10	6	14
	Risco de Inundação/ Deslizamento	7	13	3	9	4	8	5	9	5	12	7	13	3	6	4	9

Fonte: Autor (2024)

Legenda: 0: impacto neutro. Para magnitude (m): Alto: (7), (8) e (9) / Médio: (5) e (6) / Baixo: (3) e (4). Para importância (i): Alta: 14), (15), (16), (17) e (18) / Média: 11), (12) e (13) / Baixa: (6), (7), (8), (9) e (10). Disposição na quadrícula dos pesos referentes aos atributos (m) e (i) dos impactos:

m	i
---	---

$$m = E + D + I$$

$$i = m + A + Ig + R.$$

Alto	Médio	Baixo	Neutro
(14), (15), (16), (17) e (18)	(11), (12) e (13)	(6), (7), (8), (9) e (10)	(0)

Ao longo da Área de Preservação Permanente (APP), foi constatada a presença significativa de resíduos sólidos, tanto dispersos quanto concentrados. Estes resíduos incluem uma variedade de materiais, desde aqueles com longa permanência no ambiente, como plásticos, pneus, isopor, metais e vidros, até itens com alto potencial de contaminação, como latas contendo restos de tintas, e materiais facilmente transportáveis, como resíduos da construção civil e demolição.

A diversidade e recorrência desses resíduos na APP, que abrange cursos d'água, rios, entorno de nascentes e olhos d'água perenes, é preocupante. Somado a isso, há o potencial de transporte desses materiais pela água da chuva, evidenciado pela sua presença nos pontos de assoreamento do córrego.

Considerando esses fatores, a avaliação dos atributos de magnitude (m) e importância (i) variou de médio a alto, levando em conta os parâmetros do meio físico. Esta classificação reflete a gravidade do impacto desses resíduos no ecossistema local e ressalta a necessidade de medidas urgentes de mitigação e prevenção para preservar a integridade ambiental da área.

A presença frequente de resíduos na APP é atribuída à proximidade com bairro residencial, setor de indústria e setor de comércio ambulante (feira dos goianos) e à falta de isolamento das áreas de proteção ambiental.

A falta ou ineficiência de dissipadores nos pontos finais de drenagem urbana na Área de Preservação Permanente (APP) pode resultar em efeitos impactantes de alta magnitude e importância no solo e na água, como compactação e poluição do solo, poluição da água, aumento na sedimentação no curso do córrego, instabilidade das margens e perda de massa e nutrientes do solo. Conforme destacado por Pereira, Paredes e Okawa (2018), a infraestrutura de drenagem e dissipação de águas pluviais no corpo hídrico deve ser adequada para permitir o escoamento e retardar a velocidade da água, protegendo assim as áreas de fundo de vale nas áreas urbanas.

No Parque do Cortado, há 5 locais onde a água da chuva é liberada sem os dispositivos necessários, o que causa impactos negativos, como a desestabilização das margens e encostas do córrego. A rápida velocidade da água, especialmente durante fortes chuvas, agrava a situação devido à má eficiência do sistema de drenagem urbana. Isso pode ter causado a remoção de material próximo à saída do córrego, levando à instabilidade das margens e à degradação ambiental.

Indícios de incêndio foram observados próximo ao leito do córrego, os quais resultaram da queima de vegetação seca, principalmente proveniente do bambu (*Bambusa vulgaris*). As evidências são claras devido à presença de velas, indicando possíveis atos religiosos, culturais ou artísticos realizados na área. Esse tipo de atividade pode representar um risco significativo para a vegetação e a vida silvestre da região, além de contribuir para a degradação do ecossistema local e aumentar a vulnerabilidade à erosão do solo e ao assoreamento do córrego. As ocorrências de princípios de incêndio antrópico na APP podem ter sido facilitadas pela existência de trilhas e acessos internos, que facilitam o fluxo no interior da área e também a falta de isolamento e proteção. Os impactos iniciais do fogo nos ecossistemas florestais abrangem a diminuição das reservas de biomassa, alterações nos ciclos hidrológico e de nutrientes, bem como a perda de biodiversidade, frequentemente associada à invasão de espécies exóticas (Melo; Durigan, 2010). Alinhado a essa perspectiva, Salati e Vosep (1984) também observam o empobrecimento das comunidades de flora e fauna nativas.

Oficialmente, não há lançamento de efluentes sem tratamento no córrego. No entanto, em alguns momentos, pode-se sentir um forte odor de esgoto próximo à tubulação de lançamento, o que sugere um possível lançamento clandestino de efluentes no sistema de drenagem da região. Essa situação não apenas compromete a qualidade da água, mas também afeta o solo, resultando na perda de massa e nutrientes, além de aumentar a sedimentação no curso do córrego. Esses impactos representam riscos significativos para a saúde pública e o ecossistema local, além de degradar a qualidade estética e paisagística da unidade de conservação.

Inferências e sugestões para mitigação dos impactos ambientais negativos na APP

De acordo com Durlo e Sutili (2005), para estabilizar e conter a erosão em taludes fluviais que estão sofrendo processos erosivos avançados, é necessário empregar técnicas de bioengenharia que envolvam duas ações interdependentes e complementares: intervenção física e tratamento vegetativo.

A intervenção física envolve a remoção de sedimentos, troncos, galhos e outros materiais que obstruem o canal do córrego, seguida pela reconstrução da

margem. Esse processo é apoiado pela construção de uma estrutura de pedra e madeira ao nível normal da água, com o objetivo de ancorar a base do talude e fornecer maior estabilidade e proteção. Isso prepara o terreno para receber o tratamento vegetativo, que compreendem o plantio de gramíneas, arbustos e árvores nas áreas afetadas.

São necessários reparos urgentes e manutenções em dispositivos desses sistemas de drenagem urbana, tais como os dissipadores finais, conforme detectado no presente estudo.

CONCLUSÃO

Os impactos mais frequentes identificados foram erosão, assoreamento, drenagem sem dissipadores, presença de espécies exóticas/invasoras, indícios de fogo, lançamento de efluentes e deposição de resíduos sólidos (IBRAM, 2016). A maioria desses impactos apresentou alta magnitude e importância nos meios físico, biótico e antrópico, conforme análise de seus atributos na matriz adaptada de Leopold. A avaliação desses impactos, junto com a elaboração da matriz utilizando os parâmetros de magnitude e importância dentro da APP, permitiu diagnosticar áreas críticas de degradação que são prioritárias para a recuperação. Essas medidas de recuperação estão ao alcance de todos, independentemente da intervenção governamental, como é o caso do saneamento básico.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. R. **Ciências Ambientais**. 2 ed. Rio de Janeiro: Thex, 2008. 766p.

AMARAL, E. A. *et al.* Avaliação de Impactos Ambientais na APP do Rio Paranaíba e Inferências para Mitigação. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 7, p. 572-584, 2021. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.007.0049>. Acesso em: 09 out. 2025.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005. 266p.

BISSET, R. **Métodos para avaliação de impacto ambiental**: uma mostra seletiva. (PACD environmental impacts assessment and planing unit). Apresentado no Seminário Técnico de AIA, Rio de Janeiro, 1986. RJ, FEEMA, 1986. 67p.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de

1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília, 2021. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 24 nov. 2021.

BRAGA, B. D. F. Gerenciamento urbano integrado em Ambiente Tropical. *In: Seminário de Hidráulica Computacional Aplicada a Problema de Drenagem Urbana*, 1994, São Paulo: ABRH, 1994.

BRAGA, J. O. **Alagamentos e Inundações em Áreas Urbanas: Estudo de Caso na Cidade de Santa Maria – DF**. Brasília, 2016. Monografia (Geografia)-Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: http://bdm.unb.br/bitstream/10483/19267/1/2016_JuliaOliveiraBraga.pdf. Acesso em: 14 dez. 2018.

BRANCO FILHO, T. de C. T. *et al.* Prognóstico do processo de privatização da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) Aspectos Históricos e uma Comparação com o Cenário Latino e Europeu. **Campos Neutrais- Revista Latino-Americana de Relações Internacionais**, v. 3, n. 2, p. 52-71, 2021. DOI: 10.14295/rcn.v3i2.13755. Acesso em: 9 out. 2025.

BRIZOLA, J.; FANTIN, N. Revisão da Literatura e Revisão Sistemática da Literatura. **Revista De Educação Do Vale Do Arinos - RELVA**, v. 3, n. 2, 2017. Doi: <https://doi.org/10.30681/relva.v3i2.1738>. Acesso m 20 set. 2024.

CAMELO, S. M. *et al.* Modelagem da Qualidade da Água em Sistemas de Macrodrenagem de Bacias Urbanas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, p. 873-885, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220202019033>. Acesso em 09 out. 2025.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções do Conama**: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Brasília: MMA, 2012. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/images/conteudo/LivroConama.pdf>. Acesso em 09 out. 2025.

DINOTTE, A. C. B. P.; SILVA, C. F. A.; ROSSONI, H. A. V. Contribuição dos Geoindicadores como Ferramenta na Identificação dos Processos Erosivos Associados a Antropogeomorfologia. **Ateliê Geográfico**, v. 14, n. 1, p. 155-173, 2020. DOI: 10.5216/ag.v14i1.57150. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/atelie/article/view/57150>. Acesso em: 9 out. 2025.

DINOTTE, A. C. B. P. *et al.* Interferência do Avanço da Urbanização no Sistema Hidrogeomorfológico na Bacia do Córrego Cercadinho, Belo Horizonte, MG. **Revista De Geografia**, v. 40, n. 2, p. 116–137, 2023. Doi: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2023.256816>. Acesso em 20 set. 2024.

DURLO, M. A.; SUTILI, F. J. **Bioengenharia: Manejo Biotécnico de Cursos de Água**. Porto Alegre: EST, 2005. 189p.

FLORENTINO, L. A.; RIOS, M. R. **Influência das Atividades Antrópicas na Qualidade da Água no Município de Boa Esperança – MG e o Potencial Impacto**

à **Saúde**. Poços de Caldas: Justiça Climática no Antropoceno, 2021. Disponível em: http://www.meioambientepocos.com.br/ANAIIS%202021/333_influncia-das-atividades-antrpicas-na-qualidade-da-gua-do-municipio-de-boia-esperana-mg-e-o-potencial-impacto-sade.pdf Acesso em: 25 mar. 2023.

GILBUENA JUNIOR, R. *et al.* Environmental Impact Assessment of Structural Flood Mitigation Measures by a Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) Technique: A Case Study In Metro Manila, Philippines. **Science of the Total Environment**, v.456-457, p.137-147, 2013. Doi: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.03.063>. Acesso em: 25 set. 2024.

GONÇALVES, R. M. G. *et al.* Aplicação do Modelo de Revegetação em Áreas Degradadas, Visando à Restauração Ecológica da Microbacia do Córrego da Fazenda Itaquí, no Município de Santa Gertrudes, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v.17, p.73-95, 2005. Doi: <http://doi.org/10.5935/jetia.v7i28.714>. Acesso em: 25 set. 2024.

GORNIACK, M. P. C. Resumo de dissertação: avaliação de método de controle do escoamento superficial para a drenagem urbana sustentável na bacia do Rio Itapocu/SC. **MIX Sustentável**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 179–180, 2020. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n3.179-180. Acesso em: 21 set. 2024.

GURGEL JÚNIOR, F. J. *et al.* A Utilização de Maquete Tridimensional como Recurso Didático na Disciplina de Hidrologia e Recursos Hídricos, Para a Demonstração de Técnicas Compensatórias. **Cadernos UniFOA**, v. 17, n. 50, p. 1-14, 2022. DOI: 10.47385/cadunifoa.v17.n50.3924. Acesso em: 9 out. 2025.

IBRAM. Instituto Brasília Ambiental. **Diagnóstico prévio para regularização fundiária das UC da ARIE JK**. Brasília: IBRAM, 2016.

IETC. International Environmental Technology Centre. Planejamento e Gerenciamento de Lagos e Reservatórios: Uma Abordagem Integrada ao Problema da Eutrofização. Tradução de Dino Vannucci. *In*: TUNDISI, J. G. **Água no século XXI enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa Editora – Instituto Internacional de Ecologia, 2003. 247 p.

JOÃO, D. D. Impacto da Qualidade da Água na Saúde Humana: Um Estudo de Caso no Bairro Calomanda. **RAC: Revista Angolana de Ciências**, v. 2, n. 3, p. 433-452, 2020. Disponível em: <http://policacoes.scientia.co.ao/ojs2/index.php/rac/article/view/113>. Acesso em: 25 mar. 2023.

LEOPOLD, L. B. *et al.* **A Procedure for Evaluating Environmental Impact**. Geological Survey Circular 645. Washington: USGS, 1971.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Impacto do Fogo e Dinâmica da Regeneração da Comunidade Vegetal em Borda de Floresta Estacional Semidecidual. **Revista Brasileira de Botânica**, Gália, SP, v.33, n.1, p.37-50, 2010. Doi: <http://doi.org/10.1590/S0100-84042010000100005>. Acesso em 25 set. 2024.

MORAIS, I. L.; SOARES, D. M.; NASCIMENTO, A. R. T. As Áreas Úmidas no Contexto do Código Florestal e a Invasão Biológica em Veredas. *In*: SANTOS, F. R. **Contextualizando o Cerrado Goiano: entre questões socioeconômicas e socioespaciais e questões socioeducacionais e socioambientais**. Curitiba: CRV, 2017. p.59-86.

PARENTE, Y. Y. *et al.* Morphometric Characterization of the Hydrographic Basin of the Curuçá River (Pará) and Demarcation of Rver Source as Subsidy to Management. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 10, n. 3, p. 138-152, 2020. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/85353063/37189.pdf>. Acesso em 09 out. 2025.

PEREIRA, P. P.; PAREDES, E. A.; OKAWA, C. M. Diagnóstico Preliminar da Integridade Ambiental de Fundos de Vale. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.23, n.4, p.739-749, 2018. Doi: <http://doi.org/10.1590/S1413-41522018169928>. Acesso em 21 set. 2024.

PAULOS, E. M. dos S. **Qualidade da Água para Consumo Humano**. Covilhã: Universidade da Beira Interior, 2008. 626p.

SALATI, E.; VOSEP. B. Amazon Basin: A System in Equilibrium. **Science**, v. 225, p. 29-138, 1984. DOI: 10.1126/science.225.4658.129. Acesso em 21 set. 2024.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2006.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

SANTOS, V. S. dos. **Doenças Relacionadas com a Água**. Brasil-escola, 2023. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/busca?q=Doen%C3%A7as+relacionadas+com+a+%C3%A1gua.+Brasil-escola.&x=0&y=0>. Acesso em: 27 mar. 2023.

SILVA, A. C.; RAPOSO, C. de S. D.; MEIRELES, E. Áreas de Conexão Verde e Conexão Fundo de Vale: uma Proposta para Redução dos Impactos de Enchentes em Belo Horizonte, Minas Gerais. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA. **Anais [...]**. Belo Horizonte, 2023. v. 3, p. 96-104. DOI: 10.46421/singeurb.v3i00.1144. Acesso em 09 out. 2025.

SHEAFFER, J. R.; WRIGHT, K. R. **Urban Storm Drainage Management**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1982.

TOLEDO, L. G. de; NICOLELLA, G. Índice de Qualidade de Água em Microbacia Sob uso Agrícola e Urbano. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 181-186, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/kpzVhzFFCk3zxZFzVFXPvZG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 09 out. 2025.

TOLENTINO, G. M. *et al.* Áreas de Risco a Alagamento e Inundação na Foz do Rio Cachoeira, em Ilhéus (Bahia–Brasil): Flooding and inundation risk areas at the mouth of the Cachoeira River in Ilhéus (Bahia–Brazil). **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 9, n. 2, p. 83-95, 2023. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2023v9n2ID32143>. Acesso em 24 set. 2024.

TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1995. 428 p.

TUCCI, C.; BERTONI, J. **Apostila de Inundações Urbanas da América Latina**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 129 p.

TUCCI, C. M. Gerenciamento de Drenagem Urbana. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, 2001. Disponível em: <http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/01/GEREN02.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2018.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Compartilhar a Água e Definir o Interesse Comum. *In*: Água para todos: água para a vida. Edições UNESCO, 2003. p.25-26. *In*: TUNDISI, J. G. **Água no século XXI enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa Editora – Instituto Internacional de Ecologia, 2003. 247 p.

4 ARTIGO: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NO CÓRREGO DO CORTADO- DF

Revista: O artigo originado do trabalho será submetido para publicação no periódico Boletim Paulista de Geografia (Qualis A1 pela CAPES).

RESUMO

Este estudo avaliou a qualidade da água do Córrego do Cortado, localizado em Taguatinga, Distrito Federal, em diferentes períodos sazonais, identificando variações significativas entre os períodos seco e chuvoso. Foram realizadas seis campanhas de amostragem, com análise de parâmetros físico-químicos e biológicos. Os resultados mostraram que, durante o período chuvoso, houve um aumento substancial na concentração de poluentes, refletindo a influência das chuvas no transporte de contaminantes. No período seco, a qualidade da água melhorou, mas alguns pontos ainda apresentaram níveis preocupantes de poluição. O Índice de Qualidade da Água (IQA) variou entre "Boa" e "Razoável", enquanto o Índice de Estado Trófico (IET) indicou condições mesotróficas a oligotróficas. A análise estatística aplicada confirmou a necessidade de intervenções para mitigar a poluição, destacando a importância de um monitoramento contínuo e de estratégias de gestão ambiental adaptadas às variações sazonais.

Palavras-chave: Parque Ecológico; Nascentes; Poluição Hídrica; Monitoramento Sazonal.

Water Quality Assessment and Environmental Impacts in the Cortado Stream - DF

ABSTRACT

This study evaluated the water quality of the Cortado Stream, located in Taguatinga, Federal District, across different seasonal periods, identifying significant variations between the dry and rainy seasons. Six sampling campaigns were conducted, analyzing both physicochemical and biological parameters. The results showed a substantial increase in pollutant concentrations during the rainy season, reflecting the influence of rain on contaminant transport. During the dry season, water quality improved, though some points still exhibited concerning pollution levels. The Water Quality Index (WQI) ranged from "Good" to "Fair," while the Trophic State Index (TSI) indicated mesotrophic to oligotrophic conditions. The applied statistical analysis confirmed the need for interventions to mitigate pollution, highlighting the importance of continuous monitoring and environmental management strategies adapted to seasonal variations.

Keywords: Ecological Park; Springs; Water Pollution; Seasonal Monitoring.

INTRODUÇÃO

A ocupação urbana acelerada provoca diversas alterações ambientais, afetando diretamente os recursos hídricos desde as nascentes. A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, conhecida como a Lei das Águas, estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), criando instrumentos para a gestão dos recursos hídricos de domínio federal, especialmente aqueles que atravessam mais de um estado ou fazem fronteira (Brasil, 1997). Embora o Brasil aparente ter água em abundância, a degradação ambiental causada pelo desmatamento, uso inadequado do solo e má gestão dos recursos tem reduzido significativamente a quantidade e qualidade da água disponível. No Distrito Federal, o Sistema de Unidades de Conservação foi regulamentado pela Lei Complementar Distrital nº 827/10, que inovou ao replicar dispositivos da Lei Federal nº 9.985/00 (Souza, 2017).

O Cerrado, bioma que cobre 24% do território nacional, é fundamental para a produção hídrica do país, especialmente nas regiões fora da bacia Amazônica, onde representa 40% da área e 43% da produção hídrica total. Contudo, a destruição das áreas de recarga dos aquíferos, transformadas em pastagens e áreas agrícolas, além da expansão urbana, tem comprometido gravemente a disponibilidade hídrica (Scariot; Sousa-Silva; Felfili, 2005). No Distrito Federal, a escassez de rios caudalosos torna os pequenos cursos d'água e nascentes fundamentais para o abastecimento. Para proteger essas nascentes, a Secretaria de Meio Ambiente – SEMA, criou o Programa Adote uma Nascente - PAN, atualmente gerido pelo Brasília Ambiental - IBRAM, que visa preservar e recuperar as nascentes para melhorar a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos (Lima; Emerich; Maldaner, 2008).

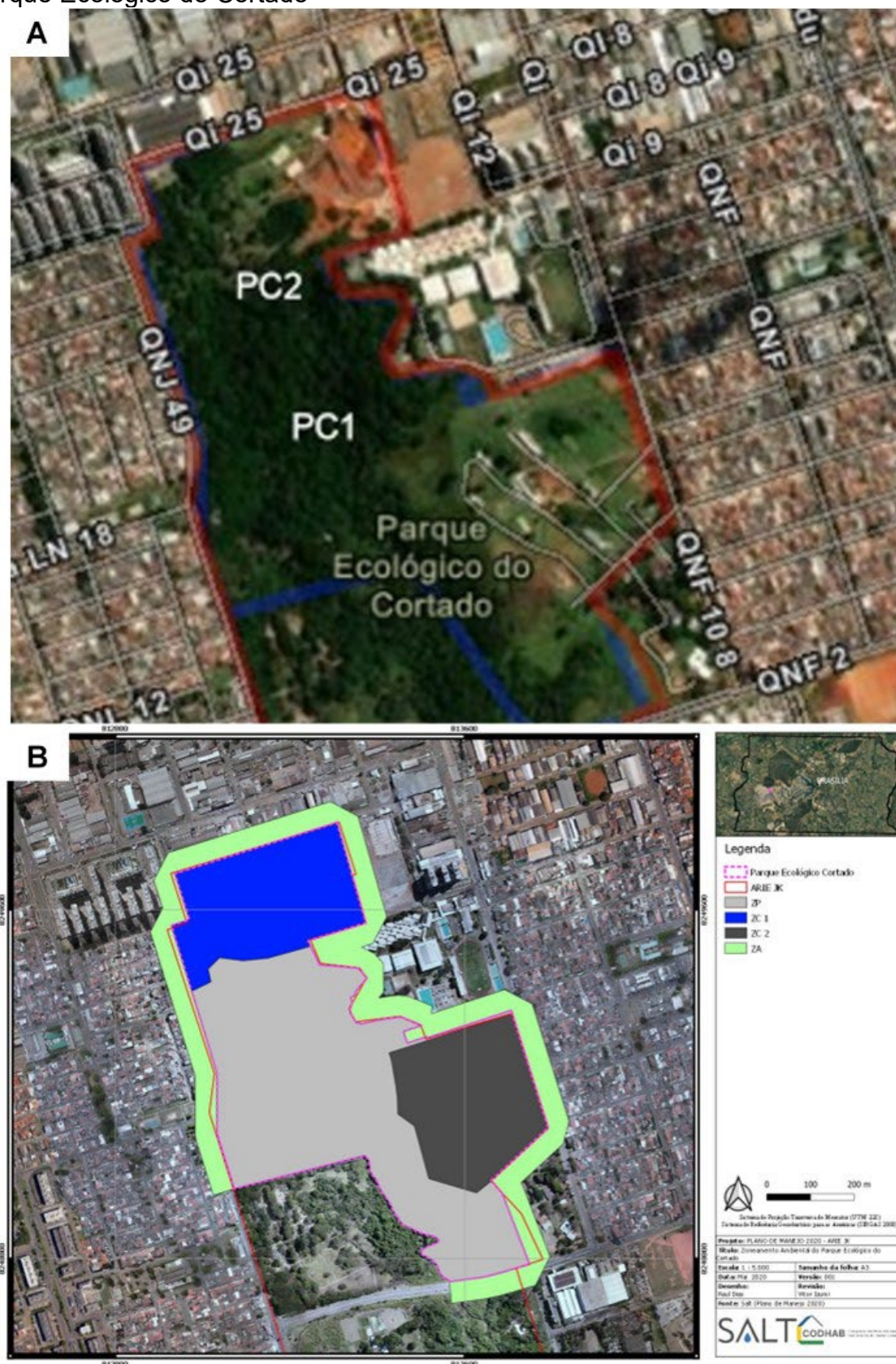
O Parque Ecológico do Cortado foi criado em 2008 para proteger suas nascentes, mas somente em 2013 o IBRAM assumiu sua administração, iniciando esforços de revitalização. Contudo, a mistura das águas pluviais com as nascentes continua a comprometer a qualidade da água. Assim, é essencial realizar um diagnóstico ambiental para planejar medidas eficazes de preservação. O estudo objetivou avaliar a qualidade dos recursos hídricos do Córrego do Cortado e identificar possíveis tipos de poluentes na região de Taguatinga-DF.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O Parque Ecológico do Cortado (Figuras 3A e 3B) apresenta área de aproximadamente 45,50 hectares, está localizado na porção norte da Área de Relevante Interesse Ecológico Juscelino Kubitschek (ARIE JK), na Região Administrativa de Taguatinga (RA-III), Distrito Federal. A vegetação predominante é composta por Mata de Galeria, que circunda o Córrego Cortado. No entanto, essa formação vegetal tem sofrido alterações significativas devido a pressões antrópicas.

Figura 3— A) Parque do Cortado em Taguatinga-DF. B) Zoneamento Ambiental do Parque Ecológico do Cortado



Fonte: A) Geoportal-DF. 25/03/2023 (Geoportal, 2023) B) Sinj-DF (2021).

Este estudo foi conduzido na microbacia hidrográfica do Córrego do Cortado, um afluente do Córrego Taguatinga, situado dentro do Parque Ecológico do Cortado. Esta microbacia está inserida na unidade hidrográfica do Ribeirão Melchior, que faz parte da bacia hidrográfica do Rio Descoberto. A Unidade de Conservação (U.C.) é notável pela presença de diversas nascentes, tanto permanentes quanto intermitentes, além do próprio Córrego do Cortado.

O Córrego do Cortado desempenha um papel importante no escoamento das águas das nascentes e das precipitações pluviais da região, com sua nascente situada a uma altitude de 1.200 metros acima do nível do mar. A importância ecológica e hidrológica desta área destaca a necessidade de estudos detalhados para compreender os impactos das atividades humanas e desenvolver estratégias de conservação eficazes.

O mapa presente na Figura 3B apresenta o Zoneamento Ambiental do Parque Ecológico do Cortado. A Tabela 4 apresenta informações sobre a área de cada uma das Zonas de Manejo.

Tabela 4— Áreas das Zonas de Manejo do Parque Ecológico do Cortado

Sigla	Categoria	Área (ha)	%
ZP	Zona de Preservação	25,60	56,26%
ZC1	Zona de Conservação 1 - Uso Público	9,98	21,93%
ZC3	Zona de Conservação 3- Uso Especial	9,92	21,80%
ZA	Zona de Amortecimento – Perimetral Verde	-	-

Fonte: Sinj-DF (2021).

O local foi escolhido segundo recomendações sugeridas nas metodologias descritas em Agudo *et al.* (1987), USEPA (1995) e Burton e Pitt (2002) e definido por meio de coleta de informações oficiais (plantas topográficas, imagens de satélite e relatórios do diagnóstico atual da área), juntamente com levantamento de campo e entrevistas feitas com os agentes de parque que trabalham na unidade de conservação.

Os critérios adotados para a escolha foram: 1) segurança pessoal da equipe e dos equipamentos durante a coleta; 2) acesso fácil e rápido, garantido durante toda a campanha para a amostragem e o transporte dos equipamentos; 3) local na calha

do córrego próximo a uma nascente e outro ponto próximo a jusante de uma queda d'água (cachoeira) (Figuras 4 e 5). 4) local na calha do córrego do cortado onde não houvesse curvas ou meandros, ou seja, escolha por um trecho mais plano que evitasse a estagnação ou turbulência das águas, no entanto, um local onde ocorresse uma condição de mistura e homogeneidade satisfatória dos elementos na coluna d'água.

Figura 4— Ponto PC1 - Parque Cortado Barro branco - $X=170506.462$; $Y=8248999.443$



Fonte: Autor (2024)

Figura 5— Ponto PC2 - Parque Cortado Cachoeira - $X=170413.777$; $Y=8249225.786$



Fonte: Autor (2024)

Análise da qualidade da água

Foram realizadas 6 campanhas de amostragem de águas para análises ambientais visando a determinação do Índice de Qualidade da Água (IQA) (ANA, 2023). As coletas ocorreram em diferentes estações do ano, sendo duas no verão (março de 2023 e março de 2024), três no inverno (junho e setembro de 2023 e junho de 2024) e uma na primavera (dezembro de 2023). Em todas as campanhas, as coletas de água foram realizadas em dois pontos distintos no Córrego Cortado.

Esses pontos foram selecionados com base em sua geolocalização e nas diferentes características atuais de preservação da Área de Preservação Permanente (APP) que os cercam, visando avaliar os possíveis fatores de alteração da qualidade das águas.

O método de coleta seguiu os procedimentos do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2011). As amostras foram coletadas de forma pontual nos pontos indicados. Os procedimentos padronizados garantem a integridade das amostras e a comparabilidade dos dados entre diferentes campanhas de coleta.

As amostras de água foram encaminhadas para o laboratório de análises ambientais da empresa Tommasi ambiental instalada em Brasília-DF, para análise dos parâmetros de qualidade da água, conforme métodos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012). O pesquisador acompanhou todo o procedimento de coleta de campo junto com o técnico credenciado pelo laboratório.

As medições de temperatura e oxigênio dissolvido (OD) foram realizadas no local imediatamente após a coleta. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em caixas de isopor com gelo e transportadas ao laboratório, onde foram mantidas a uma temperatura de 4°C até o momento da análise.

Os Parâmetros analisados físico-químicos foram: Cor aparente, turbidez, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), resíduos totais e temperatura da amostral. Os parâmetros Microbiológicos: coliformes termotolerantes. Os parâmetros químicos avaliados foram: Nitrato, nitrogênio total, fósforo total, nitrogênio amoniacal, óleos e graxas e ferro total. O cálculo do índice de qualidade da água (IQA) foi realizado segundo a ANA (2023).

Análise Estatística

O conjunto de dados deste trabalho envolve parâmetros de qualidade de água de 2 pontos coletados no período chuvoso e 2 pontos coletados no período seco, totalizando 4 conjuntos de dados.

Os resultados analíticos foram organizados em matrizes, uma para cada período, seco e chuvoso, e uma para os dois períodos a fim de analisar diferenças ocasionadas pela sazonalidade climática para os seguintes parâmetros: pH, turbidez, temperatura, Fósforo, Nitrogênio Total, Nitrato, Nitrogênio Amoniacal Total, Ferro Total, DBO, Óleos e Graxas Totais, Escherichia coli, Condutividade, Sólidos Totais, Sólidos Suspensos Totais, Cor Verdadeira e Oxigênio Dissolvido.

Foi realizada a análise de componentes principais utilizando a função *PCA* do pacote *MVar.pt* do programa estatístico R *version* 4.3.3 (2024-02-29 ucrt), (R Core Team, 2024). Utilizou-se também a análise de cluster hierárquica foi realizado utilizando a função *hcut* do pacote *factoextra* do programa estatístico R (R Core Team, 2024).

A técnica de Componentes Principais retoma informações de uma base de dados multivariada, transformando estes dados em variáveis de número igual ou inferior à amostra inicial e denominados “componentes principais”. Estes por sua vez, correspondem à combinação dos dados originais, sendo que representam uma redução de dimensionalidade dos dados originais em dois ou três componentes, identificando as direções pelas quais a variação dos dados é máxima, apresentando graficamente os resultados. São propósitos resumidos da análise de componentes principais: Identificação de padrões ocultos dos dados; Redução de dimensionalidade, pela diminuição da redundância nos dados; e Identificar variáveis correlacionadas.

Análise das condições das áreas de preservação permanentes

A análise das condições das Áreas de Preservação Permanente (APP) foi realizada com base na denominação da Lei Federal nº 12.651/2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa a nível Federal. Foram primeiramente mapeados os pontos de interesse via Google Earth Pro e realizada a delimitação do

recurso hídrico da bacia hidrográfica. Posteriormente, em campo foram feitas as coletas de água, bem como a visualização in loco para conhecimento dos locais e determinação da APP, que também foi feita através de mapeamento via software QGIS, o uso e ocupação do solo foi feito pelo plugins SPC, a partir de imagem do satélite Landsat 8.

Considerou-se como APP, a definição dada em 2001 e mantida na Lei Federal nº 12.651/2012 (Brasil, 2012), no seu artigo 3º, Inciso II. O capítulo II da Lei Federal nº 12.651/2012 (Brasil, 2012), trata exclusivamente das APPs, sendo que o seu artigo 4º define quais áreas são de preservação permanente e possui 11 incisos que as discriminam.

Diante do exposto, e por ser a realidade do curso hídrico amostrado neste estudo, foi utilizado apenas esse critério para o enquadramento e definição dos limites da APP. A partir da identificação da APP de 30m para o curso hídrico amostrado, avaliou-se as condições dentro da faixa de APP e nas proximidades com intuito de identificar atividades, moradias e elementos com potencial de interferir na qualidade das águas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 5 apresenta os resultados dos parâmetros de qualidade de todo o monitoramento, campanhas em tempo seco e nos eventos chuvosos, por meio das estatísticas preliminares analisadas (Anexo A). O conjunto de dados dos parâmetros monitorados foi estudado exploratoriamente quanto ao número de total de dados, pelas medidas de tendência central (mediana, médias aritméticas e geométricas), medidas de dispersão ou variação (valores máximos e mínimos, desvio padrão, coeficiente de variação) e medidas de posicionamento (percentis 25, 75 e 95%).

Tabela 5— Estatísticas descritivas dos parâmetros de qualidade monitorados em tempo seco e nos eventos chuvosos

Parâmetro	Tempo	NA	Min.	Max.	Méd.	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Perc. 95%	DP	CV
pH	seco	6	6,11	7,61	6,95	6,55	6,91	7,29	7,50	0,51	0,073
	chuva	6	6,9	8,06	7,39	6,94	7,37	7,85	7,99	0,46	0,063
Turbidez	seco	6	3,32	16,4	9,93	6,59	7,77	12,20	15,00	4,30	0,433
	chuva	6	12,9	185	77,68	22,65	36,53	132,50	167,50	64,51	0,830
Temperatura (°C)	seco	6	20,7	25,8	22,60	21,08	22,48	24,00	25,20	1,86	0,082
	chuva	6	22	28,5	24,68	22,00	24,46	27,23	28,08	2,60	0,106
Fósforo total (mg/L)	seco	6	0,009	0,23	0,09	0,05	0,03	0,13	0,20	0,08	0,854
	chuva	6	0,06	0,19	0,12	0,07	0,10	0,17	0,18	0,05	0,422
Nitrogênio total (mg/L)	seco	6	2,8	6,6	4,32	3,18	3,93	6,00	6,40	1,52	0,353
	chuva	6	1,9	4,8	3,18	2,35	2,91	4,13	4,58	1,04	0,326
Nitrato (mg/L)	seco	6	0,229	4,05	2,19	0,23	0,60	3,43	3,84	1,60	0,731
	chuva	6	0,23	5,44	2,46	0,79	0,88	4,37	5,08	1,96	0,799
Nitrogênio Amoniacal Total	seco	6	0,09	2,5	0,81	0,17	0,28	1,37	2,12	0,89	1,089
	chuva	6	0,014	3,1	1,40	0,01	0,04	2,65	2,95	1,26	0,898
Ferro total (mg/L)	seco	6	0,02	0,968	0,37	0,07	0,08	0,78	0,91	0,38	1,034
	chuva	6	0,335	7,31	2,52	0,41	0,85	4,62	6,41	2,66	1,058
DBO (mg/L)	seco	6	0,89	2,9	1,29	0,97	1,09	1,47	2,42	0,79	0,611
	chuva	6	0,99	21	4,96	0,99	1,59	7,43	16,48	7,91	1,595
Óleos e graxas totais (mg/L)	seco	6	12,88	28,81	17,47	13,32	16,23	21,09	26,24	5,94	0,340
	chuva	6	5	33,51	22,95	13,81	14,99	31,07	32,70	10,62	0,463
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	seco	6	68	2800	185,82	75,50	119,83	857,50	2152,50	1096,40	5,900
	chuva	6	130	5,40E+06	1,56E+04	385,00	583,08	1,52E+06	4105000,00	2,18E+06	139,332
Condutividade (µS/cm)	seco	6	153,5	218,4	187,88	155,60	183,86	213,83	216,88	29,74	0,158
	chuva	6	122,31	270,5	189,88	152,15	178,75	231,50	257,50	50,69	0,267
Sólidos totais (mg/L)	seco	6	72	136	94,00	75,00	90,05	109,00	127,00	23,01	0,245
	chuva	6	72	276	144,00	88,50	120,34	193,50	248,50	72,43	0,503
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	seco	6	2,9	9,9	6,40	2,90	4,49	9,90	9,90	3,83	0,599

	chuva	6	1,9	68	23,63	1,90	4,92	45,50	60,50	25,47	1,078
Cor Verd. (Pt/Co) (mgPt/L)	seco	6	9,5	52	23,33	9,50	14,00	47,50	50,50	20,01	0,858
	chuva	6	9,5	49	22,42	9,50	14,45	40,75	46,25	17,10	0,763
Oxigênio Dissolvido (OD)	seco	6	4,89	7,48	5,71	5,02	5,58	6,63	7,20	1,01	0,177
	chuva	6	4,1	6,3	5,25	4,80	5,16	5,82	6,14	0,73	0,140

1 Coletas em tempo seco e nos eventos chuvosos. 2 NA: Número de amostras analisadas. 3 Valor mínimo. 4 Valor Máximo. 5 Média Aritmética dos valores, para Coli total e E.coli representam Média Geométrica. 6 Percentil 25% dos valores. 7 Mediana. 8 Percentil 75% dos valores. 9 Percentil 95% dos valores. 10 Desvio padrão. 11 Coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2024)

A análise dos dados coletados durante as campanhas de amostragem no Córrego do Cortado, realizadas tanto no período chuvoso quanto no seco, permitiu identificar variações significativas na qualidade da água em resposta às condições climáticas e às influências antrópicas na área de estudo. Essa análise se concentrou na identificação das variáveis mais influentes e na compreensão das dinâmicas de poluição que afetam o córrego ao longo do tempo. Para maior compreensão é apresentado no Quadro 12 o balanço climatológico em Brasília-DF.

Quadro 12— Balanço climatológico em Brasília - DF

Período	Precipitação Registrada	Normal Climatológica (1991-2020)	Diferença	Observações
Março 2023	144,9 mm	226,0 mm	-81,1 mm	65% da média histórica
Junho 2023	2,4 mm	3,3 mm	-0,9 mm	73% da média histórica, 1 dia de chuva
Setembro 2023	49,2 mm	38,1 mm	+11,1 mm	29% acima da média histórica, 3 dias de chuva
Verão (Dez/2023-Mar/2024)	678,1 mm	621,7 mm	+56,4 mm	9% acima da média histórica, 48 dias de chuva
Março 2024	153,8 mm	226,0 mm	-72,2 mm	68% da média histórica, 14 dias de chuva

Fonte: Brasil (2023)

Assim como na UH Santana localizado no Distrito Federal (Silva, 2023), a precipitação variou significativamente ao longo do ano (de 0 mm em julho a 282,5 mm em dezembro), o Córrego do Cortado também apresenta uma marcada sazonalidade. Esta variação sazonal impacta diretamente a qualidade e quantidade de água, como observado nos resultados da ACP para os períodos seco e chuvoso no Cortado."

A Tabela 6, a seguir, apresenta os resultados das análises físico-químicas, microbiológicas e índices de qualidade da água do Córrego do Cortado nos períodos seco e chuvoso (2023-2024).

Tabela 6— Resultados das análises físico-químicas, microbiológicas e índices de qualidade da água do Córrego do Cortado nos períodos seco e chuvoso (2023-2024)

Parâmetro	Seca						Chuva					
	2ª campanha		3ª campanha		6ª campanha		1ª campanha		4ª campanha		5ª campanha	
	Junho/2023		Setembro/2023		Junho /2024		Março/2023		Dezembro/2023		Março/2024	
	PC1A-s	PC2A-s	PC1B-s	PC2B-s	PC1E-s	PC2E-s	PC1-c	PC2-c	PC1C-c	PC2C-c	PC1D-c	PC2D-c
pH	7,18	7,61	6,97	7,11	6,11	6,69	6,95	6,90	7,19	7,78	7,46	8,06
Turbidez	7,68	16,40	10,80	10,60	10,80	3,32	81,30	115	46,00	185,0	12,90	25,90
Temperatura (°C)	21,70	23,40	22,80	25,80	20,7	21,2	22,00	22,00	26,80	28,50	24,00	24,80
Constituintes inorgânicos												
Não metálicos												
Fósforo total (mg/L)	0,08	0,23	0,059	0,059	0,090	0,009	0,07	0,06	0,13	0,16	0,11	0,19
Nitrogênio total (mg/L)	2,80	6,60	3,30	3,90	3,50	5,80	2,80	1,90	3,20	4,80	2,50	3,90
Nitrato (mg/L)	0,229	0,229	2,50	3,22	2,94	4,05	2,56	1,54	0,23	0,98	4,01	5,44
Nitrogênio Amoniacal Total	0,50	2,50	0,20	0,60	0,99	0,09	0,014	0,014	1,30	3,10	2,50	1,50
Metais												
Ferro total (mg/L)	0,20	0,723	0,219	0,968	0,093	0,020	3,72	2,11	1,19	7,31	0,335	0,431
Constituintes orgânicos												
agregados												
DBO (mg/L)	0,89	2,90	0,99	0,99	0,99	0,99	2,90	2,90	0,99	21,00	0,99	0,99
Óleos e graxas totais (mg/L)	14,46	28,81	18,51	16,67	13,47	12,88	29,13	33,51	23,07	30,26	5,00	16,75
Microbiológicos												
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	210	2800	110	120	78	68	470	130	220000	5400000	92000	2200
Propriedades físicas e												
agregadas												
Condutividade (µS/cm)	156,30	211,50	175,30	218,40	153,50	212,30	162,09	122,31	189,90	270,50	176,00	218,50
Sólidos totais (mg/L)	92,00	136,00	72,00	100,00	76	88	166,00	120,00	136,00	276,00	94,00	72,00
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	2,90	2,90	9,90	2,90	9,90	9,90	38,00	14,00	18,00	68,00	1,90	1,90
Cor Verdadeira (Pt/Co mgPt/L)	52,00	46,00	10,00	9,50	13	9,50	38,00	49,00	9,50	19,00	9,50	9,50
Oxigênio Dissolvido (OD)	4,89	5,06	5,31	5,15	6,35	7,48	5,66	6,30	4,10	5,04	5,03	5,37
IQA – Índice Qualidade Água	71	57	74	74	59	72	62	60	45	31	52	61
Classificação IQA/CETESB	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Razoável	Ruim	Boa	Boa
IET – Índice Estado Trófico	Meso-trófico	Eutrófico	Meso-trófico	Meso-trófico	Meso-trófico	Oligotrófico	Meso-trófico	Meso-trófico	Meso-trófico	Eutrófico	Meso-trófico	Eutrófico

¹Limite de Condutividade Elétrica CETESB 2009, $\geq 100 \mu\text{S cm}^{-1}$; ²Parâmetros acima do estabelecido para rios de Classe II conforme Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005).

Fonte: Autor (2024)

Na Figura 6 são apresentadas imagens dos pontos de coleta no período chuvoso, sendo o ponto PC2C-c (A) e PC1C-c (B), que ocorreu na Campanha nº 04 realizada em 12 de dezembro de 2023. Na sequência é apresentada as imagens dos pontos PC2-c (C) e PC1-c (D), que ocorreu na Campanha nº 01 realizada em 17 de março de 2023. Em seguida são demonstrados os pontos PC1D-c (F) e PC2D-c (E), que ocorre na Campanha nº 05 realizada em 12 de março de 2024.

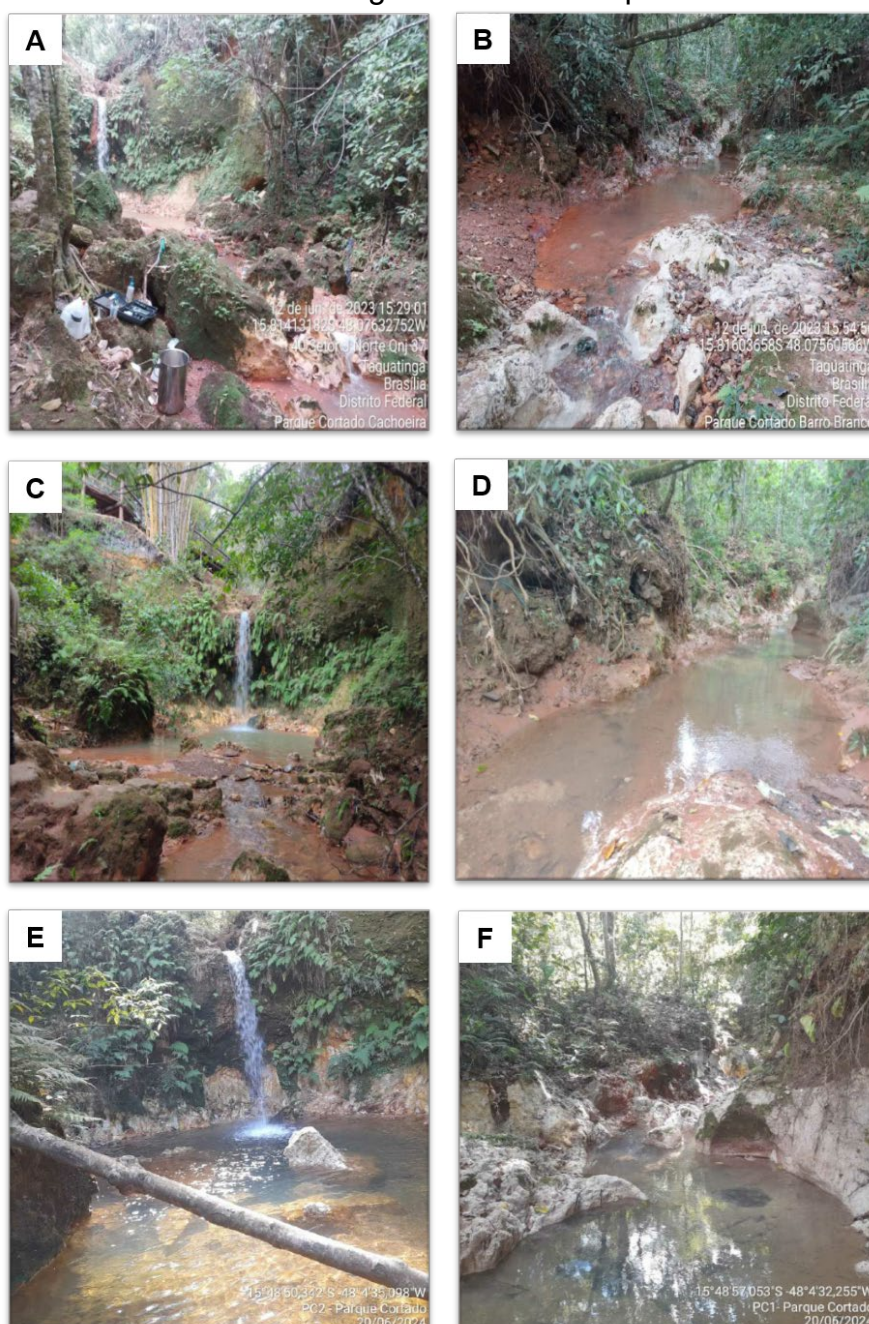
Figura 6— Pontos de coleta no córrego do Cortado no período chuvoso



Fonte: Autor (2024)

Na Figura 7, são apresentadas as imagens dos pontos de coleta no período seco, sendo o ponto PC2A-s (A) e PC1A-s (B), que ocorreu na Campanha nº 02 realizada em 12 de junho de 2023. Na sequência são apresentadas as imagens dos pontos PC2B-s (C), PC1B-s (D), PC2E-s (E) e PC1E-s (F), em que ocorreram nas Campanhas, nº 03 em 29 de agosto de 2023 e Campanha nº 06 realizada em 20 de junho de 2024 (respectivamente).

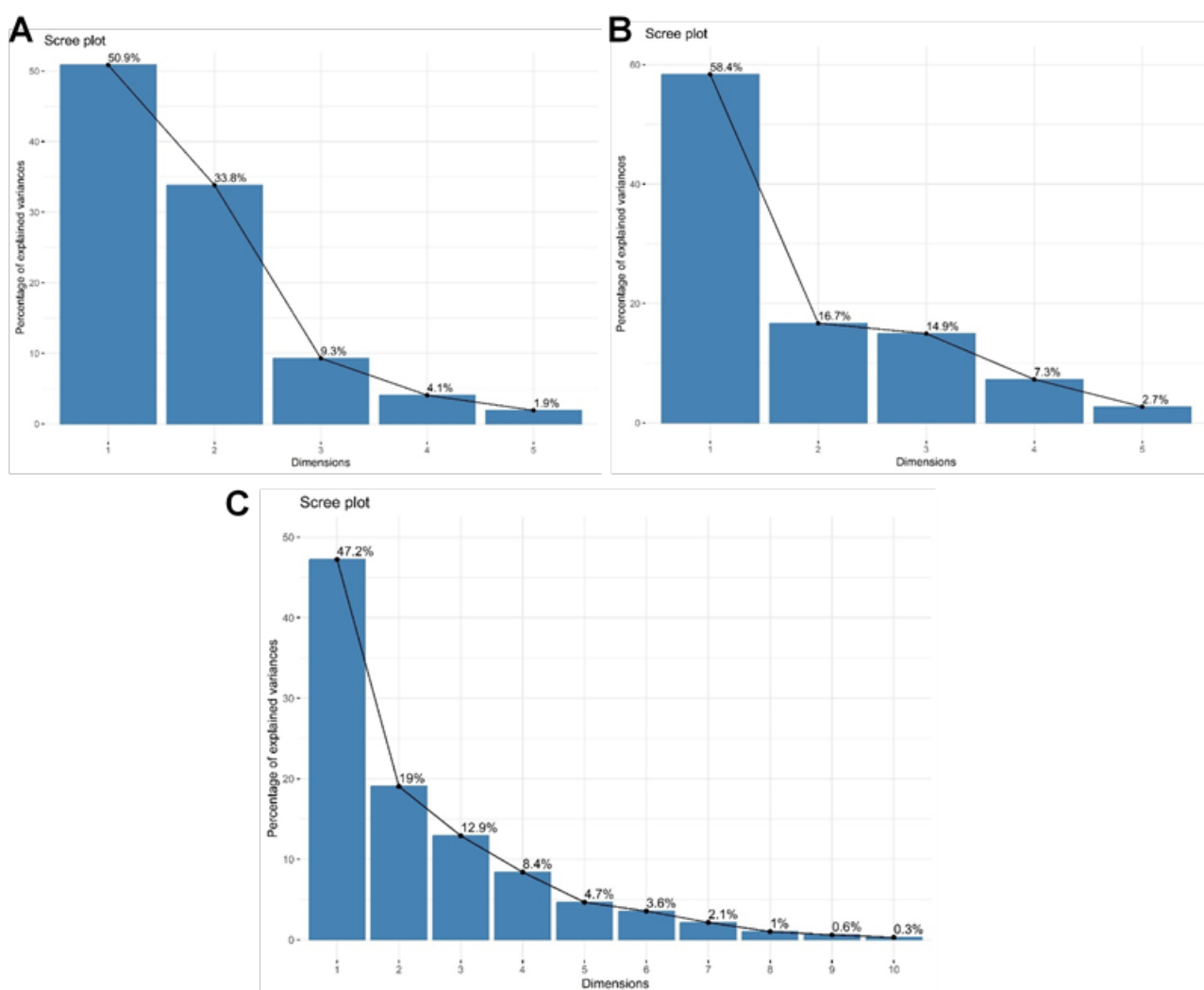
Figura 7— Pontos de coleta no córrego do Cortado no período seco



Fonte: Autor (2024)

A Figura 8 a seguir apresenta os resultados de proporção acumulada de autovalores da matriz de correções dos componentes principais. Observa-se que os dois primeiros componentes principais (Dimensões 1 e 2) da análise explicam 84,7% (Figura 8A), 75,1% (Figura 8B) e 66,2% (Figura 8C) da variação dos dados para os períodos chuvoso, seco e todos, respectivamente, o que evidencia a importância dessas duas dimensões para a análise.

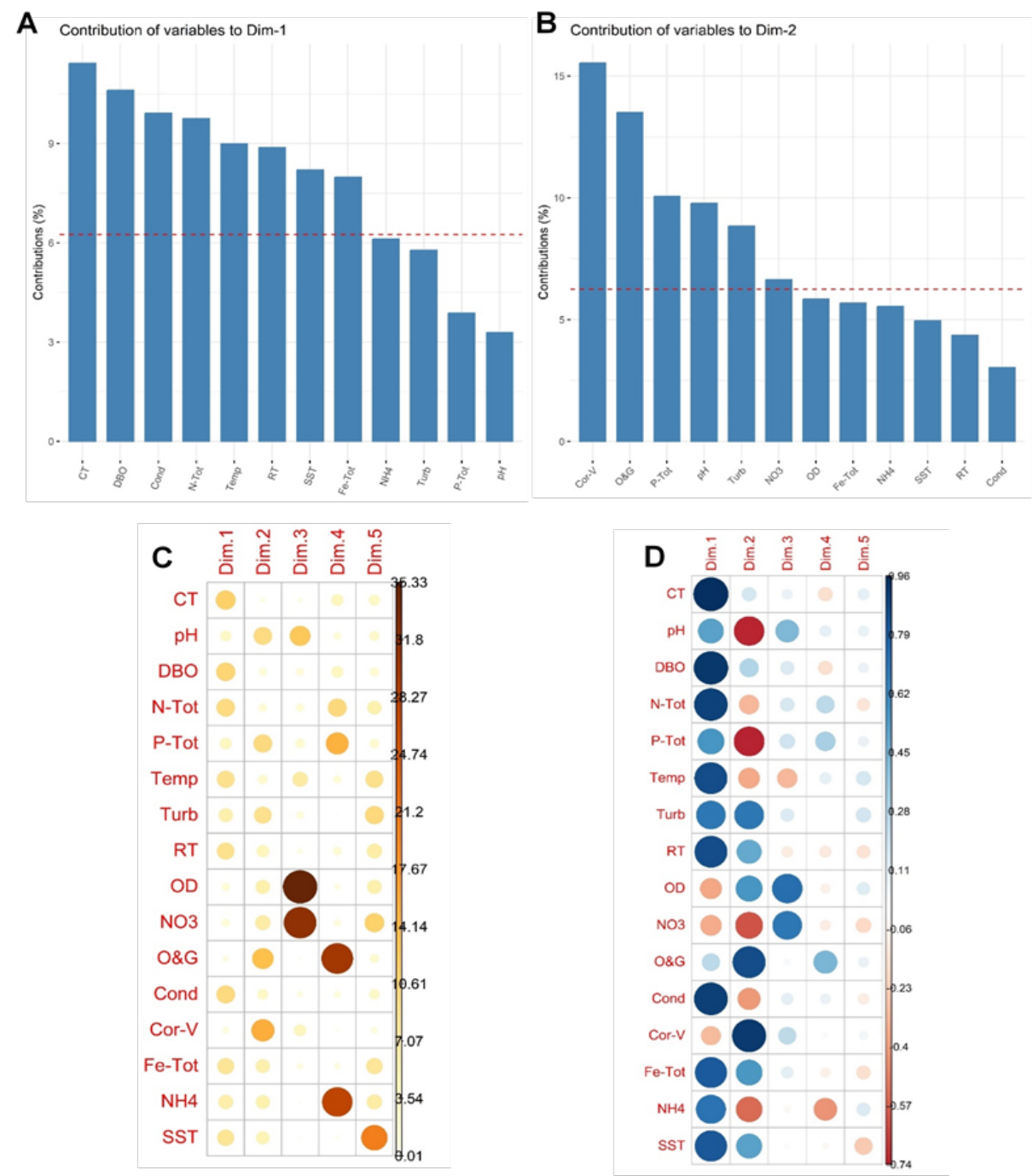
Figura 8— Porcentagem explicada pelos componentes principais (Dimensões) para os períodos chuvoso (A) e seco (B) para todos os pontos e período de coleta (C)



Fonte: Autor (2024)

Após análise das classes de componentes principais realizou-se exploração das Dimensões 1 e 2 para avaliação da contribuição de cada variável para o período chuvoso de coleta. A Figura 9, a seguir, apresenta a contribuição das variáveis da Dimensão 1 (Figura 9A) e Dimensão 2 (Figura 9B) em ordem classificatória.

Figura 9— Contribuição das variáveis nos componentes principais 1 (Dim-1) (A), 2 (Dim-2) (B) e de 1 a 5 (Dim-1 até Dim-5) (C). Análise de correlação nos componentes principais para o período chuvoso (D)



Fonte: Autor (2024)

Durante o período chuvoso, observou-se que as variáveis mais influentes na Dimensão 1 (Figura 9A) incluíram Coliformes Termotolerantes (CT), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Condutividade (Cond), Nitrogênio Total (N-Tot), Temperatura, Resíduos Totais, Sólidos Suspensos Totais (SST), e Ferro Total (Fe-Tot). Essas variáveis são indicadores chave de qualidade da água e refletem uma alta carga de poluentes, evidenciando a influência significativa das chuvas no transporte de contaminantes para o córrego. O aumento da DBO e de N-Tot indica uma maior presença de matéria orgânica e nutrientes, que podem estar relacionados a escoamento superficial urbano, agricultura e outras atividades humanas intensificadas durante o período chuvoso.

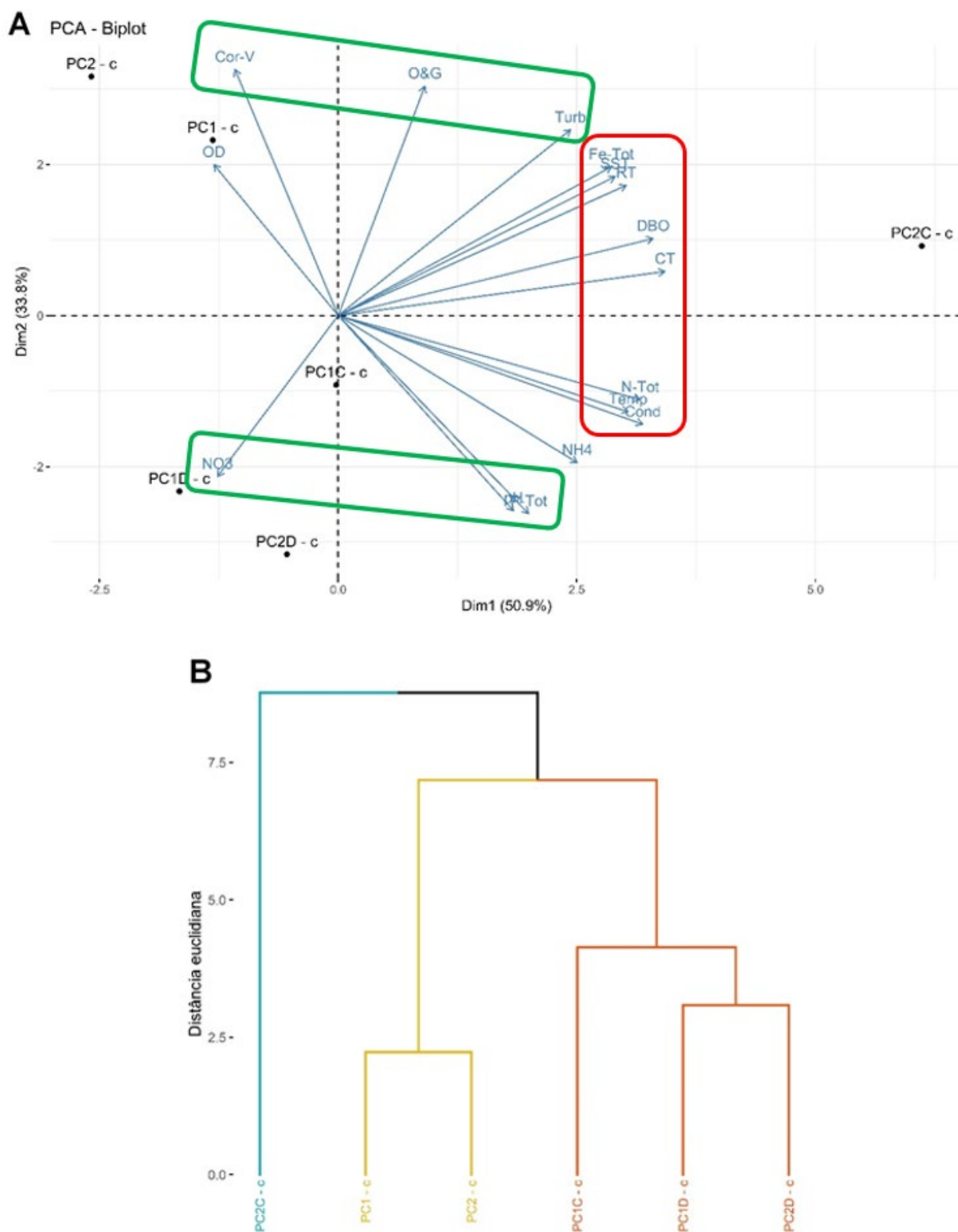
Na Dimensão 2 (Figura 9B), as variáveis mais relevantes foram Cor-V, Óleos e Graxas (O&G), Fósforo Total (P-Tot), pH, Turbidez e Nitrato (NO_3). Essas variáveis estão associadas principalmente à aparência física da água e à presença de contaminantes químicos. A correlação positiva de O&G e Cor-V, sugere que as fontes de poluição, como escoamento superficial carregado de óleo e resíduos sólidos urbanos, são mais ativas durante as chuvas, afetando a cor e turbidez da água, além de alterar seu pH.

A Figura 9C mostra a contribuição das variáveis nos componentes principais 1 de 1 a 5 (Dim-1 até Dim-5). A partir das análises de contribuição das variáveis, plotou-se o gráfico que inter-relaciona as variáveis com suas correlações e dimensões, representado pela Figura 9D. Para o componente da Dimensão 1, houve correlação (r) positiva das variáveis: CT ($r = 0,9643$), pH ($r = 0,5174$), DBO ($r = 0,9293$), N-Tot ($r = 0,8911$), Temperatura ($r = 0,8555$), Turbidez ($r = 0,6856$), RT ($r = 0,8499$), O&G ($r = 0,2559$), Cond. ($r = 0,8985$), Fe-Tot. ($r = 0,8062$), NH_4 ($r = 0,7056$) e SST ($r = 0,8170$). Houve correlação (r) negativa das variáveis: OD ($r = -0,3665$), Cor-V ($r = -0,3045$) e NO_3 ($r = -0,3559$). Para o componente da Dimensão 2, observa-se que as variáveis: Turbidez ($r = 0,6919$), OD ($r = 0,5624$), O&G ($r = 0,8552$), Cor-V ($r = 0,9170$), Fe-Tot. ($r = 0,5542$) e SST ($r = 0,5182$). Houve correlação (r) negativa das variáveis: pH ($r = -0,7274$), P-Tot ($r = -0,7382$) e NO_3 ($r = -0,5998$) e NH_4 ($r = -0,5482$).

A Figura 10A mostra a análise de biplot nos componentes principais para o período chuvoso, indicando que quanto mais próximas as variáveis estão, mais correlacionadas elas são.

A análise de cluster hierárquica (Figura 10B) revelou que o ponto de coleta PC2C-c apresentou os maiores valores para a maioria dos parâmetros avaliados, destacando-se como uma área de maior impacto ambiental. A localização deste ponto em uma região de maior densidade urbana pode explicar a alta carga de poluentes, reforçando a necessidade de medidas de controle mais rigorosas nessa área. Os pontos de coleta PC1-c e PC2-c, embora tenham apresentado valores elevados, foram semelhantes entre si, sugerindo uma poluição consistente ao longo do córrego, possivelmente devido à contribuição difusa de várias fontes ao longo do percurso do córrego.

Figura 10— A) Biplot nos componentes principais para o período chuvoso. B) Análise de cluster hierárquica para o período chuvoso



Fonte: Autor (2024)

De acordo com a análise de cluster apresentada na Figura 10B, o ponto de coleta PC2C-c exibiu os maiores valores para os parâmetros avaliados (CT, pH, DBO, N-Tot., P-Tot., Temp., Turb, RT, OD, NO₃, O&G, Cond., Cor-V, Fe-Tot., NH₄ e SST). Os pontos de coleta PC1-c e PC2-c mostraram resultados semelhantes para as mesmas variáveis. De forma similar, os pontos de coleta PC1C-c, PC1D-c e PC2D-c também apresentaram valores semelhantes para os parâmetros analisados.

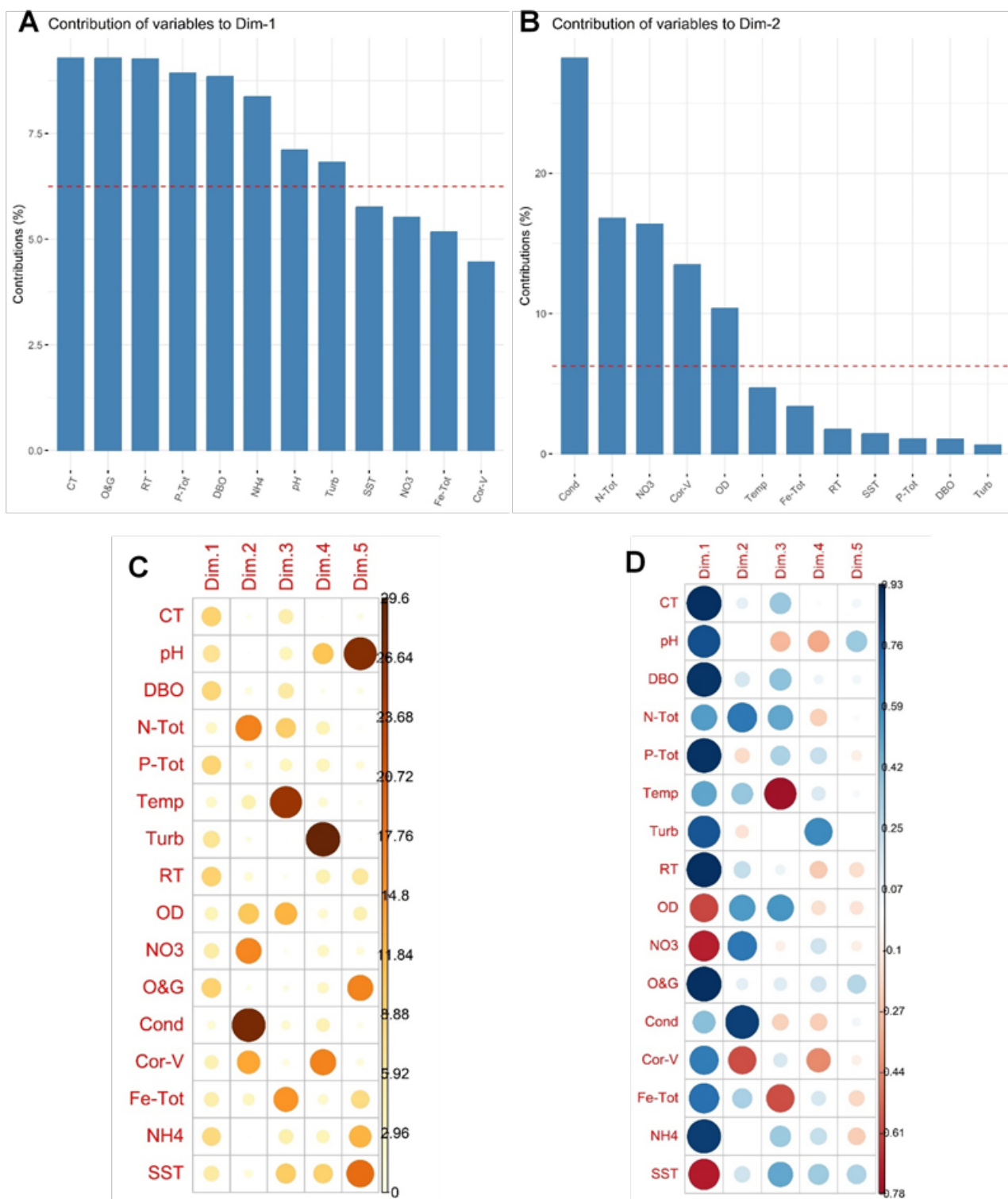
Na representação gráfica, os diferentes intervalos de valores são indicados por cores: azul para os maiores valores, laranja para valores intermediários e vermelho para os menores valores dos parâmetros avaliados. Conclui-se que as variáveis CT, DBO, Cond, N-Total, Temperatura, RT, SST e Fe-Tot. (Figuras 9A e 9C) são as mais relevantes para a avaliação no período chuvoso, conforme o componente principal 1 (Dim-1). Os resultados indicam que as variáveis Cor-V, O&G, P-Total, pH, Turbidez e NO₃ (Figuras 9B e 9C) são as que mais contribuem para o componente principal 2 ou dimensão 2 (Dim-2) no mesmo período.

No componente da Dimensão 1, houve uma correlação positiva (r) entre as variáveis CT, pH, DBO, N-Tot, Temperatura, Turbidez, RT, O&G, Cond., Fe-Tot., NH₄ e SST, enquanto as variáveis OD, Cor-V e NO₃ apresentaram correlação negativa. Isso sugere que o componente 1 está fortemente associado a fatores que indicam poluição e comprometimento da qualidade da água, com correlações positivas indicando contaminação e matéria orgânica, e correlações negativas indicando melhores condições de qualidade da água.

Já no componente da Dimensão 2, as variáveis Turbidez, OD, O&G, Cor-V, Fe-Tot. e SST tiveram correlação positiva, enquanto pH, P-Tot., NO₃ e NH₄ apresentaram correlação negativa. A análise dessas correlações sugere que a Dimensão 2 está fortemente ligada a aspectos que afetam a aparência física da água, como presença de óleos, cor, turbidez e sólidos em suspensão. As correlações negativas indicam que este componente pode estar inversamente relacionado à presença de certos nutrientes e à alcalinidade da água.

Após análise das classes de componentes principais realizou-se exploração das Dimensões 1 e 2 para avaliação da contribuição de cada variável para o período seco de coleta. A Figura 11 a seguir apresenta a contribuição das variáveis da Dimensão 1 (Figura 11A) e Dimensão 2 (Figura 11B) em ordem classificatória.

Figura 11— Contribuição das variáveis nos componentes principais 1 (Dim-1) (A), 2 (Dim-2) (B) e de 1 a 5 (Dim-1 até Dim-5) (C). Análise de correlação nos componentes principais para o período seco (D)



Fonte: Autor (2024)

Após análise das classes de componentes principais realizou-se exploração das Dimensões 1 e 2 para avaliação da contribuição de cada variável para o período

seco. A Figura 11A apresenta a contribuição das variáveis da Dimensão 1 em ordem classificatória. Conclui-se que as variáveis: CT, O&G, RT, P-Tot., DBO, NH₄, pH e Turbidez (Figuras 11A e 11C) são as mais importantes na avaliação no período seco de coleta no componente principal 1 (Dim-1).

Na sequência, partiu para avaliação da Dimensão 2, a qual teve maior impacto na proporção acumulada de componentes principais. A Figura 11B a seguir apresenta a contribuição das variáveis da Dimensão 2 em ordem classificatória. Os resultados mostram que as variáveis: Cond, N-Total, NO₃, Cor-V e OD são as que mais contribuem no componente principal 2 ou dimensão 2 (Dim-2) no período seco de coleta.

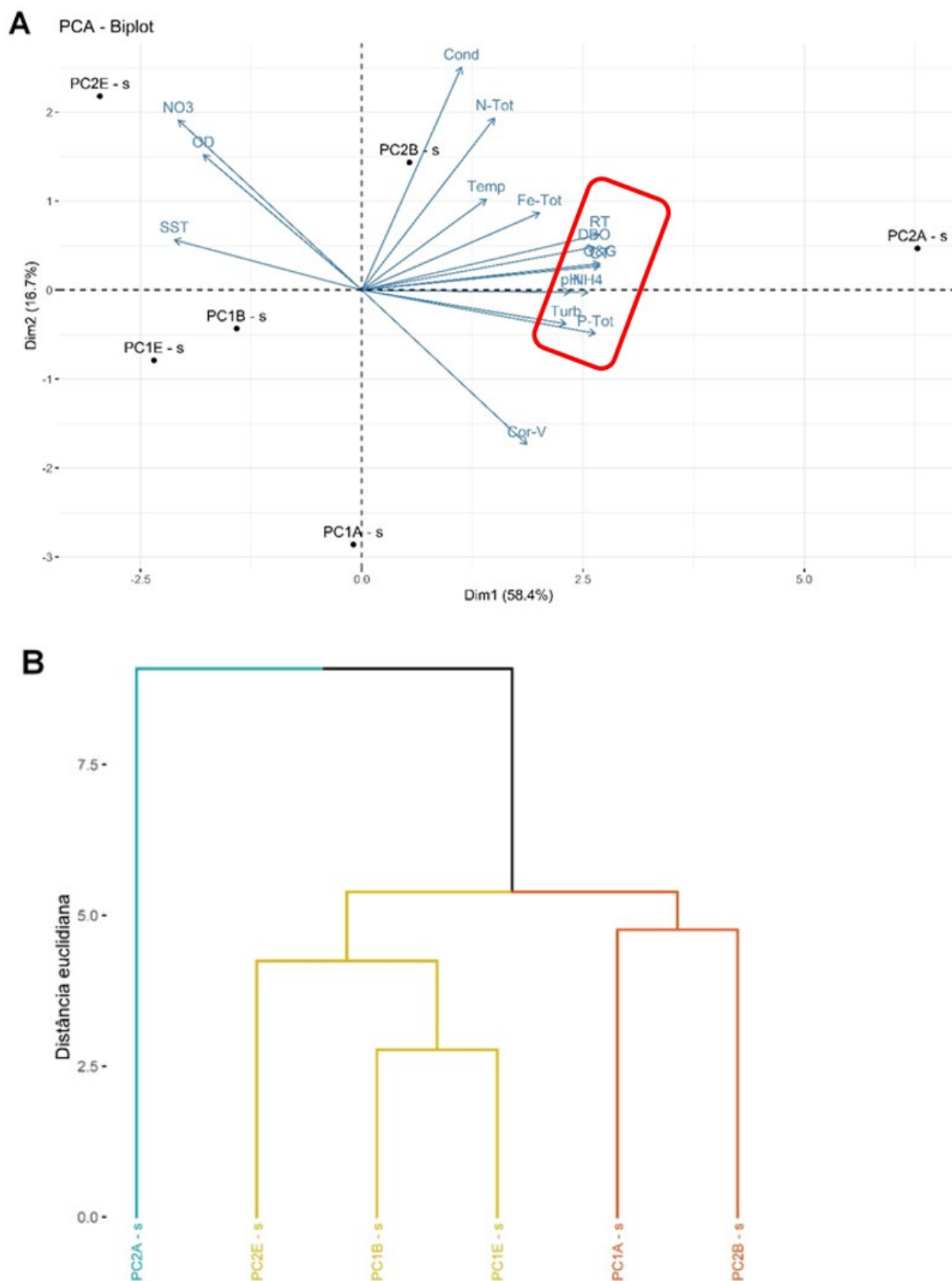
A Figura 11C demonstra a contribuição das variáveis nos componentes principais 1 de 1 a 5 (Dim-1 até Dim-5). A partir das análises de contribuição das variáveis, plotou-se o gráfico que inter-relaciona as variáveis com suas correlações e dimensões, representado pela Figura 11D.

Para o componente da Dimensão 1, houve correlação (r) positiva das variáveis: CT ($r = 0,9313$), pH ($r = 0,8151$), DBO ($r = 0,9092$), N-Tot ($r = 0,5192$), P-Tot ($r = 0,9134$), Temperatura ($r = 0,4868$), Turbidez ($r = 0,7984$), RT ($r = 0,9304$), O&G ($r = 0,9312$), Cond. ($r = 0,3898$), Cor-V ($r = 0,6455$), Fe-Tot. ($r = 0,6952$), NH₄ ($r = 0,8842$). Houve correlação (r) negativa das variáveis: OD ($r = -0,6194$), NO₃ ($r = -0,7179$) e SST ($r = -0,7334$).

Para o componente da Dimensão 2, observa-se correlações positivas para as variáveis: Cond ($r = 0,8676$), N-Tot ($r = 0,6698$), NO₃ ($r = 0,6614$), OD ($r = 0,5264$). Houve correlação (r) negativa da variável: Cor-V ($r = -0,5999$).

A seguir, a Figura 12A mostra a análise de biplot nos componentes principais para o período seco.

Figura 12— A) Biplot nos componentes principais para o período seco. B) Análise de cluster hierárquica para o período seco



Fonte: Autor (2024)

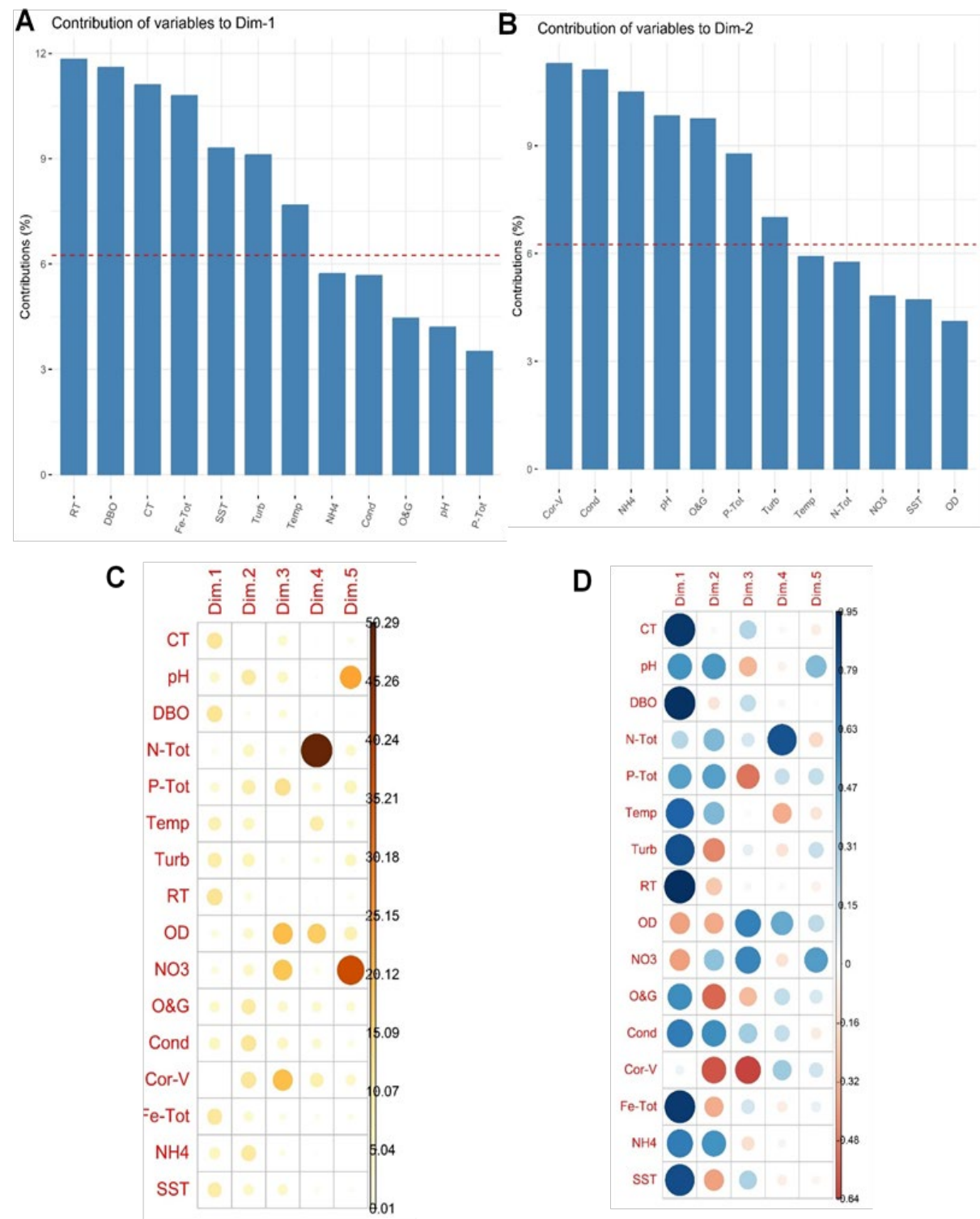
De acordo com os grupos criados na análise de cluster (Figura 11B), o ponto de coleta PC2A-s apresentou maiores valores dos parâmetros avaliados (variáveis: CT, pH, DBO, N-Tot., P-Tot., Temp., Turb, RT, OD, NO₃, O&G, Cond., Cor-V, Fe-Tot., NH₄ e SST). Isso indica uma área de maior impacto ambiental, sugerindo uma maior carga de poluentes, possivelmente associada a fontes significativas de poluição, como descargas industriais, escoamento superficial ou áreas urbanas densamente povoadas.

Os pontos de coleta PC2E-s, PC1B-s e PC1E-s foram semelhantes nas variáveis analisadas (CT, pH, DBO, N-Tot., P-Tot., Temp., Turb, RT, OD, NO₃, O&G, Cond., Cor-V, Fe-Tot., NH₄ e SST). Isso sugere condições de qualidade da água que não são tão extremas quanto às observadas em PC2A-s, mas ainda indicam alguma influência de poluentes ou variabilidade ambiental.

Os pontos de coleta PC1A-s e PC2B-s foram semelhantes nas variáveis analisadas (CT, pH, DBO, N-Tot., P-Tot., Temp., Turb, RT, OD, NO₃, O&G, Cond., Cor-V, Fe-Tot., NH₄ e SST). Esses pontos apresentaram valores menores para os parâmetros avaliados, indicando áreas com menor influência de fontes de poluição ou localizadas em regiões mais protegidas ou menos impactadas. As cores indicam os valores dos parâmetros avaliados: azul para os mais altos, laranja para os intermediários e vermelhos para os mais baixos.

Na análise de comparação entre períodos chuvoso e seco, as variáveis RT, DBO, CT, Fe-Tot., SST, Turbidez e Temperatura (Figura 13A) são as mais relevantes na avaliação de todos os pontos de coleta no componente principal 1 (Dim-1). Em seguida, foi realizada a análise da Dimensão 2, que teve um maior impacto na proporção acumulada dos componentes principais. A Figura 13B, a seguir, apresenta a contribuição das variáveis da Dimensão 2, classificadas em ordem de importância. Os resultados indicam que as variáveis Cor-V, Cond., NH₄, pH, O&G, P-Total e Turbidez são as que mais contribuem para o componente principal 2 (Dim-2) em todos os períodos pontos de coleta (Figuras 13B e 13C).

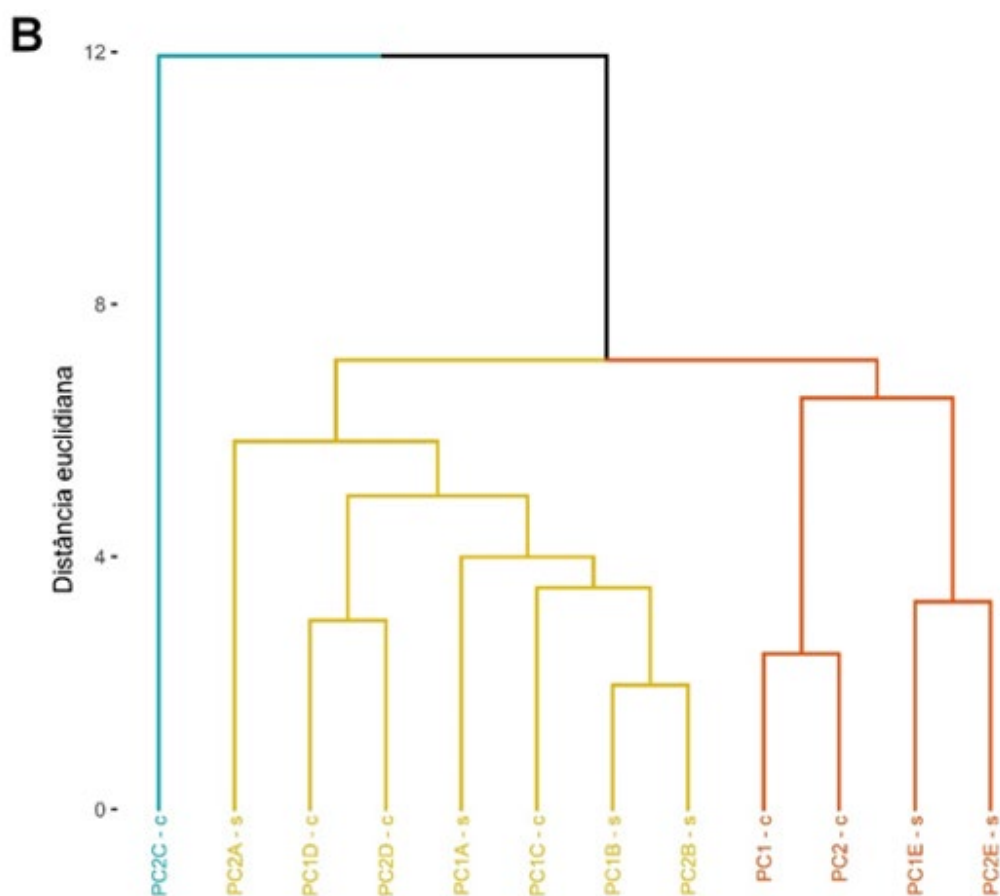
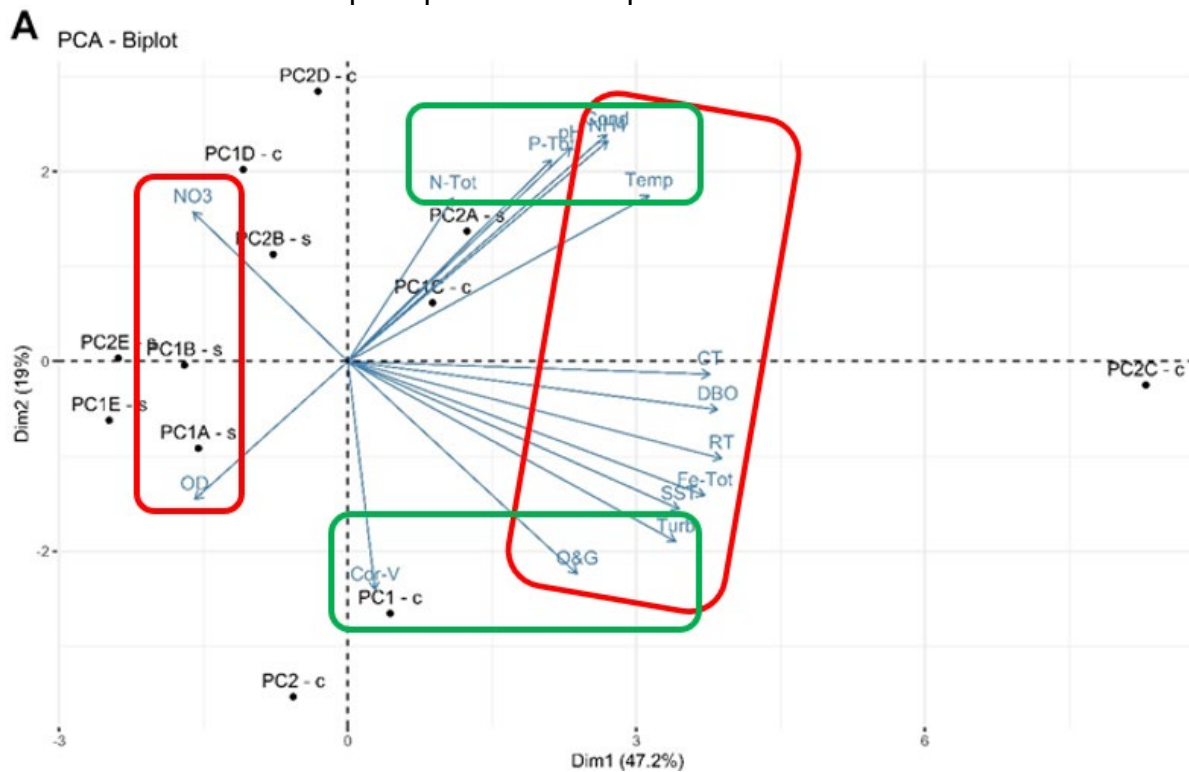
Figura 13— Contribuição das variáveis nos componentes principais 1 (Dim-1) (A), 2 (Dim-2) (B) e de 1 a 5 (Dim-1 até Dim-5) utilizadas para todos os pontos de coleta. (C). Análise de correlação nos componentes principais para todos os pontos e períodos de coleta (D)



Fonte: Autor (2024)

A Figura 14A mostra a análise de biplot nos componentes principais para todos os pontos de coleta. De acordo com os grupos formados na análise de cluster (Figura 14B), o ponto de coleta PC2C-c apresentou os maiores valores para os parâmetros avaliados (CT, pH, DBO, N-Tot., P-Tot., Temp., Turb, RT, OD, NO₃, O&G, Cond., Cor-V, Fe-Tot., NH₄ e SST). Esses resultados sugerem uma maior carga de poluentes, possivelmente resultante de fontes significativas como descargas industriais, escoamento superficial, ou áreas urbanas densamente povoadas.

Figura 14— A) Biplot nos componentes principais para todos os pontos de coleta. B) Análise de cluster hierárquica para todos os pontos de coleta



Os pontos de coleta PC2A-s, PC1D-c, PC2D-c, PC1A-s, PC1C-c, PC1B-s e PC2B-s apresentaram valores intermediários para as variáveis analisadas, o que sugere condições de qualidade da água que, embora não tão extremas quanto as observadas em PC2C-c, ainda refletem alguma influência de poluentes ou variabilidade ambiental.

Os resultados corroboram as observações de Vieira (2008) sobre o impacto significativo da urbanização na qualidade da água em ambientes urbanos.

Assim como no estudo de Vieira (2008), algumas amostras do Córrego do Cortado apresentaram concentrações de poluentes comparáveis a esgotos domésticos, ultrapassando os limites estabelecidos para corpos d'água Classe 2.

Os pontos de coleta PC1-c, PC2-c, PC1E-s e PC2E-s apresentaram os menores valores para os parâmetros avaliados, indicando uma qualidade da água relativamente melhor em comparação com os outros pontos. A análise estatística revelou que os pontos PC1-c e PC2-c correspondem à primeira campanha de coleta, realizada em março de 2023, durante o período chuvoso, enquanto os pontos PC1E-s e PC2E-s correspondem à sexta e última campanha de coleta, realizada em junho de 2024, durante o período seco em Brasília.

Essa comparação entre os períodos chuvoso e seco é essencial para compreender as variações sazonais na qualidade da água do Córrego Cortado, fornecendo informações importantes sobre como diferentes condições climáticas influenciam os parâmetros analisados.

O estudo do Córrego do Cortado e a pesquisa de Vieira (2008) em Belo Horizonte demonstraram que as condições climáticas, especialmente as chuvas, têm um impacto significativo na qualidade da água em ambientes urbanos. Em ambos os casos, o período chuvoso apresentou maiores concentrações de poluentes, com aumentos notáveis nos níveis de DBO, sólidos suspensos e, no caso do Córrego do Cortado, também de nitrogênio total (N-Tot). Esses resultados evidenciam o papel importante do escoamento superficial no transporte de contaminantes para os corpos d'água urbanos durante eventos de precipitação, destacando a necessidade de estratégias de gestão que considerem as variações sazonais na qualidade da água.

Por outro lado, o período seco apresentou uma melhoria na qualidade da água, com uma redução na concentração de poluentes, como indicado pelos menores valores de Cor-V, O&G e SST. Contudo, a persistência de certos poluentes

durante o período seco, especialmente nos pontos mais impactados, sugere que a poluição no córrego não está apenas relacionada às chuvas, mas também a fontes contínuas de contaminação.

Lima (2018) destaca que a análise das frações de fósforo nos sedimentos fornece informações valiosas sobre a dinâmica deste nutriente em ecossistemas aquáticos urbanos, permitindo uma melhor compreensão dos processos de eutrofização e da eficácia das medidas de gestão ambiental.

Os índices de qualidade da água (IQA) e de estado trófico (IET) confirmaram essas observações. Os pontos de coleta PC1-c e PC2-c, monitorados durante o período chuvoso, apresentaram IQA classificado como "Boa", mas com uma qualidade de água inferior à observada nos pontos monitorados no período seco, como PC2E-s, que foi classificado como oligotrófico, indicando uma menor produtividade biológica e melhores condições para a maioria dos usos da água.

A poluição observada está intimamente relacionada ao desenvolvimento urbano na região, que contribui para a impermeabilização do solo, aumento do escoamento superficial e consequente transporte de poluentes para o córrego. A correlação positiva de variáveis como DBO, N-Tot, e SST com as dimensões principais da ACP sugere que a presença de matéria orgânica e nutrientes é um indicativo claro de poluição, exacerbada durante o período chuvoso. Este cenário reflete a necessidade urgente de melhorias na infraestrutura de drenagem urbana e de estratégias para a gestão sustentável do escoamento superficial.

Os resultados indicam a necessidade de implementação de medidas de mitigação, como a melhoria da infraestrutura de drenagem urbana e o controle de fontes pontuais de poluição, para preservar a qualidade da água e evitar a degradação ambiental do Parque Ecológico do Cortado. Além disso, é essencial considerar o impacto sazonal ao planejar estratégias de gestão ambiental, uma vez que as condições climáticas desempenham um papel primordial na variação da qualidade da água.

Com base nas informações fornecidas sobre a UH Santana (Silva, 2023) e o caso do Córrego do Cortado, podemos identificar as variáveis mais significativas e fazer algumas comparações, que apesar das diferenças geográficas, ambas as áreas enfrentam desafios similares em termos de gestão de recursos hídricos, especialmente no contexto da expansão urbana e das variações sazonais. A abordagem utilizada na UH Santana, com foco na análise integrada de múltiplos

parâmetros e na consideração das variações sazonais, pode ser valiosa para aprofundar a compreensão e gestão dos recursos hídricos no Parque do Cortado.

Por fim, a análise estatística aplicada neste estudo proporciona uma base sólida para futuras ações de conservação e recuperação ambiental na área de estudo, oferecendo percepções valiosas sobre as dinâmicas de poluição e a eficácia das estratégias de mitigação implementadas. A continuidade do monitoramento e a adaptação das práticas de gestão são primordiais para garantir a sustentabilidade ambiental do Parque Ecológico do Cortado, especialmente diante das pressões urbanas crescentes.

CONCLUSÃO

O estudo do Córrego do Cortado revelou variações significativas na qualidade da água entre os períodos seco e chuvoso. Durante o período chuvoso, observou-se uma maior concentração de poluentes, evidenciada pelos valores elevados de diversos parâmetros nos pontos PC1-c e PC2-c. Em contraste, o período seco apresentou uma redução na concentração de poluentes, com o ponto PC2E-s exibindo a melhor qualidade da água.

O Índice de Qualidade da Água (IQA) classificou a maioria das amostras (83,3%) como "Boa", embora tenha sido detectada uma presença significativa de coliformes termotolerantes, indicando contaminação biológica. O Índice de Estado Trófico (IET) variou de mesotrófico no período chuvoso a oligotrófico no período seco, alertando para possíveis problemas futuros relacionados à eutrofização.

A análise estatística multivariada, incluindo a análise de componentes principais e a análise de cluster hierárquica, foi eficaz em identificar as principais variáveis que influenciam a qualidade da água e agrupar os pontos de coleta com base nas semelhanças dos parâmetros avaliados.

Estes resultados destacam a importância do monitoramento contínuo e da implementação de políticas públicas eficazes para reduzir a carga poluidora, especialmente durante os períodos chuvosos. É fundamental adotar estratégias de gestão ambiental que considerem as variações sazonais para garantir a sustentabilidade do Córrego do Cortado e preservar sua biodiversidade.

REFERÊNCIAS

- AGUDO, E. G. *et al.* **Guia de coleta e preservação de amostras de água.** São Paulo: CESTEB, 1987. 150 p.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Indicadores de qualidade – Índice da Qualidade das águas.** 2023. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 02 fev. 2023.
- APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water.** 22. ed. Denver, EUA: American Water Works Association, Water Environment Federation, 2012.
- BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Brasília: DOU, 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 5 jul. 2024.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Brasília: DOU, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 05 jun. 2024
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. **Boletim Climatológico Balanço Mensal de Março de 2023 em Brasília (DF).** Brasília: MAPA, 2023.
- BURTON, G.J.A.; PITT, R. **Stormwater effects handbook: a toolbox for watershed managers, scientists, and engineers.** Washington, DC: Lewis Publishers, 2002. 929p.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.** São Paulo: CETESB, 2011.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.** 2005. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcdaltrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 5 ago. 2024.
- GEOPORTAL – DF. **Cidade 3D.** Disponível em: <https://www.ide.df.gov.br/geoportal/>. Acesso em 15 ago. 2024.
- LIMA, E., C.; EMERICH, P. de P.; MALDANER, V. I. **IX Simpósio Nacional Cerrado.** Desafios e Estratégias para o Equilíbrio entre Sociedade, Agronegócio e Recursos Naturais, 2008. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/download/714/t/>. Acesso em 08 set. 2024.
- LIMA, S. R. M. **Determinação das frações de fósforo no sedimento superficial dos principais rios da cidade de São Roque, SP.** São Paulo, SP, 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-18022019-141549/publico/2018LimaDeterminacao.pdf>. Acesso em 09 out. 2025.

R CORE TEAM. R: A **Language and Environment for Statistical Computing**. **Vienna, Austria**: R Foundation for Statistical Computing. 2024. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 18 dez. 2024.

SALT AMBIENTAL. **ESTUDOS AMBIENTAIS** — Caracterização, projetos e serviços ambientais. 2020. Disponível em: <https://www.saltambiental.com.br/estudos/apresentacao/>. Acesso em 20 set. 2024.

SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Org.). **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 439p.

SILVA, E. C. B. da. **Aplicação do modelo hidrológico WEAP como subsídio à gestão de recursos hídricos e acompanhamento de indicadores hidroambientais na bacia hidrográfica do Ribeirão Santana DF/GO**. Brasília, 2023. Dissertação (Mestrado e Gestão e Regulação de Recursos Hídricos). Universidade de Brasília, Brasília, 2023. Disponível em: https://sigaa.unb.br/sigaa/public/programa/noticias_desc.jsf?lc=pt_BR&id=1503¬icia=7370120. Acesso em: 3 out. 2024.

SINJ-DF. Sistema Integrado De Normas Jurídicas do Distrito Federal. **Instrução Normativa Nº 07, de 22 de Janeiro de 2021**. Disponível em: https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/1353764b5c11440e84fb548ece71eeb8/Instru_o_Normativa_7_22_01_2021.html. Acesso em: 09 out. 2025.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C.; PIVETTA, G. G. Nonpoint Pollution Load in River Catchments With Different Anthropic Impacts: A Case Study in Southern Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 76, n. 24, 2017, p.1-17. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12665-017-7111-x>. Acesso em: 09 out. 2025.

VIEIRA, P. de C. **Avaliação das condições de qualidade da água em tempo seco e durante eventos de chuvas em uma microbacia urbanizada no município de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, MG, 2008. Dissertação (Mestrado em Saneamento Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/items/26b4e4e0-9f66-4153-8c0f-04c9e9a4847a>. Acesso em: 09 out. 2025.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **National Water Quality Inventory**, 1994, Report to Congress. *In*: Office of Water. EPA 841- R-95-005. Washington, D.C.: USEPA, December, 1995. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/1994_national_water_quality_inventory_report_to_congress.pdf. Acesso em: 23 set. 2024.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Contribuições da dissertação

Esta dissertação integra dois artigos que abordam os impactos ambientais e a qualidade da água no Parque Ecológico do Cortado, no Distrito Federal. O primeiro artigo utiliza a Matriz de Leopold adaptada para avaliar os impactos ambientais, enquanto o segundo analisa a qualidade da água do Córrego do Cortado. A integração desses estudos fornece uma visão abrangente dos desafios ambientais na área.

A Matriz de Leopold identifica diversos impactos, como compactação do solo, poluição, perda de biodiversidade e interferência no ecossistema. A análise da qualidade da água corrobora esses achados, mostrando variações significativas em parâmetros como turbidez, fósforo total, nitrogênio total e *Escherichia coli*, especialmente durante eventos chuvosos.

Os resultados indicam uma correlação entre os impactos ambientais e a qualidade da água. Por exemplo, o aumento da turbidez e sólidos suspensos durante chuvas está relacionado à erosão e assoreamento identificados na Matriz de Leopold. Altos níveis de *E. coli* sugerem contaminação fecal, possivelmente ligada ao saneamento inadequado e ocupação urbana acelerada.

Em termos de relevância técnico-científica, a aplicação de técnicas de análise multivariada, como a Análise de Componentes Principais (PCA) e a Análise de Cluster Hierárquica, permitiu uma compreensão aprofundada das variáveis que influenciam a qualidade da água. O monitoramento sazonal forneceu dados valiosos sobre a variação da qualidade da água, destacando a importância do monitoramento contínuo para a gestão eficaz dos recursos hídricos em áreas urbanas.

O estudo identificou períodos críticos de poluição hídrica, especialmente durante o período chuvoso, oferecendo informações essenciais para a implementação de medidas de mitigação. Socialmente, a melhoria da qualidade da água tem um impacto direto na saúde pública e no bem-estar das comunidades locais. Economicamente, uma gestão eficiente da qualidade da água pode gerar benefícios significativos, reduzindo custos de tratamento e prevenindo gastos com mitigação de desastres ambientais.

A contribuição para o estado da arte se dá pela inovação metodológica, onde a combinação de técnicas estatísticas avançadas com o monitoramento sazonal oferece uma nova perspectiva para estudos de qualidade da água.

Esta abordagem integrada não apenas identifica os problemas, mas também fornece uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias de conservação mais eficazes e adaptadas às necessidades específicas da área de estudo, contribuindo significativamente para o campo da hidrologia urbana e da gestão de recursos hídricos.

5.2 Trabalhos futuros

Ao longo deste trabalho, foram identificadas várias oportunidades para pesquisas futuras. Primeiramente, a expansão do monitoramento temporal, com a realização de campanhas de monitoramento mais frequentes e ao longo de períodos prolongados, pode proporcionar uma compreensão mais detalhada das variações sazonais e interanuais na qualidade da água. Além disso, o desenvolvimento de modelos hidrológicos que prevejam a qualidade da água com base em diferentes cenários climáticos e de uso do solo pode auxiliar na gestão de bacias hidrográficas. Outro ponto importante é o estudo das fontes de poluição, tanto pontuais quanto difusas, na bacia do córrego do Cortado, permitindo a identificação dos principais contribuintes para a degradação da qualidade da água. Também é relevante a avaliação da eficácia de tecnologias de remediação, como *wetlands* construídos, para a melhoria da qualidade da água em áreas urbanas. O impacto das mudanças climáticas na qualidade da água deve ser estudado, considerando cenários de aumento de temperatura e variações nos padrões de precipitação. Por fim, o desenvolvimento de programas de educação e participação comunitária é essencial para envolver a população local na monitorização e gestão da qualidade da água, promovendo a conscientização ambiental e a sustentabilidade. Essas direções de pesquisa oferecem um caminho promissor para aprofundar os estudos realizados, contribuindo para a melhor gestão dos recursos hídricos e a proteção ambiental.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional De Águas. **Indicadores de qualidade – Índice da Qualidade das águas**. 2024. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso: 02 fev. 23

ANA. Agência Nacional de Águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília: ANA, SPR, 2005. Disponível em: http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DA_QUALIDADE_DAS_AGUA_S.pdf. Acesso em: 08 jun. 2024.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília: ANA, SPR, 2023. Disponível em: <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-unesdoc-ark:-48223-pf0000144798/Description>. Acesso em: 08 jun. 2024.

ANJOS, A. P. R.; VASCONCELOS, F. C. W.; NEGREIROS, D. Diagnóstico ambiental do córrego do Bálsamo, Ibitité-MG, por meio de um protocolo de avaliação rápida. **Acta Geográfica**, v. 15, p. 42-61, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18227/2177-4307.acta.v15i39.5041>. Acesso em 03 out. 2024.

APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water**. 22. ed. Denver, EUA: American Water Works Association, Water Environment Federation, 2012. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1982598>.

ARAUJO, R. M. G. *et al.* Diagnóstico da integridade ambiental de trechos de um igarapé por meio de protocolo de avaliação rápida—Rio Branco, AC. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 9, n. 4, p. 29-38, 2020.

BASU, S.; LOKESH, K. S. Spatial and temporal variations of river water quality: A case study of River Kabini at Nanjangud in Karnataka. **International Journal of Water Resources and Environmental Engineering**, v, 5, n. 10, p. 591- 596, 2013. DOI: 10.5897/IJWREE12.130. Acesso em: 4 out. 2024.

BENTOS, A. B. **Impactos ambientais da zona rural e urbana na qualidade da água do ribeirão das Araras**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal de São Carlos, Araras-SP, 2016, 97p.

BRANCO JR, A. C. *et al.* Protocolo de avaliação rápida como ferramenta de gestão de recursos hídricos urbanos. **Revista Mineira de Recursos Hídricos**, v. 1, n. 2, 2020. DOI: 10.59824/rmrh.v1i2.197. Acesso em: 4 out. 2024.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Brasília: DOU, 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm Acesso em: 05 set. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Brasília: DOU, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm Acesso em: 05 jun. 2024.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Brasília: DOU, 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 5 jul. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento (SNS). **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos** – 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020.

BREGUNCE, D. T. *et al.* Avaliação da Qualidade da Água do Ribeirão dos Müller, Curitiba-PR. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 3, p. 39-47, 2011. Doi: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v16n3.p39-47>. Acesso em: 5 jul. 2024.

BRIZOLA, J.; FANTIN, N. Revisão da Literatura e Revisão Sistemática da Literatura. **Revista de Educação do Vale do Arinos - RELVA**, v. 3, n. 2, p. 23-39, jul./dez, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/relva/article/view/1738>. Acesso em: 3 ago. 2024.

CALLISTO, M. *et al.* Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividade de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 14, p. 91-98, 2002. DOI: <http://jbb.ibict.br/handle/1/708>. Acesso em 09 out. 2024.

CAMARGO, A. O. *et al.* **Métodos de análise química, mineralógica e física e solos do IAC**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2009. (Boletim Técnico, 106). 77p.

CAMPOS, J. C.; NUCCI, J. C. Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU) como ferramenta de monitoramento ambiental. **GOT: Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 21, p. 121, 2021. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/112112517/pdf.pdf>. Acesso em: 09 out. 2025.

CAMPOS, K. K. M. S. **Participação social na preservação de nascentes: proposta de criação de conselho gestor para o programa adote uma nascente, Brasília-DF**. 106 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos)- Universidade de Brasília, Brasília, 2020. DOI: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/45498>. Acesso em: 09 out. 2025.

CARVALHO, E. M.; RUSSO, M. R.; NAKAGAKI, J. M. Utilização de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em ambientes lóticos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 5, p. 129-139, 2014. DOI: <https://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2014.001.0009>. Acesso em: 09 out. 2025.

BREWER T, PRINGLE Y. Beyond Bazalgette: 150 years of sanitation. **Lancet**. 2015 Jul 11;386(9989):128-9. doi: 10.1016/S0140-6736(15)61231-4. Acesso em 09 out. 2024.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Organizadores: Carlos Jesus Brandão ... [et al.]. -- São Paulo: CETESB, 2011. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/Guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras-2012.pdf>. Acesso em 20 set. 2024.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Planilhas para Avaliação de Risco em Áreas Contaminadas sob Investigação**. 2007. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/documentacao/planilhas-para-avaliacao/>. Acesso em 20 set. 2024.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2014. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasSuperficiais2014_Partel_versão2015_Web.pdf. Acesso: 20 set. 2024.

CODEPLAN. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **PDAD Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios 2004**. Brasília: CODEPLAN, 2005.

CODEPLAN. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Atlas do Distrito Federal**. Brasília: CODEPLAN, 2020.

CODEPLAN. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **PDAD Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios 2021**. Brasília: CODEPLAN, 2022.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Brasília: CONAMA, 2005. Disponível em: chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 5 ago. 2024.

COSTA, B. N.; COSTA, B. N.; MARQUES, A. de M. Avaliação das condições ambientais do rio Preguiças no município de Barreirinhas, Maranhão, Brasil. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 5, p. e25339-e25339, 2021. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i5.339>. Acesso em: 25 set. 2025.

DIAS, J. S. *et al.* A Caracterização do Estado de Conservação de Nascentes do Córrego da Pindaíba/MG. **Revista Internacional de Ciências**, v. 12, p. 60-78, 2022. DOI: <https://doi.org/10.12957/ric.2022.60442>. Acesso em 5 set. 2024.

EPA. Environmental Protection Agency. **Biological criteria for the protection of aquatic life**. Columbus, Ohio: Division of Water Quality Monitoring Assessment, 1987. v. 1.

FERNANDES, A. *et al.* Avaliação ecológica rápida de qualidade da água do Rio Caraça como um ecossistema em condições de referência. **Revista Espinhaço**, v. 11, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6564171>. Acesso em: 27 set. 2024.

FIGUEIREDO, S. B.; AMORIM, R. S. S.; LOURENCETTI, C. Spacial and Temporal Characterization of Water Quality in the Cuiabá River Basin Of Central Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n. 13, p. 1647-1658, 2015. Doi: <https://doi.org/10.5897/AJAR2014.9387>. Acesso em: 27 set. 2024.

FIM, L. D. S. *et al.* Avaliação dos Impactos Ambientais nas margens do Rio Machado no Perímetro Urbano. **South Americna Journal of Basic Education, Technical**

and **Tecnological**, v. 7, p. 269-279, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/2757>. Acesso em: 27 set. 2024.

FREIRE, A. P.; CASTRO, E. C. Análise da Correlação do uso e Ocupação do Solo e da Qualidade da Água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 1, p. 41-49, 2014. Doi: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v19n1.p41-49>. Acesso em: 27 set. 2024.

GANDASECA, S. *et al.* Effects of Land use on River Water Quality of Awat Awat Lawas Mangrove Forest Limbang Sarawak Malaysia. **International Journal of Physical Sciences**, v.9, n. 17, p.386-396, 2014. DOI:10.5897/IJPS2014.4179. Acesso em 25 set. 2024.

GEOPORTAL. **Cidade 3D**. Brasília, DF: Geoportal, 25 mar. 2023. Disponível em: <https://www.ide.df.gov.br/geoportal/>. Acesso em 15 ago. 2024.

HANNAFORD, M.J.; BARBOUR, M.T.; RESH, V.H. Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 16, p. 853-860, 1997. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1468176>. Acesso em: 25 set. 2025.

HOLGADO-SILVA, H. C. *et al.* A Qualidade do Saneamento Ambiental no Assentamento Rural Amparo no Município de Dourados-MS. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 26, n. 3, p. 535-545, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1590/1982-451320140311>. Acesso em 15 ago. 2024.

ISLAM, M. H.; RAHMAN, M. M.; ASHRAF, F. U. Assessment of water quality and impact of effluents from fertilizer factories to the Lakhya River. **International Journal of Water Resources and Environmental Engineering**, v. 2, n. 8, p.208-221, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/265521586_Assessment_of_water_quality_and_impact_of_effluents_from_fertilizer_factories_to_the_Lakhya_River. Acesso em 15 ago. 2024.

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. A conservação do Cerrado brasileiro. **MEGADIVERSIDADE**, v. 1, n. 1, jul. 2005. Disponível em: https://professor.pucgoias.edu.br/sitedocente/admin/arquivosUpload/17973/material/Cerrado_conservacao.pdf. Acesso em 15 ago. 2024.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. <https://doi.org/10.11606/T.41.2004.tde-20032006-075813>. Acesso em 15 ago. 2024.

LIMA, C. R. N. *et al.* Variabilidade Espacial da Qualidade de Água em Escala de Bacias-Rio Cuiabá e São Lourenço, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 1, 2015, pp.169-178. Doi: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v20n1.p169-178>. Acesso em 15 ago. 2024.

LIMA, J.E.F.W.; SILVA, E.M. **Estimativa da contribuição hídrica superficial do Cerrado para as grandes regiões hidrográficas brasileiras**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 17., 2007. **Anais [...]**. São Paulo: ABRH, 2007.

Disponível em: <https://revistas.abrhidro.org.br/article.php?Article=4580>. Acesso em 09 out. 2024.

MORAIS, P. B. *et al.* O uso de Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) para avaliação da integridade ambiental de um trecho urbano do córrego Sussuapara, Tocantins, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 6, p. 192- 205, 2015. DOI: <https://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2015.002.0014>. Acesso em 6 out. 2024.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

NDAMITSO, M. M. *et al.* Physico-Chemical and Escherichia Coli Assessment of Selected Sachet Water Produced in Some Areas of Minna, Niger State, Nigeria. **International Journal of Water Resources and Environmental Engineering**, v. 5, n. 3, p. 134-140, 2013. DOI 10.5897/IJWREE2013.0384. Acesso em 09 out. 2024.

PALAFIX, G. H. M. **Caminhos do desenvolvimento ambiental**: extensão universitária. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2018. 158p.

PEREIRA, M. A. B. *et al.* Qualidade Hídrica da Cachoeira do Rio São Tomás, no Município de Rio Verde, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.1, p. 377-390, 2020. <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/242665>. Acesso em 07 out. 2024.

PINHEIRO, H. A. **Criação e aplicação de protocolo de avaliação de impacto ambiental no córrego Riacho Fundo – DF**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Ambiental). Brasília: UCB, 2007. DOI: <https://repositorio.ucb.br:9443/jspui/handle/123456789/10616>. Acesso em 07 out. 2024.

PINHEIRO, A. *et al.* Relação Entre o Uso do Solo e a Qualidade da Água em Bacia Hidrográfica Rural no Bioma Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 3, 2014, pp. 127-139. Doi: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v19n3.p127-139>. Acesso em 07 out. 2024.

PINTO, M. P. G.; DE OLIVEIRA, B. O. S.; VALENTE, K. S. Avaliação de Impactos Antropogênicos em córregos na zona urbana da Amazônia Ocidental: Humaitá, Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 3, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3874132>. Acesso em 9 set. 2024.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. 2024. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 18 dez. 2024.

RADTKE, L. **Protocolos de avaliação rápida: uma ferramenta de avaliação participativa de cursos d'água urbanos**. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2015. DOI: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/7883>. Acesso em 4 out. 2024.

RAHMAN, A.; ZAFOR, M. A.; RAHMAN, M. Surface Water Quality and Risk Assessment in the Vicinity of Sylhet City. **International Journal of Water Resources and Environmental Engineering**, v. 5, n. 1, p. 29-34, 2013. DOI: 10.5897/IJWREE12.034. Acesso em: 6 set. 2024.

RODRIGUES, A. S. L. *et al.* Adequação e avaliação da aplicabilidade de um Protocolo de Avaliação Rápida na bacia do rio Gualaxo do Norte, Leste-Sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 7, p. 231-244, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.872>. Acesso em 4 out. 2024.

SAAD, A. R. *et al.* Efeitos do Uso do Solo e da Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto Sobre A Qualidade das Águas do Rio Baquirivu-Guaçu, Região Metropolitana de São Paulo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 1, p. 147-156, 2015. Doi: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v20n1.p147-156>. Acesso em 4 out. 2024.

SANTOS, C. P.; BATALLA, J. F. Estudos preliminares para avaliar a qualidade ambiental do Rio Acaraú em Ubatuba (São Paulo, Brasil). **Bioscience**, v. 6: p. 286-294, 2017. Disponível em: <https://ojs.unisanta.br/BIO/article/view/354/354>. Acesso em 9 out. 2024.

SANTOS, S. A. dos *et al.* Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica Urbana Cancela Tamandaí, Santa Maria/RS. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 2, p. 23-44, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v30n2-2018-2>. Acesso em: 29 set. 2024.

SAYED, R. A.; GUPTA, S. G. Ground Water Quality Evaluation in Beed City, Maharashtra, India. **African Journal of Biotechnology**, v. 12, n. 51, p. 7081-7085, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4314/ajb.v12i51>. Acesso em: 29 set. 2024.

SILVA, J. C. A.; PORTO, M. F. A. Recuperação de Córregos Urbanos Através do Controle de Cargas Pontuais e Difusas. Córrego Ibiraporã, SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 1, p. 82-90, 2015. Doi: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v20n1.p82-90>. Acesso em 4 out. 2024.

SILVA, J. G. S. *et al.* Aplicação de protocolo de avaliação rápida da integridade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, SC. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 1, n. 109, p. 147-171, 2023. DOI: <https://doi.org/10.54446/bpg.v109i1.2974>. Acesso em 5 out. 2024.

SILVA, J. M. *et al.* Protocolo de análise rápida: alternativa para avaliar qualidade ambiental em riachos de cabeceira em Mata Atlântica, Sul do Brasil. **Revista Perspectiva**, v. 44, n. 165, p. 47-60, 2020. DOI:10.31512/persp.v.44.n.165.2020.74.p.47-60. Acesso em 25 set. 2024.

SILVA, R. V. *et al.* Aplicação de um protocolo de avaliação rápida nas margens do Rio Paraguai, Cáceres-MT, Brasil. **Revista de estudos ambientais**, v. 23, p. 23-34, 2021. Disponível em: <https://ojsrevista.furb.br/ojs/index.php/rea/article/download/9501/5736>. Acesso em 09 out. 2025.

SILVEIRA, M. P. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 36). 68p.

SODRÉ, F. F. *et al.* Evaluating copper behavior in urban surface waters under anthropic influence. A case study from the Iguaçu River, Brazil. **Aquatic Geochemistry**, v. 18, n. 5, p. 389-405, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10498-012-9162-7>. Acesso em 09 out. 2025.

SOUZA, A. C.; REIS, T. D. F.; SÁ, O. R. Comparação entre o índice de qualidade da água (IQA) com o protocolo de avaliação rápida de habitats no córrego Liso, município de São Sebastião do Paraíso, Minas Gerais. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 10, p. 392-409, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Thaina-Reis/publication/273492282_COMPARACAO_ENTRE_O_INDICE_DE_QUALIDADE_DA_AGUA_IQA_COM_O_PROTOCOLO_DE_AVALIACAO_RAPIDA_DE_HABITATS_NO_CORREGO_LISO_MUNICIPIO_DE_SAO_SEBASTIAO_DO_PARAISO_MINAS_GERAIS/links/55cdece908ae6a881380fbac/COMPARACAO-ENTRE-O-INDICE-DE-QUALIDADE-DA-AGUA-IQA-COM-O-PROTOCOLO-DE-AVALIACAO-RAPIDA-DE-HABITATS-NO-CORREGO-LISO-MUNICIPIO-DE-SAO-SEBASTIAO-DO-PARAISO-MINAS-GERAIS.pdf. Acesso em 9 out. 2024.

SOUZA, J. L.; SILVA, I. R. Avaliação da Qualidade Ambiental das Praias da Ilha de Itaparica, Baía de Todos os Santos, Bahia. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 27, n. 3, p. 469-483, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1590/1982-451320150308>. Acesso em 09 set. 2025.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 263-274, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019000001097>. Acesso em 09 set. 2025.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C.; PIVETTA, G. G. Nonpoint Pollution Load in River Catchments With Different Anthropic Impacts: A Case Study in Southern Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 76, n. 24, p. 1-17, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12665-017-7111-x>. Acesso em 09 set. 2025.

STRANDE, L. *et al.* Urban Sanitation: New Terminology for Globally Relevant Solutions? **Environmental Science & Technology**, v. 57, n. 42, p. 15771-15779, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c04431>. Acesso em 6 set. 2024.

SUTIL, T. *et al.* Análise da qualidade hídrica do rio Tega, Caxias do Sul- RS, Brasil. **Revista de Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, p. 124-142, 2018. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v7e22018124-142> Acesso em 6 out. 2024.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156p.

VISHWAKARMA, S.; VARMA, A., SAXENA, G. Assessment of Water Quality of Betwa River, Madhya Pradesh, India. **International Journal of Water Resources**, v. 5, n. 4, p. 217-222, 2013. DOI 10.5897/IJWREE2012.0376. Acesso em 6 out. 2024.

VON SPERLING, M. **Estudos e Modelagem da qualidade da água de rios**. 2ª ed. Belo Horizonte, MG: UFMG, 2014a. 592p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 4 ed. Belo Horizonte, MG: UFMG, 2014b. 470p.

WOTANY, E. R. *et al.* Hydrogeochemical and Anthropogenic Influence on the Quality of Water Sources in the Rio Del Rey Basin, South Western, Cameroon, Gulf of Guinea. **African Journal of Environmental Science and Technology**, v. 7, n. 12, p. 1053-1069, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4314/ajest.v7i12>. Acesso em 09 out. 2024.

WULF, W. A. Grandes Conquistas e Grandes Desafios. **A Ponte**, p. 5–10, 2000. 355p.

ANEXO A— Estatística descritiva dos dados de monitoramento

pH

Os dados do estudo foram coletados em diferentes períodos de seca e chuva, com duas medições por período (PC1 e PC2). A análise descritiva inclui a média, mínimo, 1º quartil, 2º quartil (mediana), 3º quartil, máximo e desvio padrão. **Seca:** jun/23 (7,18, 7,61), set/23 (6,97, 7,11), jun/24 (6,11, 6,69) **Chuva:** mar/23 (6,95, 6,90), dez/23 (7,19, 7,78), mar/24 (7,46, 8,06). A média dos valores de pH é 7,168, indicando uma tendência geral levemente alcalina. O valor mínimo de pH é 6,11, observado em jun/24 (PC1), indicando uma condição mais ácida. O 1º quartil é 6,9125, indicando que 25% dos valores de pH estão abaixo desse valor. A mediana é 7,145, o que significa que metade dos valores de pH estão abaixo e metade estão acima desse valor. O 3º quartil é 7,5725, indicando que 75% dos valores de pH estão abaixo desse valor. O valor máximo de pH é 8,06, observado em mar/24 (PC2), indicando uma condição mais alcalina. O desvio padrão é 0,519, indicando a variabilidade dos valores de pH em torno da média. A mediana calculada com mais precisão é 7,150030949, confirmando a tendência central dos dados. Com efeito o desvio padrão de 0,519 indica uma variabilidade moderada nos valores de pH. A maioria dos valores está relativamente próxima da média, mas há algumas variações significativas.

Turbidez

Seca: jun/23 (7,68, 16,4), set/23 (10,8, 10,6), jun/24 (10,8, 3,32). **Chuva:** mar/23 (81,3, 115), dez/23 (46, 185), mar/24 (12,9, 25,9). A média dos valores de turbidez é 43,808, indicando uma tendência geral de turbidez moderada a alta.

O valor mínimo de turbidez é 3,32, observado em jun/24 (PC2), indicando uma condição de água relativamente clara. O 1º quartil é 10,65, indicando que 25% dos valores de turbidez estão abaixo desse valor. A mediana é 14,65, o que significa que metade dos valores de turbidez estão abaixo e metade estão acima desse valor. O 3º quartil é 72,475, indicando que 75% dos valores de turbidez estão abaixo desse valor. O valor máximo de turbidez é 185, observado em dez/23 (PC2), indicando uma condição de água muito turva. O desvio padrão é 56,139, indicando uma alta variabilidade dos valores de turbidez em torno da média. A mediana calculada com mais precisão é 22,12289692, confirmando a tendência central dos dados. O desvio

padrão de 56,139 indica uma alta variabilidade nos valores de turbidez. Isso sugere que os valores de turbidez variam amplamente entre as diferentes medições.

Temperatura

Seca: jun/23 (21,7, 23,4), set/23 (22,8, 25,8), jun/24 (20,7, 21,2), **Chuva:** mar/23 (22, 22), dez/23 (26,8, 28,5), mar/24 (24, 24,8). A média dos valores de temperatura é 23,64 °C, indicando uma tendência geral de temperatura moderada. O valor mínimo de temperatura é 20,7 °C, observado em jun/24 (PC1), indicando a condição mais fria registrada. O 1º quartil é 21,77 °C, indicando que 25% dos valores de temperatura estão abaixo desse valor. A mediana é 23,1 °C, o que significa que metade dos valores de temperatura estão abaixo e metade estão acima desse valor. O 3º quartil é 25,55 °C, indicando que 75% dos valores de temperatura estão abaixo desse valor. O valor máximo de temperatura é 28,5 °C, observado em dez/23 (PC2), indicando a condição mais quente registrada. O desvio padrão é 2,41, indicando a variabilidade dos valores de temperatura em torno da média. A mediana calculada com mais precisão é 23,53253378, confirmando a tendência central dos dados. O desvio padrão de 2,41 indica uma variabilidade moderada nos valores de temperatura. A maioria dos valores está relativamente próxima da média, mas há algumas variações significativas.

Fósforo Total

Seca: jun/23 (0,08, 0,23), set/23 (0,059, 0,059), jun/24 (0,09, 0,009), **Chuva:** mar/23 (0,07, 0,06), dez/23 (0,13, 0,16), mar/24 (0,11, 0,19). A média dos valores de fósforo total é 0,104 mg/L, indicando uma tendência geral de concentração de fósforo moderada. O valor mínimo de fósforo total é 0,009 mg/L, observado em jun/24 (PC2), indicando a condição de menor concentração de fósforo registrada. O 1º quartil é 0,05925 mg/L, indicando que 25% dos valores de fósforo total estão abaixo desse valor. A mediana é 0,085 mg/L, o que significa que metade dos valores de fósforo total estão abaixo e metade estão acima desse valor. O 3º quartil é 0,1525 mg/L, indicando que 75% dos valores de fósforo total estão abaixo desse valor. O valor máximo de fósforo total é 0,23 mg/L, observado em jun/23 (PC2), indicando a condição de maior concentração de fósforo registrada. O desvio padrão é 0,063, indicando a variabilidade dos valores de fósforo total em torno da média. A mediana calculada com mais precisão é 0,082168523, confirmando a tendência central dos

dados. O desvio padrão de 0,063 indica uma variabilidade moderada nos valores de fósforo total. A maioria dos valores está relativamente próxima da média, mas há algumas variações significativas.

Nitrogênio Total

Seca: jun/23 (2,8, 6,6), set/23 (3,3, 3,9), jun/24 (3,5, 5,8), **Chuva:** mar/23 (2,8, 1,9), dez/23 (3,2, 4,8), mar/24 (2,5, 3,9). A média dos valores de nitrogênio total é 3,750 mg/L, indicando uma tendência geral de concentração de nitrogênio moderada. O valor mínimo de nitrogênio total é 1,9 mg/L, observado em mar/23 (PC2), indicando a condição de menor concentração de nitrogênio registrada. O 1º quartil é 2,8 mg/L, indicando que 25% dos valores de nitrogênio total estão abaixo desse valor. A mediana é 3,4 mg/L, o que significa que metade dos valores de nitrogênio total estão abaixo e metade estão acima desse valor. O 3º quartil é 4,575 mg/L, indicando que 75% dos valores de nitrogênio total estão abaixo desse valor. O valor máximo de nitrogênio total é 6,6 mg/L, observado em jun/23 (PC2), indicando a condição de maior concentração de nitrogênio registrada. O desvio padrão é 1,376, indicando a variabilidade dos valores de nitrogênio total em torno da média. A mediana calculada com mais precisão é 3,53799326, confirmando a tendência central dos dados. O desvio padrão de 1,376 indica uma variabilidade moderada nos valores de nitrogênio total. A maioria dos valores está relativamente próxima da média, mas há algumas variações significativas.

Nitrato (mg/L)

Seca: jun/23 (0,229, 0,229), set/23 (2,5, 3,22), jun/24 (2,94, 4,05), **Chuva:** mar/23 (2,56, 1,54), dez/23 (0,23, 0,98), mar/24 (4,01, 5,44). A média dos valores de nitrato é 2,327 mg/L, indicando uma tendência geral de concentração de nitrato moderada. O valor mínimo de nitrato é 0,229 mg/L, observado em jun/23 (PC1 e PC2), indicando a condição de menor concentração de nitrato registrada. O 1º quartil é 0,4175 mg/L, indicando que 25% dos valores de nitrato estão abaixo desse valor. A mediana é 2,53 mg/L, o que significa que metade dos valores de nitrato estão abaixo e metade estão acima desse valor. O 3º quartil é 3,8125 mg/L, indicando que 75% dos valores de nitrato estão abaixo desse valor. O valor máximo de nitrato é 5,44 mg/L, observado em mar/24 (PC2), indicando a condição de maior concentração de nitrato registrada. O desvio padrão é 1,716, indicando a

variabilidade dos valores de nitrato em torno da média. A mediana calculada com mais precisão é 1,464627741, confirmando a tendência central dos dados. O desvio padrão de 1,716 indica uma variabilidade moderada nos valores de nitrato. A maioria dos valores está relativamente próxima da média, mas há algumas variações significativas.

Nitrogênio Amoniacal Total

Seca: jun/23 (0,5, 2,5), set/23 (0,2, 0,6), jun/24 (0,99, 0,09), **Chuva:** mar/23 (0,014, 0,014), dez/23 (1,3, 3,1), mar/24 (2,5, 1,5). A média dos valores de Nitrogênio Amoniacal Total é 1,109 mg/L, indicando uma tendência geral de concentração de nitrogênio amoniacal moderada. O valor mínimo de Nitrogênio Amoniacal Total é 0,014 mg/L, observado em mar/23 (PC1 e PC2), indicando a condição de menor concentração de nitrogênio amoniacal registrada. O 1º quartil é 0,1175 mg/L, indicando que 25% dos valores de Nitrogênio Amoniacal Total estão abaixo desse valor. A mediana é 0,795 mg/L, o que significa que metade dos valores de Nitrogênio Amoniacal Total estão abaixo e metade estão acima desse valor. O 3º quartil é 2,25 mg/L, indicando que 75% dos valores de Nitrogênio Amoniacal Total estão abaixo desse valor. O valor máximo de Nitrogênio Amoniacal Total é 3,1 mg/L, observado em dez/23 (PC2), indicando a condição de maior concentração de nitrogênio amoniacal registrada. O desvio padrão é 1,084, indicando a variabilidade dos valores de Nitrogênio Amoniacal Total em torno da média. A mediana calculada com mais precisão é 0,429665133, confirmando a tendência central dos dados. O desvio padrão de 1,084 indica uma variabilidade moderada nos valores de Nitrogênio Amoniacal Total. A maioria dos valores está relativamente próxima da média, mas há algumas variações significativas.

Ferro total (mg/L)

Seca: jun/23 (0,2, 0,723), set/23 (0,219, 0,968), jun/24 (0,093, 0,02), **Chuva:** mar/23 (3,72, 2,11), dez/23 (1,19, 7,31), mar/24 (0,335, 0,431). A média dos valores de Ferro Total é 1,443 mg/L, indicando uma tendência geral de concentração de ferro moderada. O valor mínimo de Ferro Total é 0,02 mg/L, observado em jun/24 (PC2), indicando a condição de menor concentração de ferro registrada. O 1º quartil é 0,20475 mg/L, indicando que 25% dos valores de Ferro Total estão abaixo desse valor. A mediana é 0,577 mg/L, o que significa que metade dos valores de Ferro

Total estão abaixo e metade estão acima desse valor. O 3º quartil é 1,88 mg/L, indicando que 75% dos valores de Ferro Total estão abaixo desse valor. O valor máximo de Ferro Total é 7,31 mg/L, observado em dez/23 (PC2), indicando a condição de maior concentração de ferro registrada. O desvio padrão é 2,132, indicando a variabilidade dos valores de Ferro Total em torno da média. A mediana calculada com mais precisão é 0,535983035, confirmando a tendência central dos dados. O desvio padrão de 2,132 indica uma alta variabilidade nos valores de Ferro Total. A maioria dos valores está relativamente próxima da média, mas há algumas variações significativas.

DBO (mg/L)

Seca: jun/23 (0,89, 2,9), set/23 (0,99, 0,99), jun/24 (0,99, 0,99), **Chuva:** mar/23 (2,9, 2,9), dez/23 (0,99, 21), mar/24 (0,99, 0,99). A média dos valores de DBO é 3,127 mg/L, indicando uma tendência geral de concentração de DBO moderada a alta. O valor mínimo de DBO é 0,89 mg/L, observado em jun/23 (PC1), indicando a condição de menor concentração de DBO registrada. O 1º quartil é 0,99 mg/L, indicando que 25% dos valores de DBO estão abaixo desse valor. A mediana é 0,99 mg/L, o que significa que metade dos valores de DBO estão abaixo e metade estão acima desse valor. O 3º quartil é 2,9 mg/L, indicando que 75% dos valores de DBO estão abaixo desse valor. O valor máximo de DBO é 21 mg/L, observado em dez/23 (PC2), indicando a condição de maior concentração de DBO registrada. O desvio padrão é 5,693, indicando a variabilidade dos valores de DBO em torno da média. A mediana calculada com mais precisão é 1,655849285, confirmando a tendência central dos dados. O desvio padrão de 5,693 indica uma alta variabilidade nos valores de DBO. A maioria dos valores está relativamente próxima da média, mas há algumas variações significativas.

Óleos e graxas totais (mg/L)

Seca: jun/23 (14,46, 28,81), set/23 (18,51, 16,67), jun/24 (13,47, 12,88), **Chuva:** mar/23 (29,13, 33,51), dez/23 (23,07, 30,26), mar/24 (5, 16,75). A média dos valores de Óleos e Graxas Totais é 20,210 mg/L, indicando uma tendência geral de concentração moderada a alta. O valor mínimo de Óleos e Graxas Totais é 5 mg/L, observado em mar/24 (PC1), indicando a condição de menor concentração registrada. O 1º quartil é 13,7175 mg/L, indicando que 25% dos valores de Óleos e

Graxas Totais estão abaixo desse valor. A mediana é 17,63 mg/L, o que significa que metade dos valores de Óleos e Graxas Totais estão abaixo e metade estão acima desse valor. O 3º quartil é 29,05 mg/L, indicando que 75% dos valores de Óleos e Graxas Totais estão abaixo desse valor. O valor máximo de Óleos e Graxas Totais é 33,51 mg/L, observado em mar/23 (PC2), indicando a condição de maior concentração registrada. O desvio padrão é 8,689, indicando a variabilidade dos valores de Óleos e Graxas Totais em torno da média. A mediana calculada com mais precisão é 18,1438497, confirmando a tendência central dos dados. O desvio padrão de 8,689 indica uma alta variabilidade nos valores de Óleos e Graxas Totais. A maioria dos valores está relativamente próxima da média, mas há algumas variações significativas.

***Escherichia coli* (NMP/100mL)**

Seca: jun/23 (210, 2800), set/23 (110, 120), jun/24 (78, 68), **Chuva:** mar/23 (470, 130), dez/23 (220000, 5400000), mar/24 (92000, 2200). A média dos valores de *Escherichia coli* é 476515,500 NMP/100mL, indicando uma tendência geral de concentração muito alta, influenciada por valores extremos. O valor mínimo de *Escherichia coli* é 68 NMP/100mL, observado em jun/24 (PC2), indicando a condição de menor concentração registrada. O 1º quartil é 112,5 NMP/100mL, indicando que 25% dos valores de *Escherichia coli* estão abaixo desse valor. A mediana é 340 NMP/100mL, o que significa que metade dos valores de *Escherichia coli* estão abaixo e metade estão acima desse valor. O 3º quartil é 69700 NMP/100mL, indicando que 75% dos valores de *Escherichia coli* estão abaixo desse valor. O valor máximo de *Escherichia coli* é 5400000 NMP/100mL, observado em dez/23 (PC2), indicando a condição de maior concentração registrada. O desvio padrão é 1551892,473, indicando a alta variabilidade dos valores de *Escherichia coli* em torno da média. A mediana calculada com mais precisão é 1705,304394, confirmando a tendência central dos dados.

Condutividade (µS/cm)

Seca: jun/23 (156,3, 211,5), set/23 (175,3, 218,4), jun/24 (153,5, 212,3), **Chuva:** mar/23 (162,09, 122,31), dez/23 (189,9, 270,5), mar/24 (176, 218,5). A média dos valores de Condutividade é 188,883 µS/cm, indicando uma tendência geral de condutividade moderada. O valor mínimo de Condutividade é 122,31

$\mu\text{S/cm}$, observado em mar/23 (PC2), indicando a condição de menor condutividade registrada. O 1º quartil é 157,7475 $\mu\text{S/cm}$, indicando que 25% dos valores de Condutividade estão abaixo desse valor. A mediana é 182,95 $\mu\text{S/cm}$, o que significa que metade dos valores de Condutividade estão abaixo e metade estão acima desse valor. O 3º quartil é 216,875 $\mu\text{S/cm}$, indicando que 75% dos valores de Condutividade estão abaixo desse valor. O valor máximo de Condutividade é 270,5 $\mu\text{S/cm}$, observado em dez/23 (PC2), indicando a condição de maior condutividade registrada. O desvio padrão é 39,640, indicando a variabilidade dos valores de Condutividade em torno da média. A mediana calculada com mais precisão é 185,0772625, confirmando a tendência central dos dados. O desvio padrão de 39,640 indica uma moderada variabilidade nos valores de Condutividade. A maioria dos valores está relativamente próxima da média, mas há algumas variações significativas.

Sólidos totais (mg/L)

Seca: jun/23 (92, 136), set/23 (72, 100), jun/24 (76, 88), **Chuva:** mar/23 (166, 120), dez/23 (136, 276), mar/24 (94, 72). A média dos valores de Sólidos Totais é 119,000 mg/L, indicando uma tendência geral de concentração moderada. O valor mínimo de Sólidos Totais é 72 mg/L, observado em set/23 (PC1) e mar/24 (PC2), indicando a condição de menor concentração registrada. O 1º quartil é 79 mg/L, indicando que 25% dos valores de Sólidos Totais estão abaixo desse valor. A mediana é 97 mg/L, o que significa que metade dos valores de Sólidos Totais estão abaixo e metade estão acima desse valor. O 3º quartil é 136 mg/L, indicando que 75% dos valores de Sólidos Totais estão abaixo desse valor. O valor máximo de Sólidos Totais é 276 mg/L, observado em dez/23 (PC2), indicando a condição de maior concentração registrada. O desvio padrão é 57,509, indicando a variabilidade dos valores de Sólidos Totais em torno da média. A mediana calculada com mais precisão é 92,59365576, confirmando a tendência central dos dados. O desvio padrão de 57,509 mg/L indica uma moderada variabilidade nos valores de Sólidos Totais. A maioria dos valores está relativamente próxima da média, mas há algumas variações significativas.

Sólidos Suspensos Totais (mg/L)

Seca: jun/23 (2,9, 2,9), set/23 (9,9, 2,9), jun/24 (9,9, 9,9), **Chuva:** mar/23 (38, 14), dez/23 (18, 68), mar/24 (1,9, 1,9). A média dos valores de Sólidos Suspensos Totais é 15,017 mg/L, indicando uma tendência geral de concentração moderada. O valor mínimo de Sólidos Suspensos Totais é 1,9 mg/L, observado em mar/24 (PC1 e PC2), indicando a condição de menor concentração registrada. O 1º quartil é 2,9 mg/L, indicando que 25% dos valores de Sólidos Suspensos Totais estão abaixo desse valor. A mediana é 9,9 mg/L, o que significa que metade dos valores de Sólidos Suspensos Totais estão abaixo e metade estão acima desse valor. O 3º quartil é 17 mg/L, indicando que 75% dos valores de Sólidos Suspensos Totais estão abaixo desse valor. O valor máximo de Sólidos Suspensos Totais é 68 mg/L, observado em dez/23 (PC2), indicando a condição de maior concentração registrada. O desvio padrão é 19,560 mg/L, indicando a variabilidade dos valores de Sólidos Suspensos Totais em torno da média. A mediana calculada com mais precisão é 7,860345802 mg/L, confirmando a tendência central dos dados. O desvio padrão de 19,560 mg/L indica uma alta variabilidade nos valores de Sólidos Suspensos Totais. A maioria dos valores está relativamente próxima da média, mas há algumas variações significativas.

Cor Verdadeira (Pt/Co mgPt/L)

Seca: jun/23 (52, 46), set/23 (10, 9,5), jun/24 (13, 9,5), **Chuva:** mar/23 (38, 49), dez/23 (9,5, 19), mar/24 (9,5, 9,5). A média dos valores de Cor Verdadeira é 22,875 mgPt/L, indicando uma tendência geral de concentração moderada. O valor mínimo de Cor Verdadeira é 9,5 mgPt/L, observado em várias medições, indicando a condição de menor concentração registrada. O 1º quartil é 9,5 mgPt/L, indicando que 25% dos valores de Cor Verdadeira estão abaixo desse valor. A mediana é 11,5 mgPt/L, o que significa que metade dos valores de Cor Verdadeira estão abaixo e metade estão acima desse valor. O 3º quartil é 44 mgPt/L, indicando que 75% dos valores de Cor Verdadeira estão abaixo desse valor. O valor máximo de Cor Verdadeira é 52 mgPt/L, observado em jun/23 (PC1), indicando a condição de maior concentração registrada. O desvio padrão é 17,754 mgPt/L, indicando a variabilidade dos valores de Cor Verdadeira em torno da média. A mediana calculada com mais precisão é 17,54572504 mgPt/L, confirmando a tendência central dos dados. O desvio padrão de 17,754 mgPt/L indica uma alta variabilidade

nos valores de Cor Verdadeira. A maioria dos valores está relativamente próxima da média, mas há algumas variações significativas.

Oxigênio Dissolvido (OD)

Seca: jun/23 (4,89, 5,06), set/23 (5,31, 5,15), jun/24 (6,35, 7,48), **Chuva:** mar/23 (5,66, 6,3), dez/23 (4,1, 5,04), mar/24 (5,03, 5,37). A média dos valores de Oxigênio Dissolvido é 5,478 mg/L, indicando uma tendência geral de concentração moderada. O valor mínimo de Oxigênio Dissolvido é 4,1 mg/L, observado em dez/23 (PC1), indicando a condição de menor concentração registrada. O 1º quartil é 5,0325 mg/L, indicando que 25% dos valores de Oxigênio Dissolvido estão abaixo desse valor. A mediana é 5,23 mg/L, o que significa que metade dos valores de Oxigênio Dissolvido estão abaixo e metade estão acima desse valor. O 3º quartil é 6,14 mg/L, indicando que 75% dos valores de Oxigênio Dissolvido estão abaixo desse valor. O valor máximo de Oxigênio Dissolvido é 7,48 mg/L, observado em jun/24 (PC2), indicando a condição de maior concentração registrada. O desvio padrão é 0,876 mg/L, indicando a variabilidade dos valores de Oxigênio Dissolvido em torno da média. A mediana calculada com mais precisão é 5,417877415 mg/L, confirmando a tendência central dos dados. O desvio padrão de 0,876 mg/L indica uma baixa variabilidade nos valores de Oxigênio Dissolvido. A maioria dos valores está relativamente próxima da média, com poucas variações significativas.