

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO CAMPUS RIO VERDE**

BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**QUALIDADE HÍDRICA E APLICAÇÃO DE
GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE AGROAMBIENTAL
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO
CACHOEIRINHA EM RIO VERDE – GO**

SUNNYKLEY LOURENÇO LIMA

Rio Verde - Goiás

2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO CAMPUS RIO VERDE**

BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**QUALIDADE HÍDRICA E APLICAÇÃO DE
GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE AGROAMBIENTAL
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO
CACHOEIRINHA EM RIO VERDE – GO**

SUNNYKLEY LOURENÇO LIMA

Trabalho de Curso apresentado ao
Instituto Federal Goiano – Campus
Rio Verde, como requisito parcial para
a obtenção de grau de Bacharel em
Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira
Coorientador: Dr. Wilker Alves Morais

Rio Verde - Goiás

2022

AGRADECIMENTOS

Foram mais de 5 anos árduos de lutas, risos, choro e alegria, da qual hoje se concretiza em mais uma grande realização. Mediante a essa vitória, sou grata primeiramente a Deus, por sempre estar ao meu lado, cuidando e amando, protegendo e acolhendo, colocando sempre em meu coração o folego de vida, de alegria e determinação para não desistir.

Segundamente sou grata a minha Família, em especial a minha mãe Cleide Flores, que por vários momentos deixou de realizar seus objetivos para que pudéssemos chegar juntas até aqui, aos meus irmãos Jose Igor Lourenço e Paulo Ricardo Lourenço, que sempre me ajudaram em vários quesitos que serei eternamente grata, e ao meu tio favorito Claiton Flores, que por vários momentos foi a nossa base nessa caminhada.

Aos meus amigos do CDM, José Rubens Roque, Alexander Melo, Lucca Duarte, Ieza Pereira e Arilson Leal, esses sim estiveram ao meu lado em todos os momentos e mostraram a lealdade de uma verdadeira amizade.

O agradecimento também vai ao meu Coorientador Wilker e ao pai das Engenharias e meu Orientador Marconi, que não mediram esforços para que esse projeto de conclusão chegasse até aqui. Gratidão se resume a eles e toda a equipe do Laboratório de Águas e Efluentes, em nome da professora Suzana.

A todos da empresa SANEAGO S.A que me ofertaram o primeiro estágio, em especial ao Gerente do Distrito Paulo Vitor Sousa, que só tenho a agradecer por tudo que fez por mim dentro desses 2 anos, e por ter honrado com a sua palavra, me oferecendo várias oportunidades em conhecimento, crescimento e amadurecimento na área profissional, assim como toda a equipe do Distrito que tenho um carinho imenso.

Gratidão pela Ambifort, em especial a Jennefer Sousa, que me ofertou o estágio obrigatório e até hoje tem confiado, acreditando e investindo no meu crescimento pessoal e profissional, a minha gestora do departamento operacional, Tainara, que me ajudou na reta final desse trabalho, enfim, gratidão a toda a equipe.

Agradeço ao meu noivo José Heleno de Amorim, que foi a minha motivação, que tem me apoiado, fortificado e me ajudado a sonhar os maiores sonhos, que mesmo nos piores dias, nunca me abandonou e sempre me acalmou, me mostrando o lado bom e que tudo tem um propósito em nossas vidas.

Contudo, toda essa vitória dedico a você mãe Cleide Flores, eu sei o que passou por mim, e sei o que deixou de fazer para me ajudar, das noites mal dormidas de preocupação, mas também sei o quanto sorriu e comemorou, mesmo sendo apenas uma nota mediana ou uma matéria da qual eu sofri para ter a aprovação.

Obrigada por ter cuidado da minha alimentação mesmo as vezes não tendo o muito, mas o sabor de amor e carinho elevou toda essa trajetória, dentro desse bate e volta que era entre Santa Helena a Rio Verde, obrigada pelas moedinhas para que eu pudesse ter o que comer na faculdade, por ter me esperado com a janta quentinha, mesmo quando eu chegava mais de 23 horas da noite. Obrigada pelo exemplo de mãe, amiga e companheira, obrigada por ter feito essa caminhada um fardo mais leve. Desejo retribuir, te oferecer todo o conforto, amor e momentos incríveis, não prometo lhe oferecer o mundo, mas te darei os melhores dias de sua vida.

Em *memorian* Teodora Lourenço Monteiro e Joel Gomes Lourenço.

Que Deus em sua infinita bondade, abençoe a todos vocês.

RESUMO

Situado no município de Rio Verde-GO, o córrego Cachoeirinha localiza-se uma área de intensa atividade antrópica, envolto por propriedades agrícolas, granjas e uma instituição de ensino. O presente estudo, objetivou avaliar a influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água da microbacia do Córrego Cachoeirinha. Foi realizado um estudo de uso e ocupação e morfologia da microbacia mediante coletas de água que ocorreram na primeira semana no mês de setembro (período seco) e primeira semana no mês de outubro (período chuvoso) de 2021, em dois pontos, estrategicamente planejados. Os parâmetros analisados foram condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, oxigênio dissolvido, temperatura, pH, turbidez, nitrogênio amoniacal, demanda química de oxigênio e fósforo. Após as análises, as médias dos resultados foram comparadas com os valores máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05. No geral, os dados morfológicos mostraram que a microbacia do Córrego Barrinha é pouco passível aos processos erosivos e a enchentes. Os valores obtidos para os parâmetros avaliados se encontram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para água doce Classe 2. Apenas o parâmetro fósforo obteve resultados um pouco maior do que o recomendado. Os resultados de qualidade de água foram diretamente influenciados pelos parâmetros de uso e ocupação e morfologia da microbacia do córrego Cachoeirinha.

Palavras-Chave: Águas superficiais, Antropização, Variáveis físico-químicas.

ABSTRACT

Located in the municipality of Rio Verde, southwest region of the State of Goiás, the Cachoeirinha stream is located in an area of intense human activity, surrounded by agricultural properties, farms and an educational institution. The present study aimed to evaluate the influence of land use and occupation on the water quality of the Córrego Cachoeirinha watershed. A study of use and occupation and morphology of the watershed was carried out through water collections that took place in the first week in September (dry period) and first week in October (rainy period) of 2021, at two strategically planned points. The parameters analyzed were electrical conductivity, total dissolved solids, dissolved oxygen, temperature, pH, turbidity, ammonia nitrogen, chemical demand for oxygen and phosphorus. After the analyses, the averages of the results were compared with the maximum values established by CONAMA Resolution nº 357/05. In general, the morphological data showed that the Córrego Barrinha watershed is not very susceptible to erosion and flooding. The values obtained for the evaluated parameters are within the limits established by CONAMA Resolution 357/2005 for Class 2 fresh water. Only the phosphorus parameter obtained results slightly higher than recommended. The water quality results were directly influenced by the use and occupation parameters and morphology of the Cachoeirinha stream microbasin.

Keywords: surface water, human disturbance, physical and chemical variables.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da microbacia do Córrego Cachoeirinha no município de Rio Verde, estado de Goiás, Brasil.	15
Figura 2. Precipitação total e temperatura máxima mensal dos anos de 2019, 2020 e 2021 da Região Sudoeste de Goiás, Brasil.	16
Figura 3. Mapa de uso e ocupação das terras na microbacia do Córrego Cachoeirinha e situação dos pontos de coleta de amostras de água.	22
Figura 4. Mapa de elevação da microbacia do Córrego Cachoeirinha.....	23
Figura 5. Declividade da microbacia do Córrego Cachoeirinha	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação do Estado Trófico para rios segundo Índice de Lamparelli..... 21

Tabela 2. Uso e ocupação das terras da microbacia do Córrego Cachoeirinha..... **Erro!**
Indicador não definido.

Tabela 3. Características morfométricas da microbacia do Córrego Cachoeirinha **Erro!**
Indicador não definido.

Tabela 4. Valores dos parâmetros de qualidade da água. ... **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 5. Resultados obtidos para o Índice de Estado Trófico em cada ponto amostral.
..... **Erro! Indicador não definido.**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 Área de estudo	14
3.2 Uso e Ocupação do solo	16
3.3 Morfometria	17
3.4 Coleta e avaliação físico-química de amostras de água.....	20
3.5 Estudo do estado trófico	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1 Uso e ocupação do solo e morfometria da microbacia do Córrego Cachoeirinha	21
4.2 Qualidade da água do Córrego Cachoeirinha.....	27
5 CONCLUSÕES.....	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1 INTRODUÇÃO

Este estudo tem como o intuito, mostrar a qualidade da água do Córrego Cachoeirinha, mesmo se localizando em locais antrópicos, onde pode se encontrar determinados poluições sendo em solos ou hídricos a qual não afeta na característica natural do córrego cachoeirinha.

Segundo Santos et al (2019) desde os princípios da humanidade, o homem faz uso de recursos hídricos como fonte de sobrevivência. O uso no cultivo do seu próprio alimento promoveu o desenvolvimento da espécie, deixando a condição de nômades e permitindo a instalação e formação de comunidades.

Este fato impulsiona a gestão e proteção adequada das bacias hidrográficas. As bacias hidrográficas são ferramentas importantes para a gestão dos recursos hídricos porque suas características biogeofísicas apresentam sistemas ecológicos e hidrológicos relativamente rígidos (SPADOTTO, 2012).

A qualidade da água dos rios de áreas naturais é o resultado das influências do clima, da geologia, fisiografia, solos e vegetação da bacia hidrográfica. Nessas áreas onde atividades antrópicas são desenvolvidas, como a agricultura, o uso do solo contribui também para as características físicas, químicas e biológicas da água (CETESB, 2009).

A origem e manutenção da vida dependem totalmente da água, recurso insubstituível, que compõe cerca de 75% do corpo humano. Devido suas funções e seu caráter indispensável à vida (FREITAS et al., 2013), a disponibilidade de água potável deve ser acessível a todos (MELLO; RESENDE, 2015), sendo de responsabilidade do estado e da nação assegurar que seja feita a gestão adequada dos recursos hídricos e o seu uso consciente (REIS et al., 2012).

No Brasil, a Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) e a Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997) (Lei das Águas) estabeleceram a Política Nacional de Águas e criaram o Sistema Nacional de Gestão das Águas. A quinta base da discussão afirma que “uma bacia hidrográfica é uma unidade territorial que implementa uma política nacional de recursos hídricos e aplica um sistema nacional de gestão de recursos hídricos”.

Uma bacia hidrográfica é formada por um conjunto de canais fluviais, uma área com um determinado relevo formando uma rede de drenagem composta por vários

afluentes e um rio principal, todos os efluentes descarregados através de uma saída simples (CARVALHO, 2007).

A hidrologia de uma bacia varia de acordo com suas características topográficas e tipo de cobertura vegetal. Essas características afetam fatores como escoamento superficial e subsuperficial, infiltração, evapotranspiração e disponibilidade hídrica (LIMA, 1986; TONELLO et al., 2006). As características do relevo podem variar naturalmente ou pelo processo de antropização.

A ocupação e uso do solo por atividades agrícolas podem alterar os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais. Essas mudanças nas bacias hidrográficas podem ser avaliadas pelo monitoramento da qualidade da água (MERTEN e MINELLA, 2002).

Padrões de qualidade de água são definidas pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, que “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”.

Assim sendo, objetivou-se avaliar a influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água da microbacia do Córrego Cachoeirinha em Rio Verde, Goiás, Brasil.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Política Estadual de Recursos Hídricos

No ano de 1991 foi criada a Política Estadual de Recursos Hídricos do estado de São Paulo, por meio da Lei nº 7.633/91. Nela, constavam princípios básicos de gerenciamento participativo e envolvimento dos segmentos dos poderes públicos estaduais, municipais e representantes da sociedade civil organizada (DICTORO; HANAI, 2019).

Com base nessa política surge a “Lei das águas” no ano de 1997, Lei Federal nº 9.433/97. Essa política visou estabelecer a gestão integrada, descentralizada e participativa, colocando a bacia hidrográfica como unidade de gestão, de modo a permitir a visão sistêmica do território, integrando as diversidades econômicas, políticas, culturais, ambientais e físicas, em escalas locais e regionais (PASE et al, 2017).

2.2 Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica, ao ser considerada a unidade básica de estudo nos contextos ecológicos e econômicos, torna-se prioritária para o planejamento e a gestão dos recursos

hídricos, pois fornece inúmeros produtos e serviços que sustentam a população humana. Além disso, deve ser vista como prioritária para a gestão urbana pois esta mesma população reside no interior de bacias e relacionam-se com o sistema hídrico estabelecido no regime natural (LOPES et al., 2020).

A outorga e cobrança pela utilização das águas são importantes instrumentos de gestão para induzir o usuário a uma utilização mais racional e sustentável do recurso natural. O sistema de outorga objetiva manter a qualidade e o efetivo direito de acesso às águas, enquanto a cobrança pelo uso dos recursos hídricos visa indicar que o recurso é escasso, atribuindo valor à água, como forma de racionalizar o consumo (RODRIGUES; LEAL, 2019).

Esta unidade de gerenciamento pode ser definida como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e abastecimento dos lençóis freáticos (SANTOS et al., 2018).

2.4 Características Geomorfológicas

Algumas características geomorfológicas como, por exemplo, forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo e tipo de cobertura vegetal, influenciam no comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica. Estas, por sua vez, podem facilitar a compreensão de questões ligadas à dinâmica ambiental local obtidas em estudos, sendo fundamentais para a elaboração de projetos de engenharia, bem como parâmetros de planejamento e tomadas de decisão que variam conforme os resultados obtidos (DA COSTA et al., 2020).

Vale e Bordalo (2020) explicam que o estudo das características físicas, ou seja, da morfometria de uma bacia, pode ser utilizado para estabelecer relações e comparações com as características morfológicas de outras bacias. Dessa forma, possibilita a identificação indireta dos dados hidrológicos de locais que, por fatores econômicos e logísticos, não sejam possíveis de obter.

De acordo com Da Silva et al., (2018) a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um procedimento executado nas análises hidrológicas e/ou ambientais, tendo como objetivo esclarecer questões sobre o entendimento das dinâmicas, locais e regionais, da infiltração, quantidade de deflúvio, evapotranspiração, e do escoamento

superficial e subsuperficial de uma bacia hidrográfica. Esta caracterização possibilita melhor gerenciamento e aproveitamento dos recursos naturais e nas limitações quanto aos usos.

Neste intuito, o conhecimento do uso e cobertura da terra é um requisito importante no planejamento integral de uma bacia hidrográfica, conforme recomenda Figur e Reis (2017), pois, o ambiente aquático por ser sensível a qualquer interferência que ocorre na bacia, altera as características naturais da água. De acordo com Santos et al., (2018) o homem é o principal responsável da modificação dos ambientes e sua atividade determina as condições de uso de vertentes.

O acompanhamento e monitoramento da qualidade de um recurso hídrico, busca obter informações qualitativas e quantitativas, atingindo propósitos específicos, como o conhecimento das condições biológicas, químicas, físicas e ecológicas, e enquadramentos em classes ou para efeitos de fiscalização (ANA, 2021).

2.4 Caracterização dos corpos hídricos

No Brasil, a categorização dos corpos d'água foi definida pela Resolução nº 357 de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), onde são estabelecidas as diretrizes para a classificação dos corpos hídricos em classes de uso, bem como os padrões de qualidade e para o lançamento de efluentes (BRASIL, 2005). As informações sobre a qualidade da água são fundamentais para que se conheça a situação em relação aos seus usos múltiplos e impactos ambientais.

A temperatura possui importância como parâmetro de qualidade da água pois, em elevados índices aumentam as taxas das reações químicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases e aumentam a taxa de transferência dos mesmos, o que pode gerar mau cheiro no caso da liberação de gases com odores desagradáveis (VON SPERLING, 2005).

O potencial hidrogeniônico (pH) é um dos indicativos mais importantes de monitoramento de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos. A acidez exagerada pode ser um indicativo de contaminações, enquanto o excesso de solubilização de sais também pode tornar a água imprópria para consumo devido à elevada dureza (BAIRD, 2011).

O oxigênio dissolvido (OD) é de essencial importância para os organismos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio

nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja consumido, têm-se as condições anaeróbias (ausência de oxigênio), com geração de maus odores (MOTA, 2012).

O principal problema relacionado com altas concentrações de nitrogênio é a eutrofização. Por ser um elemento indispensável para o crescimento de algas e, estando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos, causando interferências aos usos desejáveis do corpo d'água, gerando problemas como gosto e odor, redução de oxigênio e transparência, declínio da pesca, mortandade de peixes, obstrução de cursos d'água e efeitos tóxicos sobre animais e seres humanos (VON SPERLING, 2005).

O fósforo é um nutriente essencial para todas as formas de vida. Entretanto, ele aparece em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (IAP, 2005).

Os sólidos podem ser classificados de acordo com o seu tamanho, as suas características químicas e a sua decantabilidade: sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos, sólidos voláteis, sólidos fixos, sólidos em suspensões sedimentáveis e sólidos em suspensão não sedimentáveis. Os constituintes dissolvidos representam sólidos em solução verdadeira e constituem a salinidade total das águas (CARVALHO, OLIVEIRA, 2003).

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) representa a quantidade de oxigênio molecular necessário à estabilização da matéria orgânica decomposta aerobicamente por via biológica (MOTA, 2012). Esse parâmetro é utilizado para exprimir o valor da poluição produzida por matéria orgânica, que corresponde à quantidade de oxigênio que é consumida pelos microrganismos do esgoto ou águas poluídas, na oxidação biológica, quando mantidos a uma dada temperatura por um espaço de tempo convencional (VON SPERLING, 1996).

A turbidez é uma característica da água devido à presença de partículas suspensas com tamanho variando desde suspensões grosseiras aos coloides, dependendo do grau de turbidez. Pode ser causada por detritos orgânicos, algas, bactérias e plâncton em geral (RICHTTER; AZEVEDO NETTO, 2002). Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez,

suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas (CETESB, 2009).

O estado trófico das águas é avaliado pela aplicação de índices, que simplificam as informações das análises de nutrientes e caracterizaram a degradação do meio aquático. No Brasil, o índice mais utilizado é o Índice de Estado Trófico (IET), proposto por Lamparelli (2004), estabelecido para ambientes lóticos, calculado a partir das concentrações de fósforo total e de clorofila-a (DA SILVA et al. 2017).

Estudos sobre a qualidade da água já foram realizados em várias bacias hidrográficas brasileiras. Garcia (2013) avaliou a qualidade da água do Rio Paraíba do Sul na cidade de Lorena – SP, os parâmetros de pH, DBO, DQO, temperatura e concentração de metais pesados apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, enquanto os níveis de concentração de OD apresentaram-se abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 em 40% dos dias analisados.

Rabelo, Neto e Freire (2015) avaliaram a qualidade das águas dos córregos urbanos de Presidente Prudente - SP, com o objetivo de investigar a influência da urbanização nas águas da Bacia Hidrográfica Paraná. A situação mais crítica foi encontrada para os parâmetros coliformes fecais e para o fósforo, sobretudo no ponto próximo aos frigoríficos e curtume, havendo a necessidade de investimentos no tratamento de efluentes e de medidas para reduzir a poluição pontual e difusa.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O município de Rio Verde, onde está inserida a unidade de estudo, fica localizado na microrregião Sudoeste de Goiás, entre as latitudes 18°20'0''S e 17°5'0''S e longitudes 51°44'0''W e 50°21'0''W. Na Figura 1 pode ser observada a localização da microbacia do Córrego Cachoeirinha.

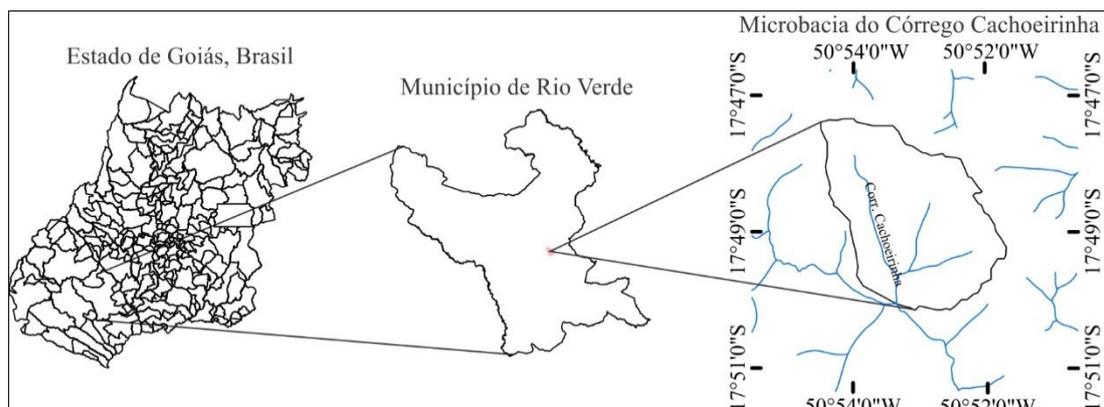


Figura 1. Localização da microbacia do Córrego Cachoeirinha no município de Rio Verde, estado de Goiás, Brasil.

Fonte: Os autores (2022)

Com uma área da unidade territorial de 8.379,659 km², Rio Verde apresenta uma população estimada de 247.259 habitantes (IBGE, 2021) e é destaque no território nacional no agronegócio, apresentando alta tecnologia na produção agrícola, uso diversificado e intensivo das terras em busca de ganhos em produtividade.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região onde o presente estudo se enquadra no tipo AW, caracterizado por climas úmidos tropicais, com duas estações bem definidas: seca durante o inverno e úmida durante o verão.

A região apresenta temperatura média anual estimada de 20 a 35 °C, precipitações com valores entre 1.500 e 1.800 mm anuais, altitude média de 768 m acima do nível do mar e o solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 1999).

Na Figura 02 pode ser observado que em Rio Verde – GO os meses com maior precipitação são os de outubro a abril e os de outubro a dezembro, e os meses de maio a agosto estão inseridos no período de estiagem da região (INMET, 2022).

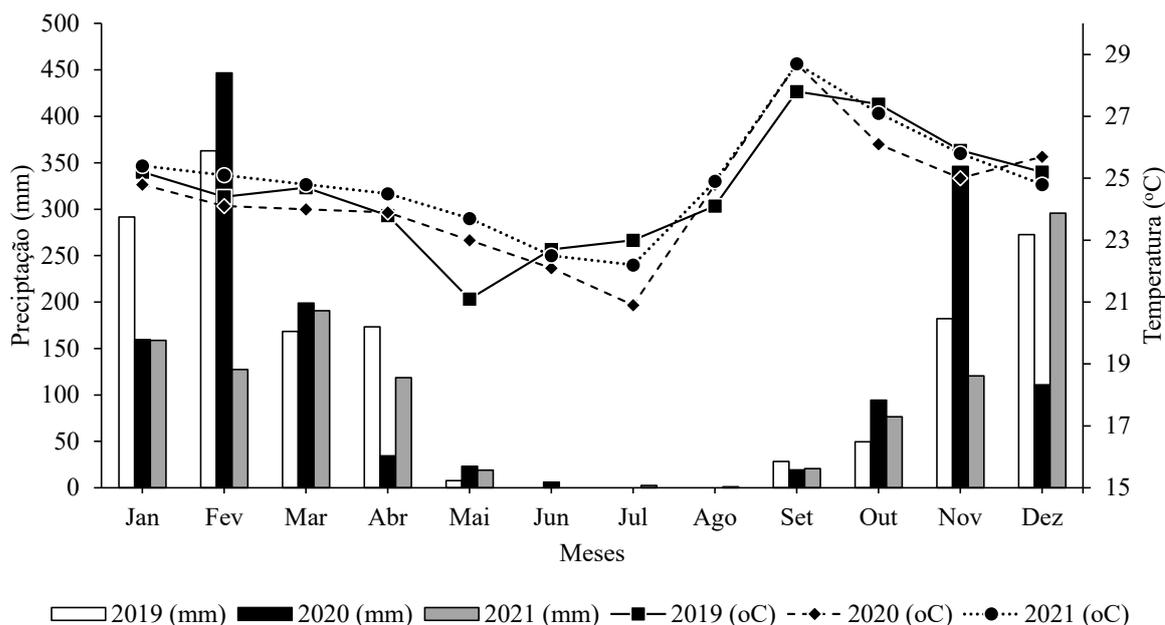


Figura 2. Precipitação total e temperatura máxima mensal dos anos de 2019, 2020 e 2021 da Região Sudoeste de Goiás, Brasil. **Fonte:** INMET, 2022

3.2 Uso e Ocupação do solo

O processamento digital para o levantamento do uso e ocupação do solo foi realizado utilizando o Software de Sistema de Informação Geográfica ArcGIS 10.5. A imagem utilizada para essa etapa foi uma RapidEye do ano de 2012 (espaçamento de pixel 6,5 m) disponibilizada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e foi escolhida no catálogo de imagens levando em consideração baixa cobertura de nuvens. Na classificação temática de uso e ocupação das terras, foi aplicada a classificação digital supervisionada pelo método de máxima verossimilhança, em função do conhecimento prévio de padrões espectrais das áreas amostrais, por meio do programa Google Earth Pro e visita em campo para coletas. Desta forma foi possível a seleção de áreas de treinamento conhecidas, possibilitando-se que o algoritmo classificador operasse fundamentado na distribuição de probabilidade de cada classe, abrangida em função das classes estabelecidas (agricultura, pastagem, floresta/cerradão, área urbanizada, industrial, granjas, lagos e lagoa de efluente). Os diferentes usos e ocupação das terras foram quantificados com base na contagem do número de pixels classificados em cada uma das classes de interesse. Posteriormente, foi elaborado o mapa de uso e ocupação.

3.3 Morfometria

Nessa etapa foi utilizado o arquivo raster originado da SRTM (acrônimo em língua estrangeira de *Shuttle Radar Topography Mission*) disponibilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Monitoramento por Satélite, carta de articulação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) SE-22-X-C, e o arquivo vetorial em formato *shapefile* da hidrografia do estado de Goiás, fornecido pelo Sistema de Geoinformação de Goiás (SIEG). A partir desses dados e por meio de ferramentas do programa *ArcGIS* foram gerados os mapas de altimetria e declividade e os parâmetros morfométricos: número dos cursos de água (N), comprimento total dos canais (Lt) e comprimento do canal principal (L), área da microbacia, ponto mais alto (P1) e mais baixo (P2) da microbacia, perímetro da microbacia (P), equivalente vetorial médio em linha reta (EV) e comprimento axial. Os resultados desses parâmetros de morfometria foram aplicados em fórmulas matemáticas específicas para obtenção de outras variáveis morfométricas, sendo elas:

- *Declividade do canal principal (S1), calculada através da equação:*

$$S1 = (\Delta H/L) \times 100$$

Onde:

S1 = declividade do canal principal em %;

ΔH = variação da cota entre os dois pontos extremos em m (declividade entre extremos é obtida dividindo-se a diferença entre as cotas máxima-cabeceira e mínima-foz); e

L = comprimento em plano do curso de água principal em m.

- *Densidade hidrográfica (Dh), calculada através da equação:*

$$Dh = N/A$$

Onde:

Dh = densidade hidrográfica em canais km^{-2} ;

N = número de canais de primeira ordem, conforme sugestão de Christofolletti (1969);

A = área da bacia em km^2 .

- *Densidade de drenagem (Dd), calculada através da equação:*

$$Dd = Lt/A$$

Onde:

Dd = densidade de drenagem em km km⁻²;

Lt = comprimento total dos canais em Km; e

A = área da bacia em em km².

- *Relação de relevo da bacia (Rr), calculada através da equação:*

$$Rr = Hm/Lc$$

Onde:

Rr = relação de relevo em m/km;

Hm = amplitude topográfica máxima em m; e

Lc = comprimento do canal principal em km.

- *Índice de circularidade (IC), calculada através da equação:*

$$Ic = 12,57 \times A/P^2$$

Onde:

Ic = índice de circularidade, adimensional;

A = área da bacia em km²; e

P = perímetro da bacia em km.

- *Índice de sinuosidade (Is), calculada através da equação:*

$$Is = Lc/Lv$$

Onde:

Is = índice de sinuosidade, adimensional;

Lc = comprimento do rio principal em km; e

Lv = comprimento vetorial do canal principal em km.

- *Coeficiente de manutenção (Cm), calculada através da equação:*

$$Cm = (1/Dd) \times 1.000$$

Onde:

Cm = coeficiente de manutenção (m² m⁻¹); e

Dd = densidade de drenagem em m.

- *Coefficiente de compacidade (Kc), calculada através da equação:*

$$Kc = 0,28x(P/\sqrt{A})$$

Onde:

Kc = índice de compacidade;

P = perímetro da bacia em km; e

A = área em km².

- *Fator de forma (Ff), calculada através da equação:*

$$Ff = A/L^2$$

Onde:

Ff = fator forma;

A = área da bacia em km²; e

L = comprimento axial da bacia em km.

- *Índice de rugosidade (Ir), calculada através da equação:*

$$Ir = Hm \times Dd$$

Onde:

Ir = índice de rugosidade;

Hm = amplitude altimétrica em m; e

Dd = densidade de drenagem em km/km².

- *Extensão do percurso superficial (Eps), calculada através da equação:*

$$Eps = 1/2Dd$$

Onde:

Eps = extensão do percurso superficial em km; e

Dd = densidade de drenagem em km km⁻²;

- *Amplitude altimétrica máxima da bacia (Hm), calculada através da equação:*

$$Hm = P1 - P2$$

Onde:

Hm = amplitude altimétrica da bacia;

P1 = altitude mais alta do divisor topográfico; e

P2 = altitude da foz.

3.4 Coleta e avaliação físico-química de amostras de água

Foram definidos dois pontos de coleta de amostras de água: um na nascente, denominado P1, um intermediário, nomeado P2 ambos em torno do Setor do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. Nos dias 15/09/2021 e 04/10/2021, as análises foram realizadas nos períodos da manhã, após cada coleta, as análises de físico-químicas do corpo hídrico nos dois pontos amostrais e coletas de amostras, foram analisadas de imediato no Laboratório de Águas e Efluentes do IF Goiano-Campus Rio verde.

As coletas e preservação das amostras seguiram os procedimentos estabelecidos pela Resolução nº 724/2011 da Agência Nacional de Água (ANA) que estabelece procedimentos padronizados para a coleta e preservação de amostras de águas superficiais para fins de monitoramento da qualidade dos recursos hídricos (Brasil, 2011).

As variáveis obtidas *in loco* foram: temperatura (T), condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (SDT), por meio de um aparelho portátil Sension5, oxigênio dissolvido (OD), por meio de um oxímetro portátil modelo 55-12 FT, e pH, com um medidor de pH modelo POCKET PRO. Em laboratório foram determinados: turbidez, com o turbidímetro portátil modelo 2100P, demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal (NH_4^+) e fósforo total (PO_4^{3-}), os três últimos por espectrofotometria em um aparelho modelo DR 5000.

As análises foram realizadas em triplicata e seguiram a metodologia do *Standart Methods for Examination of Water and Wastewater* da AWWA (*America Water Works Associations*) (APHA, 2012). As médias obtidas foram comparadas com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 para água doce Classe 2.

3.5 Estudo do estado trófico

Os resultados obtidos para fósforo total, além de terem sido comparados com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, foram aplicados no estudo do estado trófico, realizado por meio do Índice de Estado Trófico (IET) de Lamparelli (2004), para os dois

pontos planejado no curso hídrico em questão. A fórmula utilizada para ambientes lóticos (córregos/rios) na obtenção dos IET foi a seguinte:

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) - 20$$

Onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em mg L^{-1} ;

ln: logaritmo natural.

Os valores de referência adotados para os IET foram os da classificação do estado trófico para rios conforme Índice de Lamparelli Modificado (2004).

Tabela 1. Classificação do Estado Trófico para rios segundo Índice de Lamparelli

Categoria (Estado Trófico)	Ponderação
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$
Hipereutrófico	$\text{IET} > 67$

Fonte: Adaptado de Lamparelli (2004)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Uso e ocupação do solo e morfometria da microbacia do Córrego Cachoeirinha

Com área total de $16,81 \text{ km}^2$, pode-se observar no mapa de uso e ocupação das terras da microbacia do Córrego Cachoeirinha (Figura 03 e Tabela 02) grande atividade agropecuária.

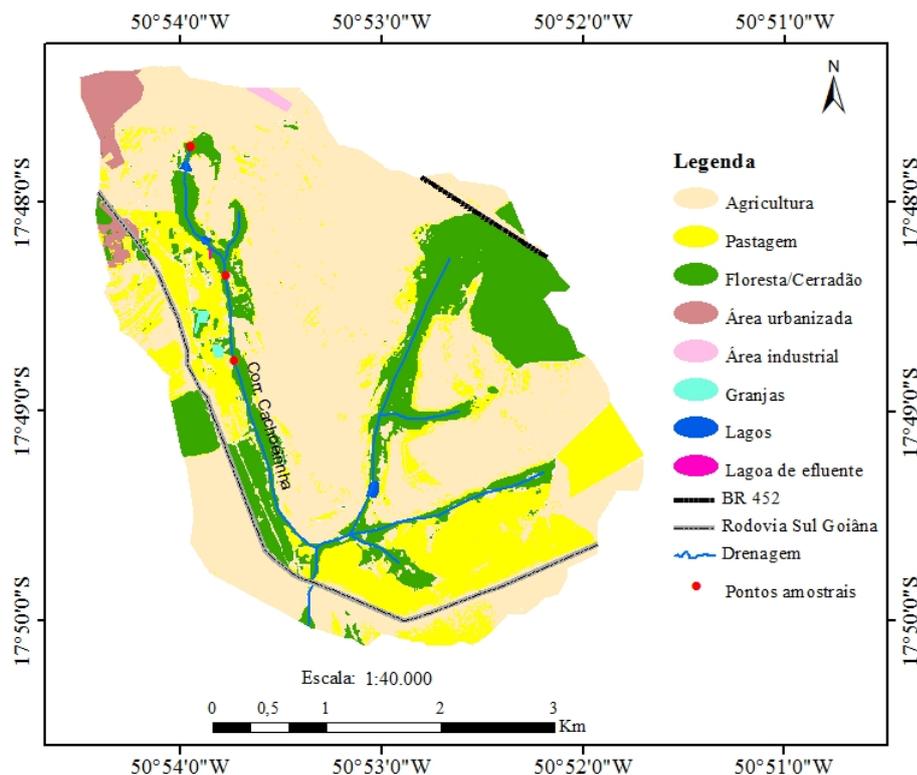


Figura 3. Mapa de uso e ocupação das terras na microbacia do Córrego Cachoeirinha e situação dos pontos de coleta de amostras de água.

Fonte: Os autores (2022)

A agricultura domina a maior parte da microbacia com 60,10% da área, com um total de 10,10 km² e a pastagem se caracteriza como segundo maior domínio com área de 3,14 km² representando 18,68% da área total. Importante no manejo e conservação das bacias, floresta/cerradão representa 18,02% da bacia com área de 3,03 km². A área urbanizada se encontra próximo a nascente do Córrego Cachoeirinha, possui área de 0,4 km², representando apenas 2,38% da área total. Os lagos ocupam 0,18% da área total com cerca de 0,03 km². Outras ocupações como área industrial, concentrações de granjas de animais e lagoa de efluente representa 1,19% da área total com 0,2 km² (Figura 03 e Tabela 02).

Uso e Ocupação		
Caracterização	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Área total da bacia	16,81	100,00
Agricultura	10,10	60,08
Pastagem	3,14	31,08
Floresta	3,03	96,04
Urbana	0,4	13,20
Lagos	0,03	7,5
Outros	0,2	666,6

Tabela 2. Uso e ocupação das terras da microbacia do Córrego Cachoeirinha

Importante no esclarecimento visual e comportamento topográfico da microbacia, a elevação pode ser visualizada na Figura 04. Verifica-se maiores elevações próximas as nascentes e as menores no exultório. A maiores elevações estão entre 806 e 790 m de altitude e as menores entre 675 e 659 m. Uma variação máxima de 147 m de altitude entre o ponto mais alto e o ponto mais baixo.

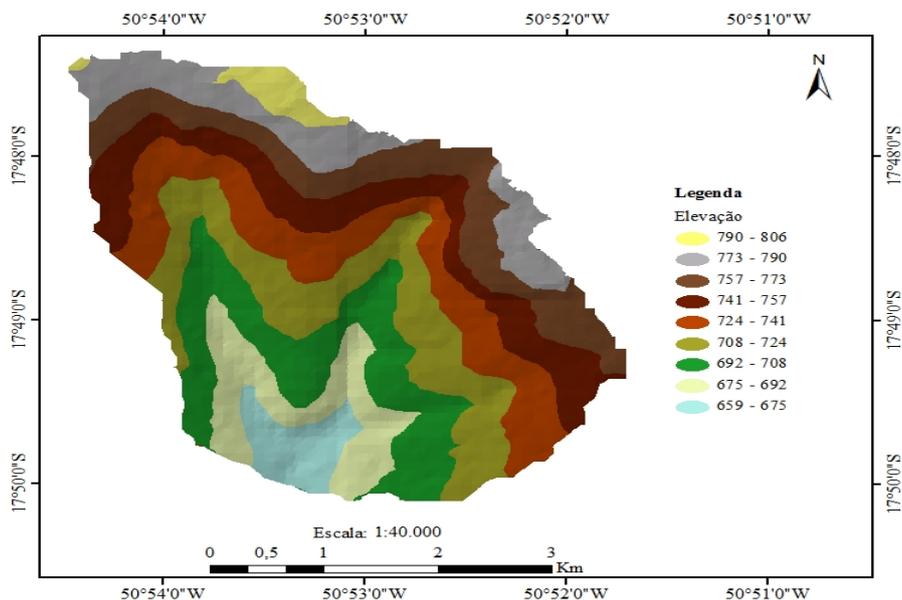


Figura 4. Mapa de elevação da microbacia do Córrego Cachoeirinha

Além, da elevação outro fator que explica o comportamento da coleta das águas em uma microbacia é a declividade (Figura 04). A declividade é um dos fatores que influenciam na trajetória e na velocidade do escoamento das águas pluviais até os cursos hídricos e, devido a essa influência, interfere diretamente na evaporação e infiltração das águas. Isso significa que esta variável caracteriza o ciclo hidrológico de uma bacia ou microbacia hidrográfica.

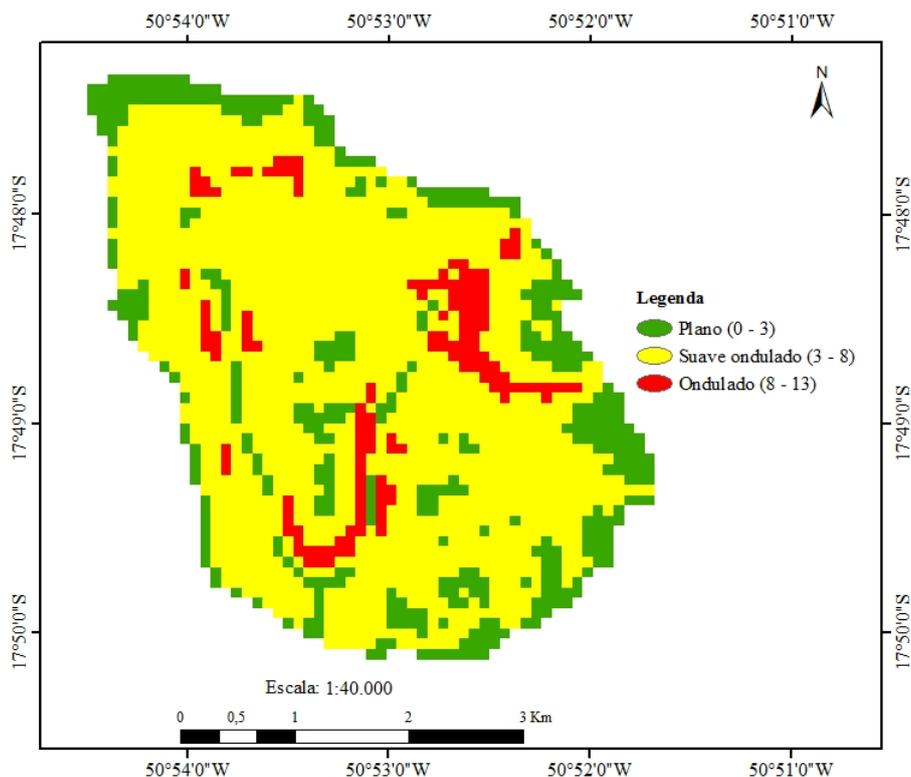


Figura 5. Declividade da microbacia do Córrego Cachoeirinha

Observa-se no mapa de declividade (Figura 05) que a declividade suave ondulada predomina na microbacia, enquanto verifica-se em quantidades menores a declividade plana e ondulada.

Valores de variáveis morfométricas da microbacia do Córrego Cachoeirinha podem ser observados na Tabela 03. A microbacia se dispõe de seis cursos hídricos onde, o comprimento total dos canais é de 11,07 km e o comprimento do canal principal é de 4,6 km de extensão.

Com área total da microbacia de 16,81 km², o canal principal possui declividade de 3,20 %.

A microbacia possui um perímetro de 17,21 km.

O equivalente vetorial médio em linha reta é a distância da desembocadura do rio e a nascente mais distante medida em linha reta (PISSARA, 2004) e esta distância para esta microbacia é de 4,35 km.

O comprimento axial é igual ao comprimento do curso d'água principal mais a distância da sua nascente ao divisor topográfico (HORTON, 1945) assim tem-se para esta microbacia comprimento de 5,75 km.

A correlação entre à área da bacia com o número total de canais fluviais, perenes, efêmeros, ou intermitentes mapeados representam a densidade hidrográfica (ALVES & CASTRO, 2003). A densidade hidrográfica para esta microbacia é de 0,36 canais/ km². Santos & Morais (2012) em análise morfométrica e morfológica da bacia hidrográfica do rio Lago Verde - TO encontraram 1,8608 canais/km². Já Castro & Carvalho (2009), em análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, encontraram o valor de 0,9 canais/km². Verifica-se que a bacia em estudo possui menor densidade do que as encontradas na literatura.

A correlação do comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica se dá a densidade de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980). Valores abaixo de 0,5 km/km² apresentam baixa densidade de drenagem. A variação de 0,5 km/km² para 3,5 km/km² apresentam média densidade. Bacias excepcionalmente bem drenadas ocorrendo em áreas com elevada precipitação ou muito impermeável e se encontra com valores acima de 3,5 km/km² (CHRISTOFOLETTI, 1980; PISSARA, 2004). Para a bacia em estudo encontrou-se 0,66 km/km². Esse resultado mostra que a microbacia o córrego Cachoeirinha apresenta média densidade. Castro & Carvalho (2009), em análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, encontraram o valor de 0,7 km/km². Andrade et al. (2008) encontraram valor de 0,46 km/km² para bacia do Rio Manso - MT. Os mesmos autores citam que, a densidade de drenagem é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia, pois esses valores ajudam substancialmente o planejamento do manejo da bacia hidrográfica.

A relação de relevo encontrada foi de 31,96 m km⁻¹.

O índice de circularidade relaciona a área da bacia com a área de um círculo de mesmo perímetro. Quanto mais circular, maior a retenção de água na microbacia, aumentando a suscetibilidade às enchentes na microbacia e reduzindo os efeitos a jusante (MÜLLER, 1953), encontrou-se para a microbacia em estudo o valor de 0,71 para índice de circularidade. Valores abaixo de 0,51 caracteriza que a bacia tende a ser mais alongada, isso favorece o escoamento das águas (SCHUMM, 1956). Para bacia do Rio Manso - MT, Andrade et al. (2008), encontraram 0,48 de índice de circularidade.

Encontrou-se 1,057 de índice de sinuosidade que é a relação entre o equivalente vetorial medida em linha reta e o comprimento do canal principal. Quanto menor o índice, maior a velocidade do escoamento e, conseqüentemente, maior a influência nas enchentes

a jusante da sub-bacia (menor retenção de água no interior da sub-bacia) (PISSARA, 2004). Pinto Junior & Rossete (2005) encontraram 5,569 m de índice de sinuosidade para bacia hidrográfica do ribeirão Cachoeira, MT.

O coeficiente de manutenção representa a área necessária que a bacia deve ter para manter perene cada metro de canal de drenagem (BELTRAME, 1994), para esta microbacia encontrou-se $1,52 \text{ m}^2 \text{ m}^{-1}$. Pinto Junior & Rossete (2005) encontraram $236,96 \text{ m}^2 \text{ m}^{-1}$ de coeficiente de manutenção para bacia hidrográfica do ribeirão Cachoeira, MT.

O coeficiente de compacidade relaciona a forma da bacia com um círculo. Quanto maior a irregularidade da bacia maior será o coeficiente de compacidade. Com o coeficiente de compacidade igual à unidade tem-se uma bacia circular. Quanto mais próximo a unidade maior ocorrência de cheias e vice-versa (VILLELA & MATTOS, 1975). O coeficiente de compacidade encontrado, 1,18 para microbacia do Córrego Cachoeirinha, associado ao fator de forma, 0,51 indica que esta microbacia, em condições normais de precipitação, é pouco suscetível a enchentes (VILLELA & MATTOS, 1975). Para bacia do Rio Manso - MT, Andrade et al. (2008), encontraram 1,43 de coeficiente de compacidade e 0,21 de fator forma.

O índice de rugosidade, através da declividade média, relaciona a disponibilidade do escoamento hídrico superficial com seu potencial erosivo. Para vertentes íngremes e longas, um valor alto deste índice significa maior risco de degradação da bacia. Este índice é adimensional e corresponde à diferença altimétrica entre a foz e a maior altitude situada num determinado ponto da área da bacia. (CHRISTOFOLETTI, 1969). Para esta microbacia encontrou-se 96,80. Com esse resultado pode-se inferir que a bacia não está tão suscetível a processos erosivos. Castro & Carvalho (2009), em análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, encontraram o valor de 301 para índice de rugosidade. Este valor está bem acima do encontrado para bacia em estudo o que mostra alto grau de erosão.

A extensão do percurso superficial para esta bacia é de 0,33 km.

Amplitude altimétrica máxima da bacia encontrada foi de 147 m.

Características morfométricas	Unidades	Resultados
Número dos cursos de água (N)	-	6
Comprimento total dos canais (Lt)	km	11,07
Comprimento do canal principal (Lc)	km	4,6

Ordem	-	4 ^a
Área da microbacia (A)	km ²	16,81
Ponto mais alto da microbacia (P1)	m	806
Ponto mais baixo da microbacia (P2)	m	659
Perímetro da microbacia (P)	km	17,21
Equivalente vetorial médio em linha reta (Ev)	km	4,35
Comprimento axial (La)	km	5,75
Declividade do canal principal	(%)	3,20
Densidade hidrográfica (Dh)	canais/km ²	0,36
Densidade de drenagem (Dd)	km/km ²	0,66
Relação de relevo (Rr)	m	31,96
Índice de circularidade (IC)	-	0,71
Índice de sinuosidade (Is)	m	1,057
Coefficiente de manutenção (Cm)	m ² m ⁻¹	1,52
Coefficiente de compacidade (Kc)	-	1,18
Fator de forma (Ff)	-	0,51
Índice de Rugosidade (Ir)	-	96,80
Extensão do percurso superficial (Eps)	km	0,33
Amplitude altimétrica máxima da bacia (Hm)	m	147

Tabela 3. Características morfométricas da microbacia do Córrego Cachoeirinha

4.2 Qualidade da água do Córrego Cachoeirinha

Na Resolução do CONAMA 357 (BRASIL, 2005) não constam limites estabelecidos para as variáveis T, CE e DQO, sendo estes parâmetros adotados em conjuntos com outros estudos da qualidade de corpos hídricos, estando os resultados próximos dos observados em corpos de água doce em condições normais.

Para T, encontrou-se 22,3 e 23,9 para P1 e P2, respectivamente. A temperatura desempenha um papel importante de controle no meio aquático, condicionando as influências de muitas variáveis físico-químicas e os animais necessitam de temperaturas ideais par sua sobrevivência (ZUMACH, 2003). A manutenção da vegetação ciliar auxilia na prevenção do aumento da temperatura da água (SWIFT & MESSER, 1971; SUGIMOTO et al., 1997). Donadio et al. (2005) avaliando a qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo verificaram variação de 17,5 a 19,8 °C nos pontos amostrados nas nascentes 1 e 2 com vegetação natural remanescente, refletindo condições semelhantes de sombreamento dos cursos de água proporcionados pela cobertura vegetal. Com relação a bacia em estudo a vegetação representa apenas 18,02% de um total de 16,81 km² (Figura 03 e Tabela 2. Por tal motivo, verificou-se temperaturas médias por volta de 20 °C.

A CE indica modificações na composição d'água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece indicação das quantidades relativas dos vários componentes. Em geral, valores acima de $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ podem indicar ambientes impactados (CETESB, 2005). Os valores encontrados para todos os pontos de coleta estão abaixo do recomendado com 31,01 e 53,05 para P1 e P2, respectivamente. Os baixos valores podem estar relacionados com o baixo índice de rugosidade da microbacia. O que indica que a microbacia não possui tantos problemas com processos erosivos e assim diminui as chances de minerais no curso hídrico (Tabela 04).

Para DQO, encontrou-se 31,66 e 195,00 para pontos P1 e P2, respectivamente. A DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica de uma amostra por meio de um agente químico, como o dicromato de potássio (CETSEB, 2009).

Todos os resultados para SDT, OD, pH, turbidez e a NH_4^+ atenderam os limites de referência. Todos esses parâmetros estão relacionados com as características morfológicas da bacia hidrográfica. Todos estão relacionados com o escoamento superficial na área da bacia. A elevação e a declividade explicam o comportamento da coleta das águas em uma microbacia (Figura 4 e 5). A declividade é um dos fatores que influenciam na trajetória e na velocidade do escoamento das águas pluviais até os cursos hídricos. Os valores adequados destas variáveis podem estar relacionados com o baixo índice de rugosidade da microbacia (Tabela 3). O que indica que a microbacia não possui tantos problemas com processos erosivos e assim tem-se menores cargas de sólidos no curso hídrico.

Quanto ao teor de fósforo, os pontos 1 (P1) e P2 atende ao valor permitido que é igual a $0,1 \text{ mgL}^{-1}$, entretanto o ponto 2 (P2) estava acima do limite, permitido. Nos estudos da qualidade da água do Córrego Terra Branca, realizado por Danelon et al (2012), 71,47% dos resultados das amostras obtidas para análise de nível de fósforo total estavam acima dos valores especificados pela legislação. Segundo os autores, esse fato pode ser explicado pela forte presença de atividade agrícola na bacia hidrográfica, onde é comum o uso de fertilizantes químicos que contém em sua composição uma considerável proporção de fósforo, que é facilmente carregado pelas águas pluviais ao leito do córrego. Verifica-se que a agricultura domina a maior parte da microbacia com 60,10% da área, com um total de $10,10 \text{ km}^2$ (Figura 03 e Tabela 2).

Parâmetros	Unidade	Pontos		Valores de Referência CONAMA n° 357/2005	
		P1	P2	Mínimo	Máximo
T	°C	22,3	23,9	-	-
CE	µS/cm	31,01	53,05	-	-
DQO	mg.L ⁻¹	31,66	195,00	-	-
STD	mg.L ⁻¹	15,13	22,57	-	500,0
OD	mg.L ⁻¹	6,21	6,13	5,0	-
pH	-	5,80	6,33	6,0	9,0
Turbidez	NTU	7,65	22,81	-	100,0
NH ₄ ⁺	mg.L ⁻¹	0,13	0,15	-	2,0
PO ₄ ³⁺	mg.L ⁻¹	0,10	0,12	-	0,1

T: temperatura; CE: condutividade elétrica; DQO: demanda Química de Oxigênio; STD: sólidos totais dissolvidos; OD: oxigênio dissolvido; pH: potencial hidrogeniônico; PO₄³⁺: fósforo total. *Abaixo da gama de medição do aparelho

Tabela 4. Valores dos parâmetros de qualidade da água.

O Índice de Estado Trófico (IET) é a correlação direta entre concentração de fósforo total e a biomassa algal, para isso tem-se como base os valores de transparência medida pelo disco Secchi, clorofila e fósforo total (LAMPARELLI, 2004).

Os resultados mostraram que o IET foi classificado como ultraoligotrófico para os dois pontos de coletas, assim apresentando que os corpos hídricos estão limpos, além de não obter nutrientes o suficiente que venha a causar danos ao seu uso.

Segundo Reynolds e Davies (2001), a quantidade de fósforo e de sedimentos transferidos aos corpos aquáticos são, geralmente, superiores em áreas agricultáveis devido menores quantidades de áreas florestadas. Os componentes físico-químicos e biológicos encontram-se em maiores concentrações, devido a tendência de maiores fatores erosivos, a menor infiltração e o maior fluxo superficial da água, proporciona a baixa elevação da reciclagem de fósforo. Este fato é comprovado por McDowell et al. (2001).

Verifica-se predominância agrícola na microbacia (Figura 03 e Tabela2). Verifica-se também baixo índice de rugosidade da microbacia (Tabela 3) Apesar, de no geral, ter baixa influência do processo erosivo, os pontos podem estar menos passíveis de receber a erosão e assim tem-se menores cargas de sólidos no curso hídrico e conseqüentemente alta elevação da reciclagem de fósforo.

Pontos amostrais	Resultados (IET)	Classificação
P1	21,98	Ultraoligotrófico
P2	22,61	Ultraoligotrófico

Tabela 5. Resultados obtidos para o Índice de Estado Trófico em cada ponto amostral.

5 CONCLUSÕES

No geral, os dados morfológicos mostraram que a microbacia do Córrego Barrinha são poucos passíveis aos processos erosivos e a enchentes. Os valores obtidos para os parâmetros avaliados se encontram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para água doce Classe 2. Apenas o parâmetro fósforo obteve resultados um pouco maior do que o recomendado.

Os resultados de qualidade de água foram diretamente influenciados pelos parâmetros de uso e ocupação e morfologia da microbacia do córrego Cachoeirinha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Indicadores de qualidade - Índice de qualidade das águas (IQA)**. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx> Acesso em: 08 ago. 2022.

ALVES, J.; CASTRO P. de T. A. Influência de Feições Geológicas na Morfologia da Bacia do Rio Tanque (MG) Baseada no Estudo de Parâmetros Morfométricos e Análise de Padrões de Lineamento. **Revista Brasileira de Geociências**, v.33, n.2. p.117-124. 2003.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA) -AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington. 1085p.1998.

ARCOVA, F.C.S; CICCO, V. Qualidade da água de microbacia com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**. 56: 125-134.199

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BANCO DE DADOS METEOROLÓGICOS PARA ENSINO E PESQUISA (BDMEP). Acesso em 13 de março de 2015. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Rio de Janeiro, 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Água. **Resolução n.724 de 3 de outubro de 2011**.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília. 27p.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. Lei nº 9.433, 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 9 jan. 1997, p. 470.

CARMO, R. F.; BEVILACQUIA, P. D.; BASTOS, R. K. X. Vigilância da qualidade da água para consumo humano: abordagem qualitativa da identificação de perigos. **Eng. sanit. ambient.** Vol.13 - Nº 4, 426-434, out/dez 2008.

CARVALHO, Anésio R; OLIVEIRA, Maria C. V. Princípios básicos de saneamento do meio. 3. ed. São Paulo: Editora SENAC, 2003.

CARVALHO, T.M. Métodos de sensoriamento remoto aplicados a geomorfologia. **Revista Geográfica Acadêmica**. v.1, p. 44-54, 2007.

CASTRO, S. B. & CARVALHO, T. M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Scientia Plena**, São Cristóvão-SE, v.5, n.2, 2009.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas**. 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/variaveis.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2022.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas - SP, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas no Planalto de Poços de Caldas**. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 375 p.1970.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed., São Paulo, SP: Edgard Blucher, 1980.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo, Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. São Paulo, 2009.

DA COSTA, A. A. D; GALVANIN, E. A. S; NEVES, S. M. A. S. Análise morfométrica da bacia hidrográfica Paraguai/ Jauquara, Mato Grosso – Brasil. Geosul, Florianópolis, v. 35, n. 74, p. 483-500, jan./abr. 2020. <http://doi.org/10.5007/1982-5153.2020v35n74p483>.

DA SILVA, G. S; ALMEIDA, F. P; ALMEIDA, R. T. S; MESQUITA, M; JUNIOR, J. A. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do riacho Rangel-Piauí, Brasil. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.15 n.28; p. 2018.

DA SILVA, A. R; RODRIGUES, C. J; FONSECA, A. L. D; MONTEIRO, J. P. Comparação de dois índices de estado trófico: Estudo de caso da aplicação dos índices IET e TRIX na bacia hidrográfica do Rio Papaquara, Florianópolis, SC. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2017. Florianópolis.

DANELON J.R.B.; NETTO F.M.L.; RODRIGUES S.C. Análise do nível de Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal e Cloretos nas Águas do Córrego Terra Branca no Município de Uberlândia (MG). **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.1, p.412 – 421, 2012.

DICTORO, V. P; HANAI, F. Y. A gestão de bacias hidrográficas e os critérios para seleção de propostas de projetos de educação ambiental. R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 8, n. 2, p.4-23, abr/jun. 2019.

DONADIO, N.M.M.; GALBIATTI, J.A.; DE PAULA, R.C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal - SP, v.25, n.1, p.115-125, 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999, 412p.

FIGUR, C; REIS, J. T. A influência do uso e cobertura da terra nos parâmetros da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Abaúna, em Getúlio Vargas, RS. **Ciência e Natura** v.39 n.2, 2017, p. 352 – 365.

GARCIA, A.C. **Avaliação da qualidade da água do rio Paraíba do Sul na Cidade de Lorena - SP Brasil**. In: 13º Congresso Nacional de Iniciação Científica, São Paulo. Anais ConicSemesp, 2013.

GESTÃO POR BACIAS. Itaipu Binacional: Publicado em ITAIPU BINACIONAL, 30 mar. 2010. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/>. Acesso em: 8 ago. 2021.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, p. 807-813, 1945.

LAMPARELLI M.C. **Grau de trofia em corpos d' água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. 235 f. Tese (Doutorado em ciências na Área de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos). Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, 2004.

IAP. Relatório de Monitoramento da Qualidade das águas dos rios da região de Curitiba, no período de 1992 a 2005. Curitiba, 2005. Disponível em : . Acessado em 8 ago. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Banco de dados meteorológicos**. 2022. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 10 de maio de 2022.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 242p. 1986.

LOPES, E. R. N; SOUZA, J. C; FILHO, J. L. A; LOURENÇO, R. W. Gestão de bacias hidrográficas na perspectiva espacial e socioambiental. **Economía, Sociedad y Territorio**, vol. xx, núm. 62, 2020, 1-23.

McDOWELL, R.W.; SHARPLEY, A. N.; CONDRN, L.M.; HAYGARTH, P.M.; BROOKES, P.C. Processes controlling soil phosphorus release to runoff and implications for agricultural management. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 59, p. 269-284, 2001.

MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre - RS, v.3, n.4, 2002.

MOTA, S. Introdução à engenharia ambiental. 5. ed. Rio de Janeiro:ABES, 2012.

MÜLLER, V. C. **A quantitative geomorphology study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain Area**. New York: Virginia and Tennessee. Dept. of Geology, n.3, p. 30, 1953.

PASE, H. L; ROCHA, H. J; SANTOS, E. R. **A relação entre a gestão das bacias hidrográficas e o remanejamento das populações atingidas por hidrelétricas**. G&DR. v. 13, n. 3, p. 55-76, set-dez/2017, Taubaté, SP, Brasil.

PINTO JUNIOR, O.B.; ROSSETE, A.N. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão Cachoeira, MT - Brasil. **Geoambiente on-line**, Jataí - GO, n. 4, p. 38-53, 2005.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. dos. Bacias hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. **Ciência Hoje**, v.19, n. 110, p. 40-45, 1995.

RABELO, Gabriel C.; NETO, José. B.; FREIRE, Rosane. Qualidade das águas dos Córregos urbanos de Presidente Prudente: Análise preliminar. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 15, p. 18-38, 2015.

RICHTTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, José. M. Tratamento de água: tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

RODRIGUES, A. L; LEAL, L.V. M. Outorga e cobrança pelo uso dos recursos hídricos como instrumentos de gestão da bacia hidrográfica do rio Paranaíba. **Revista de Direito**. Viçosa, V.11 N.01 2019 P. 61-101.

SANTOS, D.A.R. dos; MORAIS, F. de. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Lago Verde como subsídio à compartimentação do relevo da região de lagoa da Confusão – TO. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.3, n.4, p. 617-629, 2012.

SANTOS, G. O; SILVA, A. A; BRAZ, A. R. C; CARNEIRO, F. M. Caracterização Morfométrica das Bacias Hidrográficas inseridas no município de Rio Verde, Goiás, como ferramenta ao planejamento urbano e agrícola. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, Vol. 22 (2018), e17, p. 01-13.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Bulletin of Geological Society of America**, n. 67, p. 597-646, 1956.

SPADOTTO, C. A. Ocupação agrícola: a importância da gestão territorial. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 9, p. 31. 2012.

SUGIMOTO, S.; NAKAMURA, F.; ITO, A. Heat budget and statistical analysis of the relationship between stream temperature and riparian forest in the Toikanbetsu river basin, Northern Japan. **Journal of Forest Research**, Ottawa, v.2, n.2, p.103-7, 1997.

SWIFT JR., L.M.; MESSER, J.B. Forest cuttings raise temperatures of small streams in the Southern Appalachians. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.26, n.23, p.111-17, 1971.

TONELLO, K.C.; DIAS, H.C.T.; SOUZA, A.L. DE; RIBEIRO, C.A.A.S.; LEITE, F.P. Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

VALE, J. R. B; BORDALO, C. A. L. Caracterização morfométrica e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Apeú, Amazônia Oriental. **Revista Formação (ONLINE)**, v. 27, n. 51, mai-ago/2020, p. 313-335.

VILLELA, S. M. & MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. Editora Mc Graw Hill, São Paulo 245p, 1975.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico das águas residuárias. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1996.

PISSARA, T.C.T. POLITANO, W. FERRAUDO, A.S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, São Paulo - SP v. 28, p. 297-305, 2004.

RABELO, C. G.; FERREIRA, M. E.; ARAÚJO, J. V. G. de; STONE, L. F.; SILVA, S. C. da; GOMES, M. P. Influência do uso do solo na qualidade da água no bioma Cerrado: um estudo comparativo entre bacias hidrográficas no Estado de Goiás. **Revista Ambiente & Água**, v. 4, n. 2, 2009.

REYNOLDS, C.S.; DAVIES, P.S. Sources and bioavailability of phosphorus fractions in freshwaters: a British perspective. **Biology review**, v. 76, p. 27-64, 2001.

SANTOS, T. G. P. **Mapeamento de pivôs centrais de irrigação em Cristalina/GO utilizando séries temporais**. In: ANAIS DO XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2019, Santos. Anais eletrônicos... São José dos Campos, INPE, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/mapeamento-de-pivos-centrais-de-irrigacao-em-cristalina-go-utilizando-series-temporais>> Acesso em: 31 ago. 2022.

ZUMACH, R. **Enquadramento de curso de água: rio Itajaí-Açu e seus principais afluentes em Blumenau**. 2003. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.