

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
***Campus* Regional Montes Claros**
Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais

ELISA MARIA LOPES DE OLIVEIRA

Análise morfométrica e ambiental da microbacia do
Ribeirão Matizada em Coluna/MG

Montes Claros
2022

Elisa Maria Lopes de Oliveira

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA E AMBIENTAL DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO
MATINADA EM COLUNA/MG**

Versão Final

Monografia de especialização apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

Orientador: Professor Doutor Flávio Pimenta de Figueiredo

Montes Claros

2022

Oliveira, Elisa Maria Lopes de.

O48a Análise morfométrica e ambiental da microbacia do ribeirão matinada em Coluna /
2024 MG [manuscrito] / Elisa Maria Lopes de Oliveira. Montes Claros, 2022.
98 f.

Monografia (especialização) - Área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador(a): Flávio Pimenta de Figueiredo.

Banca examinadora: Flávio Gonçalves Oliveira, Leidivan Almeida Frazão, Flávio Pimenta de Figueiredo.

Inclui referências: f. 94-98.

1. Microbacias Hidrográficas. 2. Geoprocessamento. 3. Degradação ambiental. I. Figueiredo, Flávio Pimenta de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 504



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ESPECIALIZAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANÁLISE MORFOMÉTRICA E AMBIENTAL DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO MATINADA EM COLUNA/MG

ELISA MARIA LOPES DE OLIVEIRA

Trabalho Final de Curso de Especialização (TFCE) submetido à Comissão de Avaliação designada pela Comissão de Coordenação do curso de Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

TFCE aprovado em 29 de novembro de 2022 pela comissão de avaliação constituída pelos membros:

FLÁVIO PIMENTA DE FIGUEIREDO
Orientador - ICA/UFMG

FLÁVIO GONÇALVES OLIVEIRA
Avaliador - ICA/UFMG

LEIDIVAN ALMEIDA FRAZÃO
Avaliadora - ICA/UFMG

Montes Claros, data da assinatura eletrônica.

DALTON ROCHA PEREIRA
Coordenador de Pós-graduação *Lato Sensu*



Documento assinado eletronicamente por **Dalton Rocha Pereira, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 06/12/2022, às 11:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1929198** e o código CRC **910E4D7F**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado forças para segui em frente.

Ao Bruno, meu companheiro de vida e de curso, por estar sempre ao meu lado e por me fazer ter confiança nas minhas decisões. Obrigada por todo apoio, ensinamentos e dedicação.

Agradeço ao meu orientador, Prof^o Flávio Pimenta, por aceitar a conduzir o meu trabalho de pesquisa.

Agradeço aos membros da banca examinadora, Prof^a Leidivan Almeida Frazão e Prof^o Flávio Gonçalves Oliveira, pelo interesse e disponibilidade.

Deixo um agradecimento especial ao Luciano que esteve sempre presente, nos apoiando e incentivando durante todo o curso.

Também agradeço a todos os colegas do curso pela cooperação mútua neste processo.

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo analisar a intensidade da degradação ambiental na microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada localizada no Município de Coluna, MG, inserido na Mesorregião Administrativa do Vale do Rio Doce e na porção norte da Microrregião de Guanhães, com aplicação do geoprocessamento na caracterização ambiental e do grau de degradação da bacia, utilizando o *Software* QGIS 3.16.7 e pacotes de ferramentas GRASS e SAGA GIS. A partir da caracterização morfométrica, de forma geral, constatou-se que a microbacia ocupa área de 161 km², possui forma alongada, com densidade de drenagem mediana, relevo ondulado a forte ondulado e declividade média 26,34%. A identificação das áreas de vulnerabilidade permite inferir que a bacia apresenta baixa vulnerabilidade, sendo que as áreas mais vulneráveis se encontram nos córregos e planície aluvial. A análise temporal de uso e ocupação da terra possibilitou verificar o cenário de uso da terra ao longo de 35 anos, em períodos de cinco em cinco anos, até a atualidade. As APPs se encontram em processo de regeneração em topos de morro e em áreas de maior declividade. Este estudo colabora com o diagnóstico de áreas suscetíveis a processos de degradação, uma vez que, os processos erosivos são expressivos por toda área da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada.

Palavras-chave: Microbacia Hidrográfica. Ribeirão Matizada. Geoprocessamento. Caracterização. Vulnerabilidade. Degradação.

ABSTRACT

This study aims to analyze the intensity of environmental degradation in the watershed of Ribeirão Matinada located in the municipality of Coluna, MG, inserted in the Administrative Mesoregion of Vale do Rio Doce and in the northern portion of the Microregion of Guanhanes, with the application of geoprocessing in the characterization environment and the degree of degradation of the basin, using the Software QGIS 3.16.7 and packages of GRASS and SAGA GIS tools. From the morphometric characterization, in general, it was found that the microbasin occupies an area of 161 km², has an elongated shape, with medium drainage density, undulating to strongly undulating relief and average slope of 26.34%. The identification of vulnerable areas allows inferring that the basin has low vulnerability, with the most vulnerable areas found in streams and floodplains. The temporal analysis of land use and occupation made it possible to verify the land use scenario over 35 years, in periods of five years, until the present day. The APPs are in the process of regeneration on the tops of hills and in areas of greater declivity. This study collaborates with the diagnosis of areas susceptible to degradation processes, since erosion processes are expressive throughout the area of the watershed of Ribeirão Matinada.

Keywords: Hydrographic microbasin. Ribeirao Matinada. Geoprocessing. Description. Vulnerability. Degradation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ordem ou hierarquia das bacias hidrográficas, segundo Strahler (1957). .28	
Figura 2. Mapa de localização da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	38
Figura 3. Mapa de Geologia Simplificada da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	42
Figura 4. Porção norte da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, ao fundo a Serra Negra.....	43
Figura 5- Planície aluvial do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	44
Figura 6- Mares de Morros Florestados, Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	45
Figura 7- Mapa de Solos, Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	46
Figura 8- Mapa de Localização da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	47
Figura 9- Bloco diagrama - Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG.	48
Figura 10- Cobertura e uso da terra, vale do córrego Jácome, afluente do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	50
Figura 11- Organograma Metodológico da Pesquisa	51
Figura 12- Mapa da Hierarquia Fluvial da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	60
Figura 13- Mapa de Densidade de Drenagem, Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/Mg	64
Figura 14- Rio Suaçuí Grande, próximo à foz do Ribeirão Matizada	65
Figura 15- Mapa Hipsométrico da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	65
Figura 16- Vale encaixado em forma de 'V' (A), vale aberto (B) e baixo curso do Ribeirão Matizada (C)	67
Figura 17- Mapa de declividade da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	68

Figura 18- Mapa de Vulnerabilidade Ambiental na Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	72
Figura 19- Mapas de usos e cobertura da terra para os anos de 1985/1990/1995/2000	75
Figura 20- Mapas de usos e cobertura da terra para os anos de 2005/2010/2015/2020	76
Figura 21- Vista da Sede da Cidade de Coluna-MG	77
Figura 22- Fragmentos de formação florestal na microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	79
Figura 23-Áreas de pastagem, Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	80
Figura 24- Plantações de milho e banana, Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	81
Figura 25- Uso de irrigação para o cultivo de banana na margem do Ribeirão Matizada.....	81
Figura 26- Plantações de eucalipto (2007/2008), microbacia hidrográfica Ribeirão Matizada, Coluna/MG	83
Figura 27- Plantações de eucalipto atual na microbacia hidrográfica Ribeirão Matizada, Coluna/MG	84
Figura 28- Fatores contribuintes para o processo erosivo	85
Figura 29- Nascente Ribeirão Matizada- Coluna/MG.....	86
Figura 30- Desmatamento em Área de Proteção Permanente	86
Figura 31- Cabeceira do córrego São Joaquim (A), área de pastagem na planície aluvial (B), assoreamento no córrego São Joaquim (C).....	87
Figura 32 - Comunidade Goiaba - Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/Mg.....	88
Figura 33- Córrego São Joaquim (A e B) e Ribeirão Matizada (C e D), na área urbana, antes e após a chuva	89
Figura 34- Material transportado no córrego São Joaquim após enchente (A) e Foz do córrego São Joaquim (B).....	89
Figura 35- Foz do córrego Jácome em período seco (A) e em período chuvoso (B), Ribeirão Matizada em período seco (C) e em período chuvoso (D)	90
Figura 36- Aterro controlado na área da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	91

Figura 37- Foz do Ribeirão Matizada (A), Rio Suaçuí Grande (B), Ribeirão Matizada próximo a foz (C e D)92

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Relação das variáveis morfométricas, propostas por Christofolletti (1980)	27
Quadro 2- Classificação dos valores de densidade de drenagem (Dd)	34
Quadro 3- Intervalos de Classes de Vulnerabilidade	56
Quadro 4. Valores de índice de conformação e a probabilidade de ocorrência de enchentes.....	62
Quadro 5 – Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à perda de solo.....	71

LSTA DE TABELAS

Tabela 1. Precipitação por Ano Hidrológico (1984 – 2020) da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	40
Tabela 2. Números de dias com chuva, dados da Estação Meteorológica de Itamarandiba	58
Tabela 3. Síntese dos indicadores morfométricos da microbacia do Ribeirão Matizada.....	59
Tabela 4. Distribuição das classes de declividade da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada	68
Tabela 5. Valores de vulnerabilidade para as classes de usos da terra na microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada.....	70
Tabela 6- Valores de vulnerabilidade natural da estrutura geológica da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG.....	70
Tabela 7. Valores de Vulnerabilidade Ambiental da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada	72
Tabela 8- Classes de Usos e Cobertura da Terra (1985 a 2020) - Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	74
Tabela 9. Extração Vegetal e Silvicultura para o período de 2005 a 2020, Município de Coluna/MG	82

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Precipitação por Ano Hidrológico (1984-2020)	39
Gráfico 2. Temperaturas Médias Anuais (1985-2020).....	41
Gráfico 3. Climograma para a Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG (1985-2020).....	41
Gráfico 4. Perfil Longitudinal do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	66
Gráfico 5. Classes de Usos da Terra (1985 a 2020) – Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG	78

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Água

APP – Área de Preservação Permanente

CHIRPS – *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data*

CODEMIG – Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EROS – *Earth Resources Observacion and Science*

GPS – *Global Positioning System*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MDE - Modelo Digital de Elevação

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

SIG - Sistemas de Informações Geográficas

SNGRH – Sistema Nacional de Gerenciamentos de Recursos Hídricos

SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*

UFV – Universidade Federal de Viçosa

USGS – *United States Geological Survey*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivos	17
1.1.1 Objetivo geral.....	17
1.1.2 Objetivos específicos.....	17
2 REFERENCAL TEÓRICO.....	18
2.1 Características morfométricas	26
3 METODOLOGIA.....	37
3.1 Caracterização da área de estudo	37
3.1.1 Localização	37
3.1.2 Clima.....	38
3.1.3 Geologia	42
3.1.4 Geomorfologia e Pedologia.....	44
3.1.5 Hidrografia	47
3.1.6 Usos do Solo.....	49
3.2 Etapas da Pesquisa	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1 Variáveis morfométricas	59
4.1.1 Hierarquia Fluvial	60
4.1.2 Análise Linear	61
4.1.3 Análise Areal.....	62
4.1.4 Análise Hipsométrica.....	64
4.2 Áreas de Vulnerabilidade	69
4.3 Usos do Solo.....	73
5 CONCLUSÃO	93
REFERÊNCIAS.....	94

1 INTRODUÇÃO

A água potável é um recurso natural fundamental e finito, o que nos leva a ter que planejar de forma criteriosa o seu uso. O uso da água de forma sustentável se torna cada vez mais necessário, a escassez hídrica é um problema hodierno de relevância mundial, resultado da combinação de vários fatores, dentre eles, o crescimento populacional, expansão agrícola e a degradação ambiental. A exploração desordenada dos recursos naturais ao longo dos séculos, em prol do desenvolvimento e crescimento econômicos, acarretou em mudanças intensas nas diferentes paisagens, causando assim o esgotamento dos recursos naturais percebidos pela degradação ambiental, que reflete não tão somente no ambiente, mas também na qualidade de vida da população diretamente associada à degradação.

A bacia hidrográfica é compreendida por uma área e por diversos cursos d'água, definida como uma unidade territorial, toda água da chuva que cair em sua área e não evaporar irá escoar para um ponto comum de saída. A adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial, delimitada pela 'Lei das Águas', para atuação e implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, permite o planejamento do uso das águas e favorece a integração das questões ambientais. Com a gestão das águas, as atividades desenvolvidas nas áreas a montante do rio trazem implicações a jusante dos corpos d'água.

Todos os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem repercutem, direta ou indiretamente, nos rios. As condições climáticas, a cobertura vegetal e a litologia são fatores que controlam a morfogênese das vertentes e, por sua vez, o tipo de carga detrítica a ser fornecida aos rios. A bacia hidrográfica deve ser estudada de forma sistêmica, sem considerar apenas um dos elementos, mas sim, o conjunto em interação, Christofolletti (1980).

O tamanho da bacia tem influência sobre os resultados do estudo, como afirma Santos (2004), as bacias menores facilitam o planejamento, seja por razões técnicas, por tornar mais simples e efetiva a espacialização dos dados, seja por razões estratégicas, pela maior facilidade de individualizar os principais problemas, que se tornam mais centralizados ou limitados. As microbacias hidrográficas possuem características ecológicas, geomorfológicas e sociais integradoras,

possibilitando uma abordagem holística e participativa, envolvendo estudos interdisciplinares para o estabelecimento de formas de desenvolvimento sustentável inerentes ao local ou região onde foram implementados, é a unidade básica de planejamento para a compatibilização da preservação dos recursos naturais e da produção agropecuária, Attanasio (2004).

O uso das geotecnologias de geoprocessamento tem se revelado recurso eficaz à gestão de recursos hídricos, sendo amplamente utilizado na morfometria de bacia hidrográfica com o uso dos recursos do SIG e as equações dos parâmetros físicos, hidrológicos e do relevo. Permite fazer a delimitação de uma bacia hidrográfica a partir de imagens de satélites, a inserção de informações de relevo permite conhecimento de características em qualquer bacia hidrográfica, é excelente ferramenta para o auxílio no monitoramento de evolução de fenômenos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo teve por objetivo geral a caracterização ambiental e avaliação do grau de degradação da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada utilizando *Software* QGIS e seus complementos, SAGA e GRASS, visando contribuir para o melhor gerenciamento, planejamento de ocupação e uso antrópico em toda a área da microbacia.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter e representar cartograficamente os atributos geomorfológicos e hidrológicos da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada.
- Fazer a caracterização morfométrica da bacia.
- Fazer a avaliação da dinâmica de uso e ocupação da terra na microbacia, utilizando uma série histórica.
- Identificar as áreas de degradação existentes da bacia.
- Consolidar uma base de informações atualizadas para a bacia

2 REFERENCAL TEÓRICO

As condições de degradação ambiental comumente encontrada nos rios brasileiros, de diferentes dimensões, é resultado dos diferentes usos da terra ao longo do tempo nas bacias a qual estão inseridos, nos mais variados níveis do processo produtivo quer sejam das atividades extrativistas, da produção e consumo de bens e serviços e outras. Para Mendes e Cirilo (2013) um dos grandes desafios ambientais da atualidade reside na capacidade de compreender as inter-relações entre o recurso natural e a pressão evolutiva compreendida pelo ser humano (pressão econômica). Para compreender esta relação faz-se necessário uma avaliação, ou quantificar de alguma forma, o padrão de evolução de ação do homem na bacia. Na esfera dos recursos hídricos, o impacto decorrente da alteração do uso do solo reflete-se em todos os componentes do ciclo hidrológico, como escoamento superficial, na recarga dos aquíferos, na qualidade da água e no transporte de sedimentos. Neste contexto, o planejamento dos recursos hídricos deve fazer parte de um amplo processo de planejamento ambiental, no qual somente com a organização espacial das forças que interagem na bacia hidrográfica haverá expectativa de garantia da unidade da região (Mendes e Cirilo, 2013).

A Constituição Federal de 1988 teve um importante papel para a gestão dos recursos hídricos, definiu as águas como bens de uso comum. Nos artigos 20 e 26, respectivamente, alterou a dominialidade das águas do território nacional tornando-se de domínio público, sendo as águas subterrâneas de domínio da União e dos Estados (Porto e Porto, 2008). Deve-se ressaltar que a dominialidade está definida sobre os corpos hídricos e não sobre a bacia hidrográfica. No artigo 21, inciso XIX, dessa constituição, foi atribuído à União instituir o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direito de uso das águas (BRASIL, 1988). Este citado artigo deu origem à Lei 9.433 de 08/01/97, conhecida como “Lei das Águas”, a qual instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), assim, o país dispõe de um instrumento legal que visa garantir à atual e às gerações futuras a disponibilidade do recurso hídrico, essa Lei deu maior abrangência ao Código das Águas de 1934, que centralizava as decisões sobre a gestão de recursos hídricos no setor elétrico (ANA, s/d).

A Política Nacional de Recursos Hídricos é conhecida por seu caráter descentralizador, por criar um sistema nacional que integra União e Estados. A gestão dos recursos hídricos passa a ter a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades, proporcionando o uso múltiplo das águas, sendo a água um bem público, recurso natural limitado e dotado de valor econômico, quando em situações de escassez o uso prioritário é para o consumo humano e dessedentação de animais. Introduziu a bacia hidrográfica como unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, sendo a gestão realizada de forma cooperativa entre União, Estados e Municípios, bem como entre os órgãos que integram o SNGRH. A PNRH previu nos artigos 4º e 31º a necessidade de articulação entre a União e os Estados tendo em vista o gerenciamento dos recursos hídricos de interesse comum, bem como a promoção pelos Poderes Executivos do Distrito Federal e dos Municípios com as Políticas Federal e Estadual de Recursos Hídricos a integração das políticas locais de saneamento básico, de uso, ocupação e conservação do solo e do meio ambiente, instituindo a unidade de Bacia Hidrográfica (IGAM, 2019).

A implementação de políticas Estaduais de gestão dos recursos hídricos leva em consideração as peculiaridades sociais, econômicas, ambientais, culturais, geográficas e hidrológicas da região onde a bacia hidrográfica está inserida, tem papel fundamental na efetividade e eficiência da melhoria da qualidade da água e manutenção da disponibilidade hídrica (IGAM, 2019).

Um marco importante para a regulamentação do uso das águas foi a instalação da Agência Nacional de Água (ANA), criada pela Lei Federal nº 9.984, de 17 de julho de 2000, entidade federal integrante do SNGRH. Essa entidade possui o cadastro dos rios, lagos, barragens, aquíferos, enfim, de todos os recursos hídricos no Brasil. Soares (2015), destaca que a ANA é um órgão responsável por estimular e apoiar iniciativas voltadas à criação e ao fortalecimento de entes do SNGRH e comprova ainda que a gestão dos recursos hídricos, de acordo com a atual legislação, deve necessariamente seguir uma política de cooperação e de integração para que o benefício também seja de todos.

A definição de uma área de estudo deve-se partir de considerações sobre a dinâmica local, a abrangência e o foco dos principais problemas regionais, as escalas necessárias para avaliar as questões ambientais e a dimensão das

unidades territoriais em estudo. Independentemente destes fatores que influenciam o meio, a definição de bacia hidrográfica como unidade de estudo é reconhecida por muitos autores, sendo este um espaço desenhado pela natureza como unidade de trabalho, a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento é de aceitação universal (Santos 2004).

Encontra-se na literatura diversas definições de bacia hidrográfica estudadas ao longo do tempo, Teodoro et al. (2007) percebem grande semelhança nas definições e considerações deste recorte espacial, que se baseiam na área de concentração de determinada rede de drenagem.

Para Santos (2004) a bacia hidrográfica é um limite nítido para ordenação territorial, constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, composto basicamente por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d'água e seus afluentes, onde os recursos naturais se integram.

Schiavetti & Camargo (2005) destacam a definição de bacia hidrográfica apresentada por Carpenter (1983) "a bacia hidrográfica abrange toda a área que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para um ponto comum ao longo de um curso d'água", qualquer parte da superfície terrestre faz parte de uma bacia hidrográfica.

A conceituação de bacia hidrográfica, segundo Machado e Torres (2012), varia desde a simplista definição de uma área drenada por um rio principal e seus afluentes até conceituações mais detalhadas, seguindo uma abordagem sistêmica. Como a definição de Lima e Zakia (2000) citado por Teodoro et al. (2007), para esses autores as bacias hidrográficas são sistemas abertos, onde há um fluxo de energia constante, que é receptada através de fatores climáticos e liberada com o deflúvio, mesmo perturbadas por ações antrópicas e/ou naturais, as bacias hidrográficas encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, ocorrerá uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico (Soares, 2015). Desse modo, a área da bacia hidrográfica tem influência sobre a quantidade de água produzida como deflúvio. A forma e o relevo, por outro lado, atuam sobre a taxa, ou sobre o regime desta produção de água, assim como a taxa de sedimentação. O caráter e a extensão dos canais (padrão de drenagem) afetam a disponibilidade de sedimentos, bem como a taxa de formação do deflúvio. Muitas destas características

físicas da bacia hidrográfica, por sua vez, são em grande parte controladas ou influenciadas pela sua estrutura geológica (Tonello, 2006).

O conceito de bacia hidrográfica proposto por Barrella et al. (2001) apud Teodoro et al. (2007), assemelha às definições propostas por vários autores, eles definem uma bacia hidrográfica ou bacia fluvial como conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes. Seu contorno é limitado pelas partes mais altas do relevo, conhecidas como divisores de águas. As águas das chuvas ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para a formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios. Em condições naturais, pode-se observar variações contínuas ao longo do curso de um rio. As cabeceiras são formadas por riachos que brotam nos terrenos íngremes das serras e montanhas. À medida que as águas dos riachos descem, juntam-se com as de outros riachos, aumentando o volume formando os primeiros rios. Estes pequenos rios continuam seu trajeto recebendo água de outros tributários, formando rios cada vez maiores até desembocar no oceano.

Para Bertoni e Lombardi Neto (1990) apud Lima e Fontes (2015), a bacia hidrográfica não se limita apenas aos cursos d'água que seccionam o relevo ou drenam uma determinada área, mas a um espaço topograficamente destinado a alimentar estes cursos d'água através dos processos de movimentação de água, uma bacia deve ser entendida como sistema geomorfológico drenado por cursos de água ou por um sistema de canais conectados que convergem, direta ou indiretamente, para um rio principal ou para um espelho de água, constituindo-se em uma unidade sistêmica ideal para o planejamento do manejo integrado dos recursos naturais. Todos os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem repercutem, direta ou indiretamente, nos rios. As condições climáticas, a cobertura vegetal e a litologia são fatores que controlam a morfogênese das vertentes e, por sua vez, o tipo de carga detrítica a ser fornecida aos rios.

Os autores Calijuri & Oliveira (2000), apud Schiavetti & Camargo (2005), consideram que a bacia hidrográfica é formada por um conjunto de microbacias e, segundo o conceito hierárquico de microbacias sobrepostas, a eficácia do manejo de qualidade de água será maior à medida que enfocarmos nas bacias de escalas menores. Santos (2004) também destaca que o tamanho da bacia tem influência sobre os resultados do estudo, sendo que as bacias menores facilitam o

planejamento, seja por razões técnicas, por tornar mais simples e efetiva a espacialização dos dados, seja por razões estratégicas, pela maior facilidade de individualizar os principais problemas, que se tornam mais centralizados ou limitados.

As bacias hidrográficas possuem tamanhos variados, as definições que envolvem as subdivisões da bacia hidrográfica, apresentam diferentes abordagens. A Lei Federal nº 9.433, de 8/1/1997 adota o conceito de sub-bacia, em seu Capítulo III, Artigo 37, quando estabelece como área de atuação dos comitês de bacia hidrográfica: I – a totalidade de uma bacia hidrográfica; II – sub-bacia hidrográfica de tributário do curso de água principal da bacia, ou de tributário desse tributário; ou III- grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas (BRASIL, 1997).

Segundo Machado e Torres (2012), uma diferenciação entre esses conceitos das subdivisões das bacias hidrográficas é feita segundo grau de hierarquização, de modo que a bacia hidrográfica refere-se à área de drenagem do rio principal, a sub-bacia abrange a área de drenagem de um tributário do rio principal e a microbacia abrange a área de drenagem de um tributário de um tributário do rio principal, como apresentado a seguir:

- Bacia hidrográfica = bacia do rio principal
- Sub-bacia = bacia de um tributário do rio principal
- Microbacia = bacia de um tributário de um tributário do rio principal
- Mini bacia = subdivisão de uma microbacia

Para se chegar a uma adequação espacial de microbacias e bacias hidrográficas, Lima e Zakia (2000) apud Teodoro et al. (2007), consideram do ponto de vista da hidrologia, a classificação de bacias hidrográficas em grandes e pequenas não é vista somente na sua superfície total, mas considerando os efeitos de certos fatores dominantes na geração do deflúvio, tendo as microbacias como características distintas uma grande sensibilidade tanto às chuvas de alta intensidade (curta duração), como também ao fator uso do solo (cobertura vegetal), sendo assim, as alterações na quantidade e qualidade da água do deflúvio, em função de chuvas intensas e ou em função de mudanças no solo, são detectadas com mais sensibilidade nas microbacias do que nas grandes bacias. Portanto, essa explicação contribui na distinção, definição e delimitação espacial de microbacias e bacias hidrográficas, sendo sua compreensão, fundamental para a estruturação de

programas de monitoramento ambiental, por meio de medições de variáveis hidrológicas, limnológicas, da topografia e cartografia com o auxílio de sistemas de informações geográficas.

Deve-se considerar outro importante conceito atribuído a microbacias, o ecológico, que considera a menor unidade do ecossistema onde pode ser observada a delicada relação de interdependência entre os fatores bióticos e abióticos, sendo que perturbações podem comprometer a dinâmica de seu funcionamento (Mosca e Leonardo, 2003 apud Teodoro et al., 2007).

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica, como afirma Tonello (2006), é função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, etc.) e do tipo de cobertura vegetal existente. Portanto, as características físicas e bióticas de uma bacia possuem papel importante nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração e quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração, os escoamentos superficial e sub-superficial. Para mais, o autor afirma que, o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica também é afetado por ações antrópicas, uma vez que, ao intervir no meio natural, o homem acaba interferindo nos processos do ciclo hidrológico.

Lima e Fontes (2015) salientam que a bacia hidrográfica é um sistema de melhor resposta aos estudos geomorfológicos, devido à dinâmica desses processos contidos na bacia hidrográfica, tal unidade tem vantagens sobre as outras unidades de planejamento definidas por outros conceitos, cujos traços dos limites, por vezes, são imprecisos, como atributos climáticos ou baseados no tipo de cobertura vegetal (Botelho, 1999 apud Lima e Fontes, 2015). Por ser uma unidade de planejamento tão complexa que abriga vários elementos naturais em constante interação, torna-se importante o estudo dos índices morfométricos, pois não se detém apenas à análise do quadro natural, mas correlaciona-o aos processos antrópicos, no que diz respeito às formas de ocupação da bacia, complementam os estudos sobre as bacias hidrográficas, sobretudo por apontar diretrizes para planejamento e a gestão de sua área (Lima e Fontes, 2015).

A análise morfométrica abrange um grande número de parâmetros que permitem melhor caracterizar o ambiente de uma bacia, sua predisposição à ocorrência de alguns eventos e sua incompatibilidade com certas atividades humanas e/ou com alguns modelos de uso e ocupação do solo. Muitos desses

parâmetros têm sido utilizados como indicadores da deterioração ambiental ao qual determinada bacia está exposta e, assim, por exemplo, seu estudo permite melhor avaliar sua susceptibilidade à ocorrência de eventos ligados aos processos erosivos e às inundações (Machado e Torres, 2012). Os autores consideram que a utilização da análise morfométrica no estudo de bacias hidrográficas é um meio complementar para explicar as interações que ocorrem entre todos os elementos da paisagem.

O estudo das características morfométricas da bacia hidrográfica é importante para se entender a dinâmica dos processos hidrológicos e auxiliar na gestão e conservação dos recursos hídricos. Procura-se entender a relação solo-superfície, em decorrência dos processos erosivos sobre estruturas e litologias variadas (Tonello, 2006). Diversos estudos confirmam a eficácia para a sistematização dos parâmetros morfométricos sugeridos por Christofolletti (1980) apud Rocha e Leite (2016), diante da proposta de análise da caracterização morfométrica, propicia a caracterização do nível de desenvolvimento da rede de drenagem, assim como o estágio de atividade erosiva da bacia.

As tecnologias de geoprocessamento, em constante desenvolvimento, tem se mostrado eficiente ferramenta de auxílio à gestão de recursos hídricos. As imagens de satélites e arquivos digitais em diferentes formatos são fontes de dados indispensáveis, que permitem menor custo e redução de tempo em trabalhos de campo (Silva Neto et al., 2013).

Os anos posteriores à década de 1960, segundo Leite e Rocha (2015), presenciaram o surgimento e desenvolvimento dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), o qual se constituiu como fator determinante para automatização de tarefas no âmbito dos estudos geomorfológicos, deixando de ser o uso exclusivo de métodos manuais para determinação de propriedades morfométricas a partir de mapas topográficos. Diante da vasta potencialidade operacional oferecida pelos SIGs, pode-se obter a extração automática dos parâmetros morfométricos, delimitação da bacia hidrográfica, monitoramento da evolução dos fenômenos, realização de mapeamentos em diversas escalas.

Na literatura encontra-se uma gama de estudos voltados para a caracterização de bacias hidrográficas utilizando a geotecnologia. O SIG está sendo aberto a uma nova perspectiva, sendo utilizado na avaliação e morfometria de bacia hidrográfica com grande precisão. A inserção de informações de relevo em ambiente

SIG permite o conhecimento de características em qualquer bacia hidrográfica (Lopes et al., 2018).

As informações de relevo são representadas por uma estrutura numérica de dados correspondente à distribuição espacial da altitude e da superfície do terreno, denominada “Modelo Digital de Elevação” (MDE). Esses modelos são obtidos por meio da interpolação de curvas de nível extraídas de uma carta topográfica ou através de imagens de sensores remotos. O MDE vem sendo utilizado em estudos de recursos hídricos, como na determinação do limite de uma bacia hidrográfica, no delineamento de redes de drenagem, cálculo de declividade, altitude, na verificação de direção de fluxo do escoamento superficial e como parte de modelos hidrológicos (Oliveira et al., 2010).

Para o gerenciamento de recursos naturais, especificamente, os recursos hídricos, as imagens orbitais são fontes de dados extremamente importantes. Entre os dados orbitais que podem ser muito utilizados para o trabalho em bacias hidrográficas, estão os dados *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Esses dados são exemplos de imagens obtidas através de satélites e procedentes de levantamentos realizados pela NASA e outros órgãos internacionais, que abrangem mais de 80% do globo terrestre. Referem-se aos dados de altimetria cujos locais onde as informações espaciais são escassas, os mesmos têm auxiliado em estudos do relevo e de recursos hídricos (Silva Neto, 2013).

Atualmente existem vários *softwares* disponíveis para tratamento das informações espaciais e para aplicação das técnicas de geoprocessamento, tanto gratuito e/ou livres bem como comerciais. Uma definição ampla e universal aborda SIG como sendo um sistema integrado para capturar, armazenar, manipular, analisar e exibir informações referentes às relações de natureza geográfica (Silva Neto, 2013).

A análise morfométrica é um ponto de partida para estudos referentes à dinâmica ambiental, a diversidade de metodologias disponíveis e possíveis de serem realizadas, assim como a grande disponibilidade de dados *softwares* e referências, torna sua realização mais acessível (Moreira e Serra, 2017).

Segundo Tonello (2006), a caracterização morfométrica tem por objetivo obter índices quantitativos, uma vez que, a análise qualitativa é insuficiente para identificação de homogeneidades, em relação aos fatores que influenciam as formas do relevo. Com a análise das características morfométricas procura-se entender a

relação solo-superfície, em decorrência dos processos erosivos sobre estruturas e litologias variadas.

Machado e Torres (2012) consideram fundamental o estudo detalhado de uma bacia hidrográfica, para que se promova um manejo adequado de seus recursos, destacando os hídricos. Para os autores é necessário conhecer a dinâmica própria da bacia para entender as interações que ocorrem entre os vários elementos, envolvendo, entre outros, a dinâmica das drenagens superficiais, os elementos da topografia local, as características físicas e as intervenções da sociedade. É importante ressaltar que nenhum desses elementos, isoladamente, deve ser entendido como capaz de simplificar a complexa dinâmica da bacia.

2.1 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS

A morfometria da microbacia é ferramenta essencial de diagnóstico da suscetibilidade à degradação ambiental, expressa a disposição, o tamanho e a forma do percurso de cada segmento de rio, a densidade e o modo de distribuição de toda a rede de drenagem do terreno (Strahler, 1957; França, 1968) apud (Zanata, et al, 2011). Segundo Christofolletti (1980), a análise de bacias hidrográficas começou a apresentar caráter mais objetivo a partir de 1945, com a publicação do trabalho de Robert E. Horton, que procurou estabelecer as leis do desenvolvimento dos rios e de suas bacias, cabe a ele a primazia de efetuar a abordagem quantitativa das bacias de drenagem, sem deixar de citar a influência exercida por Arthur Strahler.

A metodologia proposta por Christofolletti (1980) para a determinação das variáveis morfométricas, utilizada em vários estudos nesta temática, sugere que os índices e parâmetros do estudo analítico sejam abordados em quatro itens fundamentais: hierarquia fluvial, análise linear, análise areal e análise hipsométrica, conforme o Quadro 1.

Quadro 1- Relação das variáveis morfométricas, propostas por Christofolletti (1980)

Hierarquia fluvial	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ordem da bacia
Análise linear (rede hidrográfica)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Comprimento do rio principal ✓ Relação de bifurcação ✓ Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem ✓ Extensão do percurso superficial ✓ Índice de sinuosidade
Análise areal (medições planimétricas)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Área da bacia ✓ Perímetro ✓ Comprimento axial da bacia ✓ Forma da bacia <ul style="list-style-type: none"> • Índice de circularidade, • Índice de conformação, • Índice de compacidade ✓ Densidade hidrográfica ✓ Densidade de drenagem ✓ Coeficiente de manutenção
Análise hipsométrica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Curva hipsométrica ✓ Declividade da bacia <ul style="list-style-type: none"> • Declividade mínima • Declividade média • Declividade máxima ✓ Amplitude altimétrica da bacia <ul style="list-style-type: none"> • Altitude mínima • Altitude máxima • Altitude média ✓ Relação de relevo ✓ Índice de rugosidade

Fonte: Adaptado de Christofolletti (1980) citado por Moreira e Serra (2017)

➤ Hierarquia Fluvial

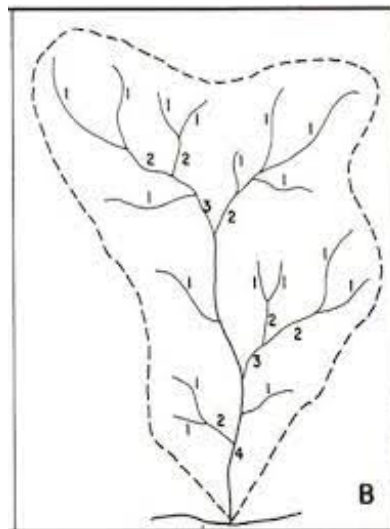
Segundo Christofolletti (1980), a hierarquia fluvial corresponde ao ordenamento de canais, consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso d'água no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra, esse parâmetro mostra a capacidade de drenagem e de transporte de sedimentos da bacia. A ordem dos canais ou rios é uma classificação que reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia hidrográfica (Machado e Torres, 2012).

Nas primeiras décadas do século XX, o hidrólogo Robert Horton propôs um critério para hierarquizar cursos d'água. Este critério foi, posteriormente, modificado

por Arthur Strahler (1957), e passou a ser conhecido como ordem do curso d'água, introduzindo um sistema de hierarquia fluvial que se destaca como o mais utilizado. Para ele os menores canais, sem tributários, são considerados como de 1ª ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de 2ª ordem surgem da confluência de dois canais de 1ª ordem, e só recebem afluentes de 1ª ordem; os canais de 3ª ordem surgem da confluência de dois canais de 2ª ordem, podendo receber afluentes de 2ª e 1ª ordens; os canais de 4ª ordem surgem da confluência de dois canais de 3ª ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores, e assim sucessivamente (Christofolletti, 1980).

Segundo o referido autor, a análise morfométrica das bacias hidrográficas se inicia pela ordenação dos canais fluviais com o objetivo de obter a hierarquia fluvial, em seguida processa-se a análise dos aspectos lineares, areais e hipsométricos.

Figura 1- Ordem ou hierarquia das bacias hidrográficas, segundo Strahler (1957).



Fonte: Christofolletti, 1980

➤ **Análise Linear**

Na análise linear são determinados os parâmetros morfométricos que se referem à rede de drenagem da bacia, cujas medições necessárias são efetuadas ao longo das linhas de escoamento (Christofolletti, 1980).

- **Comprimento do Rio Principal (L)**

O comprimento do rio principal corresponde à distância que se estende ao longo do curso d'água, desde a desembocadura (foz) até determinada nascente. Christofolletti (1980) sugere alguns critérios, para definir o curso d'água principal, sendo eles:

I. Em cada bifurcação, a partir da desembocadura, optar pelo ligamento de maior magnitude;

II. Curso d'água mais longo, da desembocadura da bacia até determinada nascente, medido como a soma dos comprimentos dos seus ligamentos;

III. Em cada confluência, a partir da desembocadura, seguir o canal fluvial montante situado em posição altimétrica mais baixa até atingir a nascente do segmento de primeira ordem localizada em posição altimétrica mais baixa, no conjunto da bacia.

O autor sugere o segundo critério, de curso d'água mais longo, é prático e se inter-relaciona com a análise dos aspectos morfométricos e topológicos das redes de drenagem. Os resultados obtidos através dos diversos critérios são pequenas diferenças, mas que podem ser significantes para pequenas bacias. Já Tucci (2003) apud Machado e Torres (2012), define o rio principal como aquele que drena a maior área no interior da bacia hidrográfica.

- **Relação de bifurcação (R_b)**

Segundo Christofolletti (1980), a relação de bifurcação foi definida por R. E. Horton (1945) como sendo a relação entre o número total de segmentos de determinada ordem (N_u) e o número total dos segmentos de ordem imediatamente superior (N_{u+1}), acatando o sistema de ordenação de Strahler, sendo a letra "u" representando cada ordem de canal. A expressão para o cálculo é representada pela equação 1:

$$R_b = N_u / N_{u+1} \quad (\text{Equação 1})$$

Baseando-se na análise da relação de bifurcação, Horton (1945) expressou uma das leis da composição da drenagem, lei do número de canais, que pode ser enunciada da seguinte maneira:

“Em uma determinada bacia, a soma dos números de canais de cada ordem forma uma série geométrica inversa, cujo primeiro termo é a unidade de primeira ordem e a razão é a relação de bifurcação” (Christofolletti, 1980).

Dessa forma, a premissa apresentada conclui que o número de canais de uma dada bacia decresce das ordens inferiores para as superiores.

Estudos realizados por Horton (1945) apud Leite e Rocha (2016), apontaram que valores de relação de bifurcação próximos a 2 remetem a superfícies planas ou levemente onduladas, enquanto índices maiores que 3 ou 4 a área inclinadas ou altamente dissecadas.

- **Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (RL_m)**

A relação entre o comprimento médio dos canais corresponde à razão entre o comprimento médio dos canais de determinada ordem (L_{m_u}) e o comprimento médio dos canais de ordem imediatamente inferior ($L_{m_{u-1}}$), representada pela equação 2:

$$RL_m = L_{m_u} / L_{m_{u-1}} \quad (\text{Equação 2})$$

Segundo Christofolletti (1980), tal relação entre o comprimento médio dos canais foi inicialmente feito por Horton (1945), o que propiciou ao autor expressar outra lei básica da composição da drenagem, na qual diz:

“Em uma determinada bacia os comprimentos médios dos canais de cada ordem ordenam-se segundo uma série geométrica direta, cujo primeiro termo é o comprimento médio dos canais de primeira ordem, e a razão é a relação entre os comprimentos médios”.

Assim, de forma inversa em relação ao sentido de aumento do número de segmentos e declividade dos canais, o comprimento tende a ser maior nas ordens superiores (próximas à foz), em relação aos canais de ordens inferiores próximos às nascentes (Leite e Rocha, 2016).

Para determinar o comprimento médio dos segmentos fluviais, L_m , divide-se a soma dos comprimentos dos canais de cada ordem L_u pelo número de segmentos encontrados na respectiva ordem N_u , usando a equação 3:

$$L_m = L_u / N_u \quad (\text{Equação 3})$$

- **Extensão do percurso superficial (Eps)**

A extensão do percurso superficial (Eps) corresponde a uma das mais importantes variáveis morfométricas, na qual descreve o grau de desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico das bacias de drenagem. Segundo Christofolletti (1980), o referido índice descreve o comprimento do trajeto superficial (enxurradas)

a ser percorrido pelo escoamento desde o interflúvio até o canal permanente. Observa-se através da equação 4 que a extensão do percurso superficial (Eps) corresponde ao inverso do dobro da densidade de drenagem (Dd):

$$Eps = 1 / 2 Dd \quad (\text{Equação 4})$$

- **Índice de Sinuosidade (I_s)**

O índice de sinuosidade é parâmetro utilizado para distinção entre os canais meândricos e os não meândricos, descrito por Christofolletti (1980), corresponde à relação entre o comprimento do canal principal (L) e a distância do eixo do vale, isto é, distância dos pontos extremos do curso principal, a distância vetorial (D_v), expresso pela equação 5:

$$I_s = L/D_v \quad (\text{Equação 5})$$

Lana, Alves e Castro (2001) afirmam que valores próximos a 1 associam a canais retilíneos, e valores superiores a 2 se referem a canais tortuosos. Os autores consideram que a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais. Relaciona-se com velocidade de escoamento nos canais de drenagem, podendo também estar relacionado com a capacidade de erosão.

- **Análise Areal**

Análise areal indica as relações entre a rede de drenagem e seu arranjo espacial na bacia. Segundo Christofolletti (1980) estão englobados vários índices nos quais intervêm medições planimétricas, além de medições lineares, são representadas em relação à área da bacia.

- **Área da Bacia (A) e Perímetro (P)**

Segundo Dornelles e Collischonn (2018) a área é um dado fundamental para definir a potencialidade hídrica de uma bacia, uma vez que a bacia é a região de captação da água da chuva. A área da bacia (A), área de drenagem ou área de contribuição, corresponde a toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, em projeção horizontal, inclusa em seus divisores topográficos (Christofolletti, 1980). É um elemento básico para o cálculo de outras características físicas.

O perímetro da bacia (P) corresponde ao comprimento dos limites estabelecidos pelos divisores de água.

- **Comprimento Axial da Bacia (L_{ax})**

O comprimento axial da bacia hidrográfica (L_{ax}) corresponde ao comprimento do curso d'água principal (L) somado à distância de sua nascente ao divisor topográfico.

- **Forma da Bacia Hidrográfica**

A forma da bacia, segundo Tonello (2006), é importante na determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para sua saída após uma precipitação. A análise da forma da bacia visa diferenciar bacias de formato mais alongado das bacias de formato menos alongado, ou mais circular. O formato mais circular de uma bacia causaria uma natural concentração temporal do escoamento superficial, já que o escoamento de um grande número de afluentes tenderia a chegar mais ou menos ao mesmo tempo ao exutório. Em bacias alongadas, pelo contrário, predominaria o escoamento relativamente lento ao longo de um curso d'água principal, mais longo que todos os outros afluentes (Dornelles e Collischonn, 2018).

Existem vários índices para determinar a forma da bacia hidrográfica, sempre correlacionado com figuras geométricas: índice de compacidade (K_c), o índice de circularidade (I_c) e índice de conformação (F_c) (Machado e Torres, 2012).

a. Índice de Compacidade

Segundo Tonello (2006), o índice ou coeficiente de compacidade (K_c), proposto por Gravelius (1914) relaciona a forma da bacia com um círculo, constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. É um número adimensional que varia de acordo com a forma da bacia, o coeficiente menor que 1 indica que a bacia aproxima de um formato circular, indica sua susceptibilidade a enchentes, e superior a 1 indica uma bacia de formato mais alongado, sendo a bacia menos suscetível a enchentes, pode ser calculado a partir da equação 6, (Lima, 1969 *apud* Lopes et al., 2018):

$$K_c = 0,28 P / \sqrt{A} \quad (\text{Equação 6})$$

b. Índice de circularidade (I_c)

O Índice de Circularidade (I_c) é a relação existente entre a área da bacia e área de um círculo cuja circunferência teria a mesma dimensão que o perímetro da bacia, informa o quanto é circular ou alongada é a bacia hidrográfica, Granell-Pérez (2001) apud Machado e Torres (2012). Pode ser calculado pela equação 7, proposta por Miller (1953) apud Lopes et al. (2018):

$$I_c = 12,57.A / P^2 \quad (\text{Equação 7})$$

Segundo Machado e Torres (2012), o resultado de I_c é um valor adimensional que varia entre 0,0 e 1,0, sendo esse o valor máximo. Quanto mais o índice de circularidade se aproximar da unidade, mais circular será a forma da bacia, quanto mais próximo de zero for o índice de circularidade, mais estreita e alongada será a bacia.

c. Índice de conformação (Kf)

O Índice de conformação ou fator de forma (K_f) relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a área da bacia (A) e o comprimento axial da bacia (L_{ax}) determinado pela equação 8 definida por Horton, (1945) apud Lopes et al. (2018):

$$K_f = A / L_{ax}^2 \quad (\text{Equação 8})$$

- **Densidade Hidrográfica (Dh)**

Como apontado por Christofletti (1980) a densidade hidrográfica tem por finalidade comparar a frequência de cursos d'água existentes em uma área de tamanho padrão. É a relação existente entre o número de rios ou cursos de água e área da bacia hidrográfica. O referido autor destaca que esse índice foi primeiramente definido por Horton (1945), sendo calculado pela equação 9:

$$D_h = N/A \quad (\text{Equação 9})$$

Onde D_h é a densidade de rios; N é o número total de rios ou cursos d'água e A = área da bacia hidrográfica.

Utilizando a ordenação de Strahler, o número de canais corresponde à quantidade de rios de primeira ordem, pois implica que todo e qualquer rio surge de uma nascente. Christofletti (1980) considera ainda o cálculo densidade de rios importante porque representa o comportamento hidrográfico de determinada área, em um de seus aspectos fundamentais, a capacidade de gerar novos cursos de água.

- **Densidade de Drenagem (Dd)**

A densidade de drenagem (Dd) informa o comprimento, em quilômetros, de canal fluvial disponível para drenar cada unidade de área da bacia hidrográfica e, em consequência, informa também, imediatamente, sobre a disponibilidade do escoamento superficial, Granell-Pérez (2001) apud Machado e Torres (2012). Segundo Christofolletti (1980) a densidade de drenagem foi inicialmente definida por Horton (1945), podendo ser calculada pela equação 10:

$$Dd = L_T / A \quad (\text{Equação 10})$$

Sendo: Dd = Densidade de drenagem expressa em Km/Km²; L_T = Comprimento total dos canais, expressa em Km e A = Área da bacia hidrográfica, expressa em Km².

Beltrame (1994) destaca que, ao avaliarmos a densidade de drenagem conhecemos o potencial da bacia e de seus setores em permitir maior ou menor escoamento superficial da água, o que conseqüentemente conduzirá a uma maior ou menor intensidade dos processos erosivos na esculturação de canais. O Quadro 2, elaborado por Beltrame (1994), apresenta uma classificação para valores de densidade de drenagem (Dd).

Quadro 2- Classificação dos valores de densidade de drenagem (Dd)

Dd (km/Km ²)	Qualificação da Densidade de Drenagem
Menor que 0,50	Baixa
De 0,50 a 2,00	Mediana
De 2,01 a 3,50	Alta
Maior que 3,50	Muito alta

Fonte: Adaptado de Beltrame (1994, p.84)

- **Coefficiente de Manutenção (Cm)**

O coeficiente de manutenção (Cm) proposto por Schumm (1956) apud Christofolletti (1980) tem por finalidade fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, considerado um dos mais importantes para a caracterização do sistema de drenagem. É o inverso da densidade de drenagem (Dd), indicando assim a área necessária para manter ativo um quilômetro de canal fluvial, representado na equação 11:

$$Cm = 1/Dd \quad (\text{Equação 11})$$

➤ **Análise Hipsométrica**

Segundo Christofolletti (1980) a hipsometria estuda as inter-relações existentes em uma unidade horizontal de espaço quanto a sua distribuição em relação às faixas altitudinais, permitindo obter a declividade da bacia, que pode revelar a intensidade do risco da bacia a processos erosivos. O autor destaca que em 1952, Arthur N. Strahler sintetizou os princípios da análise hipsométrica para o estudo das bacias fluviais.

- **Curva Hipsométrica**

A curva hipsométrica representa graficamente o relevo da bacia hidrográfica, tem a finalidade de exprimir a maneira pela qual o volume rochoso situado abaixo da superfície topográfica está distribuído desde o topo até a base (Christofolletti, 1980).

- **Declividade média (Dm)**

A declividade média (Dm) constitui importante parâmetro para identificar as bacias, ou parte delas, mais vulneráveis a processos erosivos. A declividade controla em grande medida a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando assim a maior ou menor infiltração da água, oportunizando picos de inundação e/ou a maior suscetibilidade de erosão dos solos. Valores maiores de declividade média identificam bacias com maior vulnerabilidade de sofrerem erosão por escoamento hídrico superficial, em função da declividade (Machado e Torres, 2012). A declividade do terreno é expressa como a variação de altitude entre dois pontos do terreno, em relação à distância que os separa.

Tonello (2006) destaca a declividade média de uma bacia hidrográfica como relevante no planejamento ambiental, tanto para o cumprimento da legislação quanto para garantir a eficiência das intervenções do homem no meio e possui importante papel na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo.

- **Relação de Relevo (Rr)**

A relação de relevo (Rr) permite comprovar o quanto o relevo é suave ou ondulado. Foi inicialmente proposta por Schumm (1956) apud Christofolletti (1980),

onde estabelece a razão entre amplitude altimétrica máxima de uma bacia (ΔH) e o comprimento do canal principal (L), podendo ser calculada através da equação 12:

$$Rr = \Delta H / L \quad (\text{Equação 12})$$

- **Índice de Rugosidade (Ir)**

O índice de rugosidade (Ir), (*ruggednes number* – RN), é definido por Machado e Torres (2012) como um parâmetro morfométrico que coloca em relação à disponibilidade do escoamento hídrico superficial, expresso pela densidade de drenagem (Dd), com seu potencial erosivo, expresso pela amplitude altimétrica (AH), conforme equação 13, proposta por Christofolletti (1980):

$$Ir = Dd \times AH \quad (\text{Equação 13})$$

3 METODOLOGIA

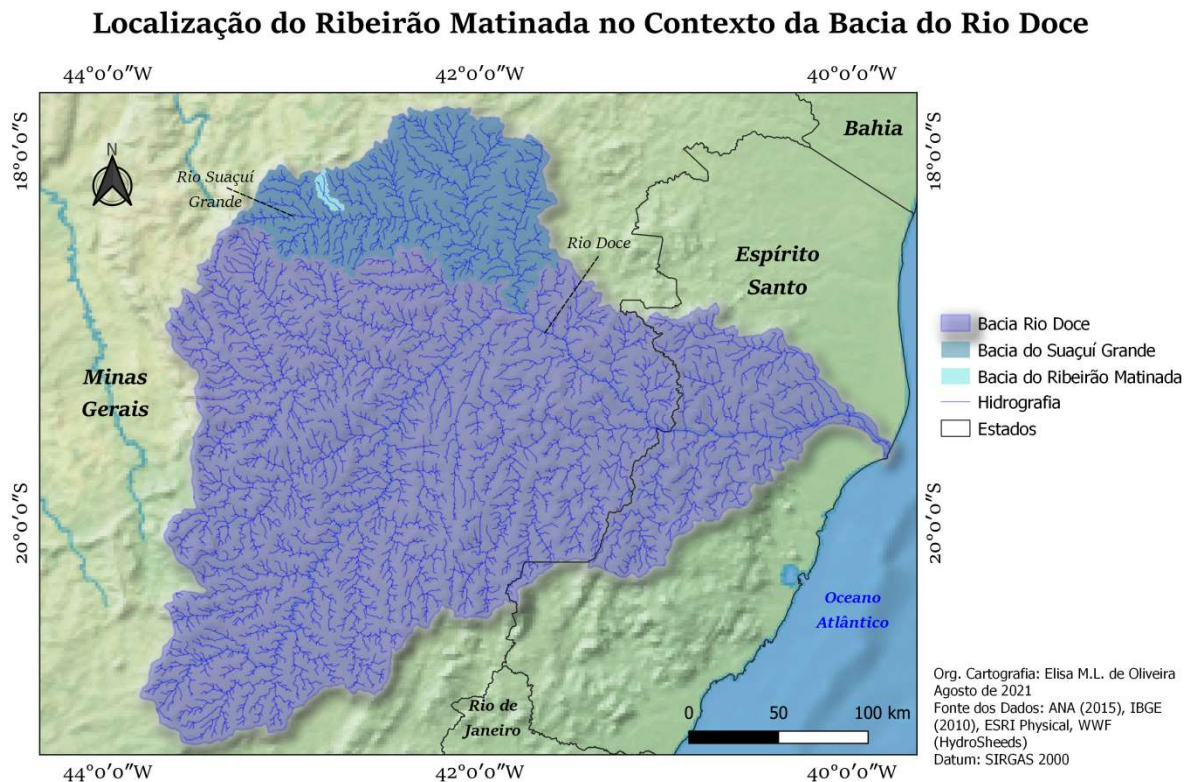
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo selecionada foi a microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada, localizada no Município de Coluna, Minas Gerais. A escolha da microbacia hidrográfica como área de estudo fez-se necessária, pois, esta é usada frequentemente nos estudos ambientais, como unidade de análise, pois se constitui como um sistema natural bem definido no espaço. A microbacia em estudo está totalmente inserida nos limites do município, é uma pequena bacia hidrográfica. Como afirma Santos (2004), para uma pequena bacia hidrográfica a espacialização dos dados são mais simples, assim como a individualização dos problemas ambientais e se possível pode-se reproduzir para bacias hidrográficas de outras dimensões.

3.1.1 LOCALIZAÇÃO

A microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada, está inserido inteiramente no Município de Coluna, Minas Gerais, localizado na mesorregião administrativa do Vale do Rio Doce e na porção norte da microrregião de Guanhães, distante 366 km de Belo Horizonte (Figura 2). O Município de Coluna localiza-se a 18°14'02''S e 42°50'24''W (Coordenadas Plano-Retangulares – UTM - 7982596,6 m N e 728404,6 m E – Fuso 23) com a sede a uma altitude de 650 m. Segundo dados do IBGE, a população total do município foi estimada para o ano de 2021, em 8.810 habitantes. No Censo de 2010, a população urbana correspondia a 3.814 habitantes e a rural a 5.210 habitantes (IBGE-CIDADES, 2022). A área territorial do município equivale a 348,49 Km² (IBGE, 2022).

Figura 2. Mapa de localização da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG



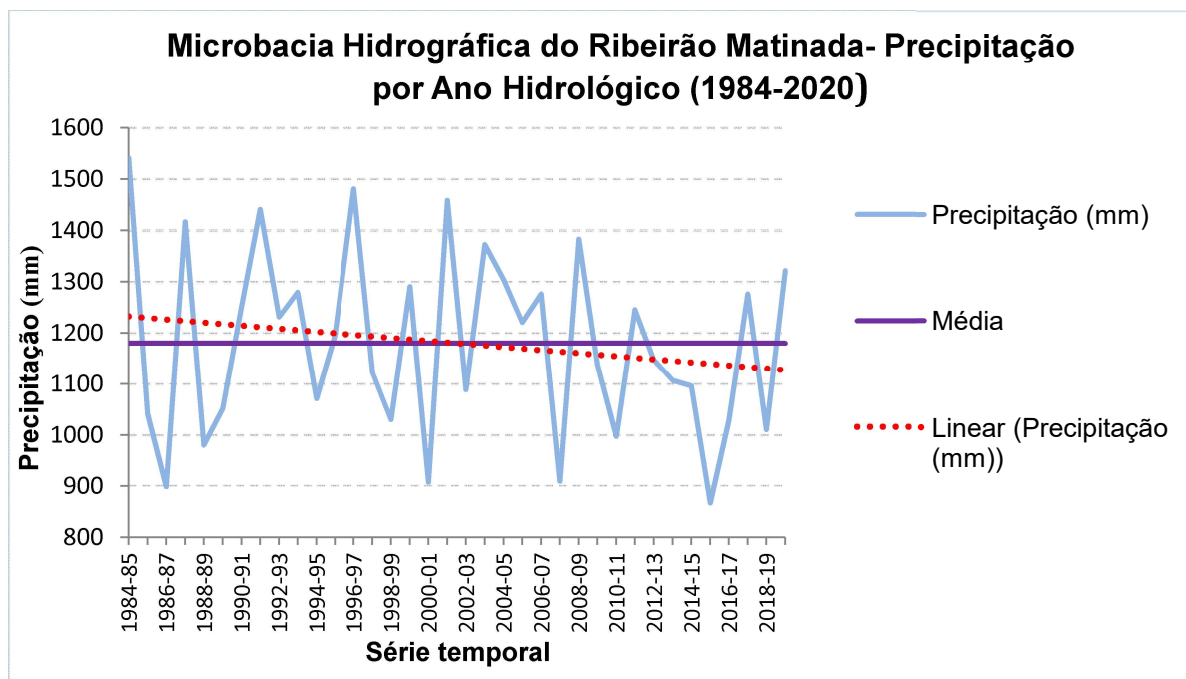
3.1.2 CLIMA

A área de estudo localiza-se na área de domínio climático de clima tropical úmido-seco ou tropical do Brasil central, pela classificação climática de Köppen está no grupo de climas tropicais chuvosos, clima de savana Aw, com multiplicidade de tempo durante o ano, os quentes e úmidos concentrados no verão e os frios e secos concentrados no inverno (EMBRAPA, SD).

Apresenta a formação de um subtipo climático típico do clima tropical alternadamente úmido e seco, as precipitações médias anuais estão situadas em torno de 1.180 mm, como mostra o Gráfico 1. A partir da elaboração do Gráfico 1, na qual é apresentada uma série temporal das médias anuais de precipitação, correspondentes à séries anuais no período de 35 anos hidrológicos, entre 1984/1985 a 2019/2020, pode-se observar uma linha de tendência na diminuição da precipitação, percebendo uma queda linear no volume de precipitações anuais

nesse período. No início da série histórica, no ano hidrológico de 1984/1985 o volume de precipitação era de 1541,7 mm, e no último ano hidrológico, em 2019/2020, observa-se que o volume de precipitação está em 1321,6 mm, conforme a tabela de precipitação por ano hidrológico da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matrinada (tabela 1). Tal fato pode ser percebido na redução de volume nos cursos d'água ao longo dos anos e alguns até esgotados nas cabeceiras.

Gráfico 1. Precipitação por Ano Hidrológico (1984-2020)



Fonte: Chirps – 2.0, elaborado pela autora.

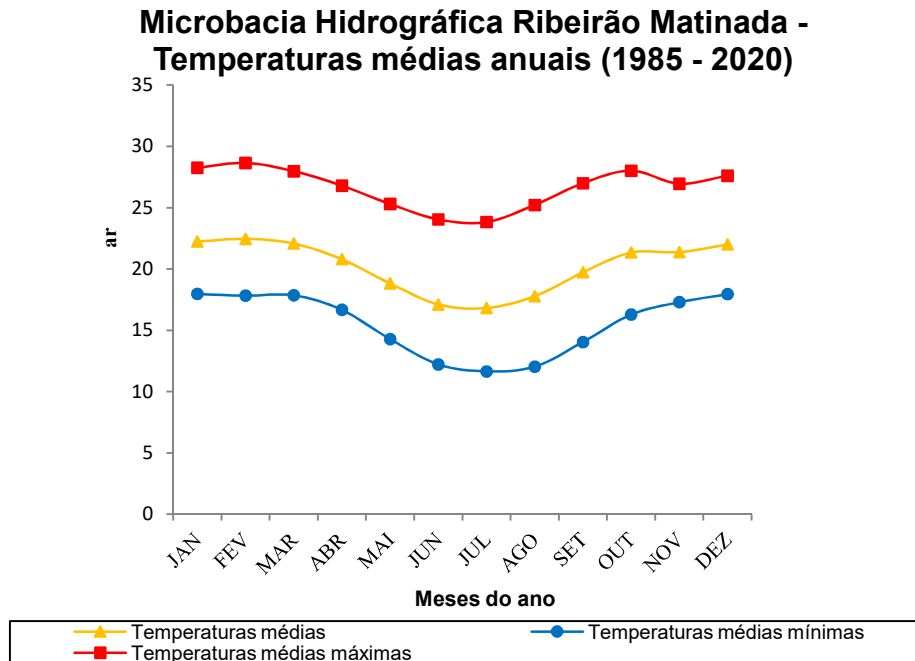
Os verões apresentam-se quentes e chuvosos, podendo a temperatura média atingir 28°C nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março e o índice pluviométrico com média de precipitação em torno de 230 mm em dezembro. O inverno é marcado pela estação seca e fria, sendo os meses de junho, julho e agosto os mais secos, apontam médias de precipitação que variam de 5 a 8 mm por mês. No mês de julho tem-se o registro das temperaturas mais baixas, em torno de 11°C, já os dias são mais quentes, com temperaturas próximas de 24°C. Percebe-se que no inverno, mais precisamente nos meses de julho e agosto, a amplitude térmica mais intensa, com oscilação de temperatura entre 12°C e 13°C, representadas nos Gráficos 2 e 3.

Tabela 1. Precipitação por Ano Hidrológico (1984 – 2020) da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG

Ano Hidrológico	Soma de Precipitação (mm)	Ano Hidrológico	Soma de Precipitação (mm)
1984-85	1541,7	2002-03	1088,8
1985-86	1041,0	2003-04	1372,4
1986-87	899,1	2004-05	1303,8
1987-88	1416,9	2005-06	1220,4
1988-89	980,1	2006-07	1276,3
1989-90	1051,9	2007-08	909,6
1990-91	1252,0	2008-09	1383,2
1991-92	1441,1	2009-10	1137,6
1992-93	1230,9	2010-11	997,5
1993-94	1279,0	2011-12	1245,7
1994-95	1070,7	2012-13	1147,5
1995-96	1195,7	2013-14	1106,7
1996-97	1481,5	2014-15	1096,1
1997-98	1122,0	2015-16	867,2
1998-99	1029,5	2016-17	1028,5
1999-00	1290,6	2017-18	1276,1
2000-01	907,7	2018-19	1010,5
2001-02	1459,1	2019-20	1321,6

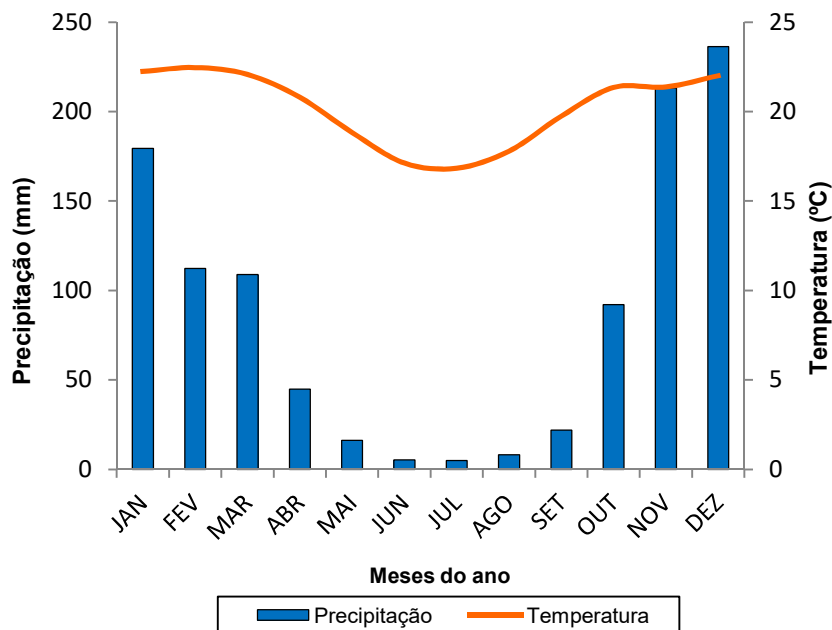
Fonte: Chirps - 2.0, elaborado pela autora

Gráfico 2. Temperaturas Médias Anuais (1985-2020)



Fonte: Elaborado pela autora, com dados do INMET

Gráfico 3. Climograma para a Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG (1985-2020)

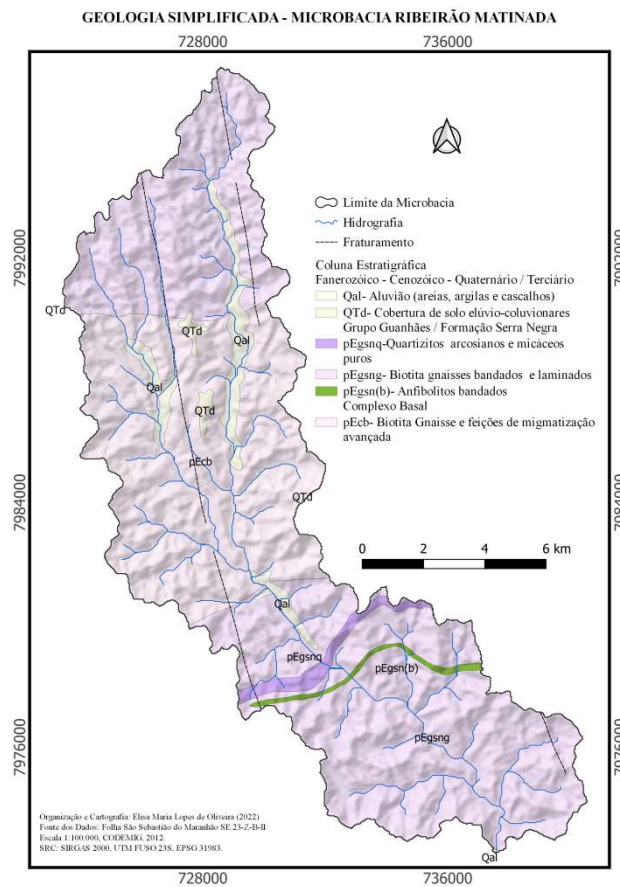


Fonte: Elaborado pela autora, com dados do INMET

3.1.3 GEOLOGIA

O Município de Coluna posiciona-se numa área transicional entre mesorregião do Vale do Rio Doce e a mesorregião do Vale do Jequitinhonha, onde se encontra um pequeno braço do complexo oriental do Espinhaço, com características do domínio pedobioclimático de “mares de morros florestados”, mas prevalece no Município o domínio do Planalto do Rio Doce. É constituído por rochas do complexo granito-gnáissico, de idade arqueana com rochas gnáissicas de origem metamórfica e/ou sedimentar de médio grau metamórfico e rochas graníticas desenvolvidas durante o tectonismo.

Figura 3. Mapa de Geologia Simplificada da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG



A área geológica da microbacia do Ribeirão Matizada, representada no mapa acima (figura 3), pertence ao Grupo Guanhães, de idade proterozóica inferior à arqueana, restringindo-se à formação Serra Negra, subdividida em dois membros, Superior e Inferior. As características do Grupo Guanhães na folha São Sebastião do Maranhão indicam que as suas rochas fazem parte de um único pacote de origem metassedimentar e, localmente vulcânica. Devido ao seu caráter metassedimentar as rochas são reunidas em uma única formação, denominada Formação Serra Negra, em virtude de proeminência da serra homônima e da ocorrência de afloramentos típicos da formação em toda a extensão da serra (Barrs e Fonseca, 1997).

Figura 4. Porção norte da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, ao fundo a Serra Negra



Fonte: Foto da autora, 2007

A microbacia do Ribeirão Matizada apresenta uma área geológica caracteristicamente erosional, do sistema de drenagem da Folha de São Sebastião do Maranhão, observa-se que trechos do curso d'água formado por aluviões (areias, argilas e cascalhos) atribuídas idades do quaternário cenozóico, correspondendo a aproximadamente 4% da área total da microbacia, 7 km² em trechos do Ribeirão Matizada e em um dos seus principais afluentes, no Córrego do Jácome, predominam nas partes baixas e planas da bacia. Segundo Barrs e Fonseca (1997), os sedimentos desses aluviões são tipicamente argilo-arenosos, um tanto compactados em vales abertos e largos, com mostra a figura 5.

Figura 5- Planície aluvial do Ribeirão Matizada, Coluna/MG



Fonte: Foto da autora, 2022

Presença de coberturas de solos elúvio-coluvionares, laterizados, em superfícies de aplainamento, atribuídas ao quaternário-terciárias, correspondendo a menos de 1% da área total da microbacia. Corresponde a estreitos restos de chapadas elúvio-coluvionares que foram preservados em algumas porções da folha São Sebastião do Maranhão (Barrs e Fonseca, 1997).

A microbacia apresenta aproximadamente 58% de sua área geológica correspondente ao membro inferior da Formação Serra Negra, que contém biotita gnaisses bandados e laminados, localmente milonitizados e migmatizados, correspondendo a trechos ao norte e ao sul da bacia, cuja área é aproximadamente 93 km² da microbacia. Macroscopicamente, biotitas gnaisses bandados são compostas por quartzo incolor e transparente, plagiocásio branco e cinza, K-feldspato cinza médio em pequena proporção, biotita marrom escura a preta em planos de foliação e raramente associada a uma lineação mineral (Barrs e Fonseca, 1997). No trecho central da microbacia, correspondente a aproximadamente 35% de sua área, pertence ao Complexo Basal, afloramentos de rochas mal preservadas, compostas por biotita gnaisses, localmente milonitizados, com bandamento nebulítico e feições de migmatização avançada, são caracteristicamente de granulação média a grossa, são rochas mais antigas do que as do Grupo Guanhões (Barrs e Fonseca, 1997).

3.1.4 GEOMORFOLOGIA E PEDOLOGIA

Os relevos desenvolvidos nestes tipos litológicos formam na área da microbacia agrupamentos de colinas policonvexas, popularmente chamadas de

“morros em meia-laranja” ou ainda em uma classificação regional proposta pelo geógrafo Aziz Ab Saber de “Mares de Morros”.

“Os Mares de Morros são característicos de regiões soerguidas do leste atlântico sobre rochas predominantemente granito/gnáissicas. Possuem distribuição geográfica sazonal e afetam vários níveis de topografia que podem variar de 100 m a 1.300 m de altitude no Brasil de Sudeste” (AB’Saber, 2003).

Estes conjuntos colinosos na microbacia apresentam-se morfologicamente ondulados e fortemente ondulados com a distribuição altimétrica entre 700 m a 1.050 m. A ação do intemperismo nas rochas propicia(ou) a formação de vales encaixados com muitos cursos d’água. No fundo destes vales, de relevo plano se encontra com certa abundância material de origem sedimentar (e inconsolidados), como areia e cascalho, que são oriundos do processo de erosão, tal formação pode ser observada na figura 6.

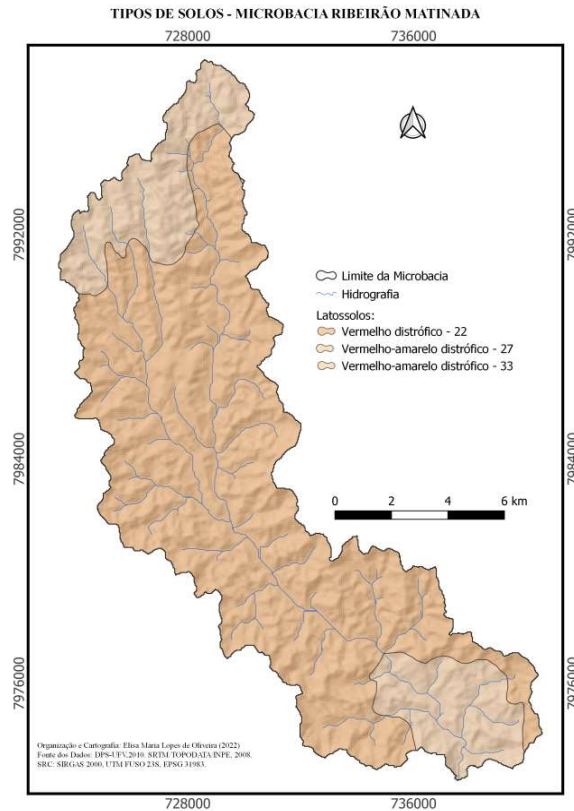
**Figura 6- Mares de Morros Florestados, Microbacia Hidrográfica do Ribeirão
Matinada, Coluna/MG**



Fonte: Foto da autora, 2007

A microbacia localiza-se numa área de latossolos, sendo os solos pertencentes às classes de latossolo vermelho distrófico e latossolo vermelho-amarelo distrófico, Figura 7.

Figura 7- Mapa de Solos, Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG



Fonte: DPS – UFV, 2010

a) Latossolo Vermelho Distrófico

O latossolo vermelho distrófico (LVd22), apresenta-se com maior abrangência na microbacia do Ribeirão Matizada, ocupa uma área de 124 Km² de norte a sul da microbacia, encontrado comumente em relevo forte ondulado com declividade variando de 25 a 50%, o LVd22 caracteriza-se por ser o distrófico típico, horizonte A moderado e textura muito argilosa, associado às florestas tropicais subperenifólias, Mata Atlântica interiorana (FEAM, 2010). Os latossolos vermelhos são solos maduros, bem drenados e apresentam excesso de alumínio, tornando assim um solo mais ácido.

b) Latossolo Vermelho – Amarelo Distrófico

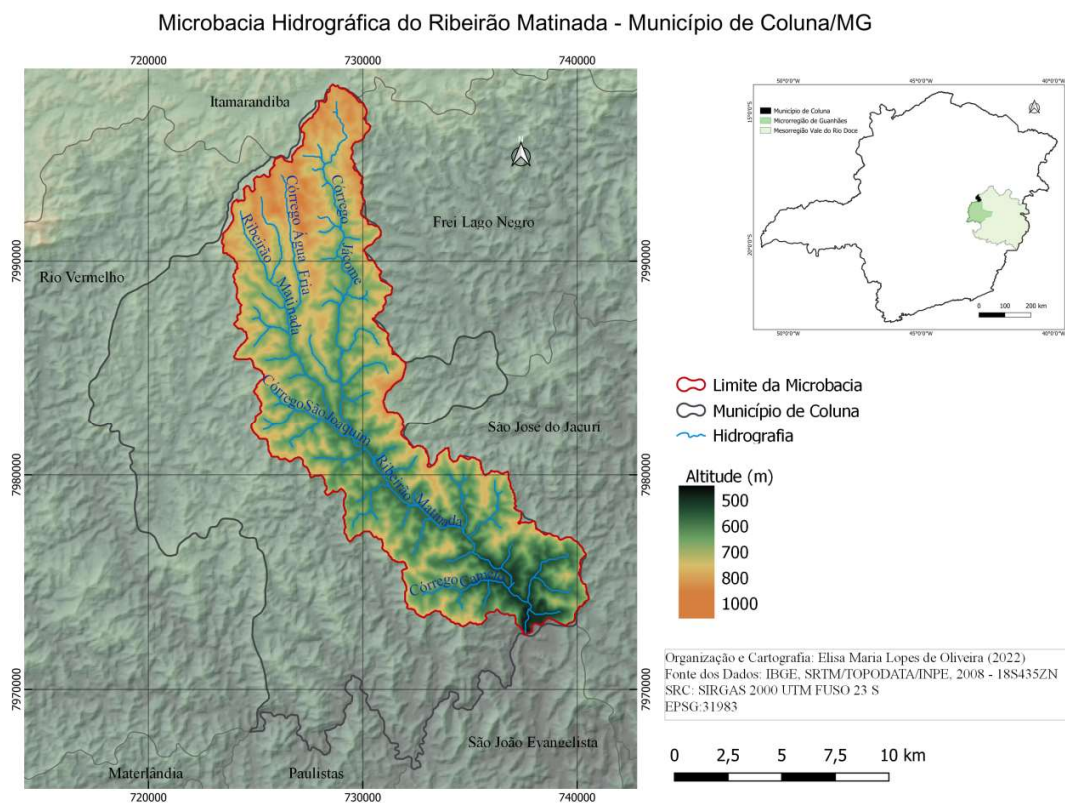
Os latossolos vermelhos-amarelos distróficos, LVAd27 e LVAd33, apresentam-se em menor abrangência nos extremos norte e sul da microbacia do Ribeirão Matizada, respectivamente, ocupando uma área de 37 km². Encontrados

comumente em relevo ondulado a forte ondulado, com declividade variando de 10 a 50%, caracterizam-se por serem distrófico típico, horizonte A moderado, textura argilosa, associado às florestas tropicais subperenifólia. Os latossolos vermelhos-amarelos são muito expressivos no domínio pedobioclimático do “Mar de Morro Florestados”, são desenvolvidos principalmente em materiais derivados de granitos, gnaisses e xistos (LEPSCH, 2002).

3.1.5 HIDROGRAFIA

A microbacia do Ribeirão Matizada encontra-se totalmente no Município de Coluna (Figura 8), com uma área drenada de 161,15 km², correspondente a 46,24% da superfície municipal. Está inserido na bacia hidrográfica do Rio Doce e na sub-bacia do Rio Suaçuí Grande.

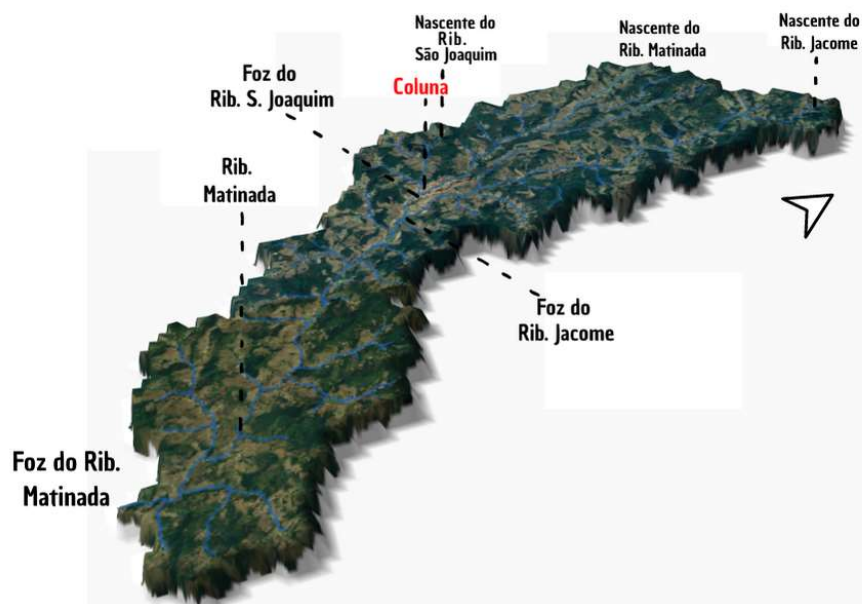
Figura 8- Mapa de Localização da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG



Fonte: Elaborado pela autora, 2021

A microbacia tem o formato alongado e as suas águas são drenadas no sentido N-S, com os principais cursos com drenagem paralela e bem encaixada no fundo dos vales, correspondendo assim ao padrão da geologia local, com ampla ocorrência de fraturamentos retilíneos no mesmo sentido, como representado no mapa de geologia, figura 3. A bacia é limitada a Norte pela Serra Negra, importante divisor entre as bacias do Doce e Jequitinhonha, a Leste pela Serra da Coluninha (1.013 m de altitude), importante marco geomorfológico local do município e ao Sul pela área de influência do Rio Suaçuí Grande, o nível de base regional.

Figura 9- Bloco diagrama - Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG.



Organização: Elaborado pela autora, 2022

Como mostra o bloco diagrama, figura 9, o Ribeirão Matizada nasce na fazenda Matizada a aproximadamente 990 m de altitude, possui 28,25 km no seu curso e deságua a aproximadamente 520 m de altitude no Rio Suaçuí Grande, próximo à divisa dos Municípios de São João Evangelista e Paulistas. Seus principais afluentes são os Córregos Blá-Blá e Água Fria que deságuam a poucos quilômetros após a sua nascente à sua margem esquerda, Córrego São Joaquim à margem direita cujas águas se encontram na sede municipal e, o mais importante, o Córrego Jácome, à margem esquerda, cuja foz está cerca de 2 km da sede do Município, próximo às margens da rodovia MG-117. O Córrego Jácome é de grande

representatividade no contexto da microbacia, pois, no mesmo há um grande número de comunidades rurais que originaram ao longo de todo o seu curso, como as comunidades do Jácome, Córrego do Jácome e Grota do Moinho.

Por estar em um domínio de colinas policonvexas, a rede hidrográfica é relativamente densa com vários pequenos cursos d'água de primeira ordem, que são amplamente aproveitados pelas comunidades e propriedades rurais distribuídas ao longo do território da microbacia. Contudo, percebe-se que vários desses cursos já foram esgotados, restando apenas canais secos, o que aparentemente indica uma má gestão dos recursos hídricos ao longo de décadas pelas atividades econômicas desempenhadas na microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada.

3.1.6 USOS DO SOLO

A cobertura da terra é considerada a expressão das atividades humanas na superfície terrestre e está diretamente ligada ao uso e manejo da terra. Os estudos que correlacionam à caracterização da cobertura da terra e a análise de seus diferentes usos e manejos, são importantes ferramentas para a compreensão da intensidade das mudanças e o tipo de mudanças em determinadas áreas (SEABRA, 2013).

Sombra (2018) considera que a análise do uso e ocupação da terra está consolidada como uma prática importante para a gestão do território, dados atualizados do uso e cobertura da terra, são fundamentais para a tomada de decisões em relação à proteção da natureza, como também para a posterior análise do êxito de tais medidas.

Na microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada a vegetação original é de domínio da Mata Atlântica, tipo de floresta úmida tropical com maior representatividade no Brasil. Porém, a vegetação sofreu influência antrópica intensa, sendo constituída por vegetação remanescente (nos topos de morro e em áreas de alta declividade), vegetação secundária e grande parte se encontra antropizada, basicamente para uso de pastagem e pecuária (Figura 10).

Figura 10- Cobertura e uso da terra, vale do Córrego Jácome, afluente do Ribeirão Matinada, Coluna/MG



Fonte: Foto da autora, 2021

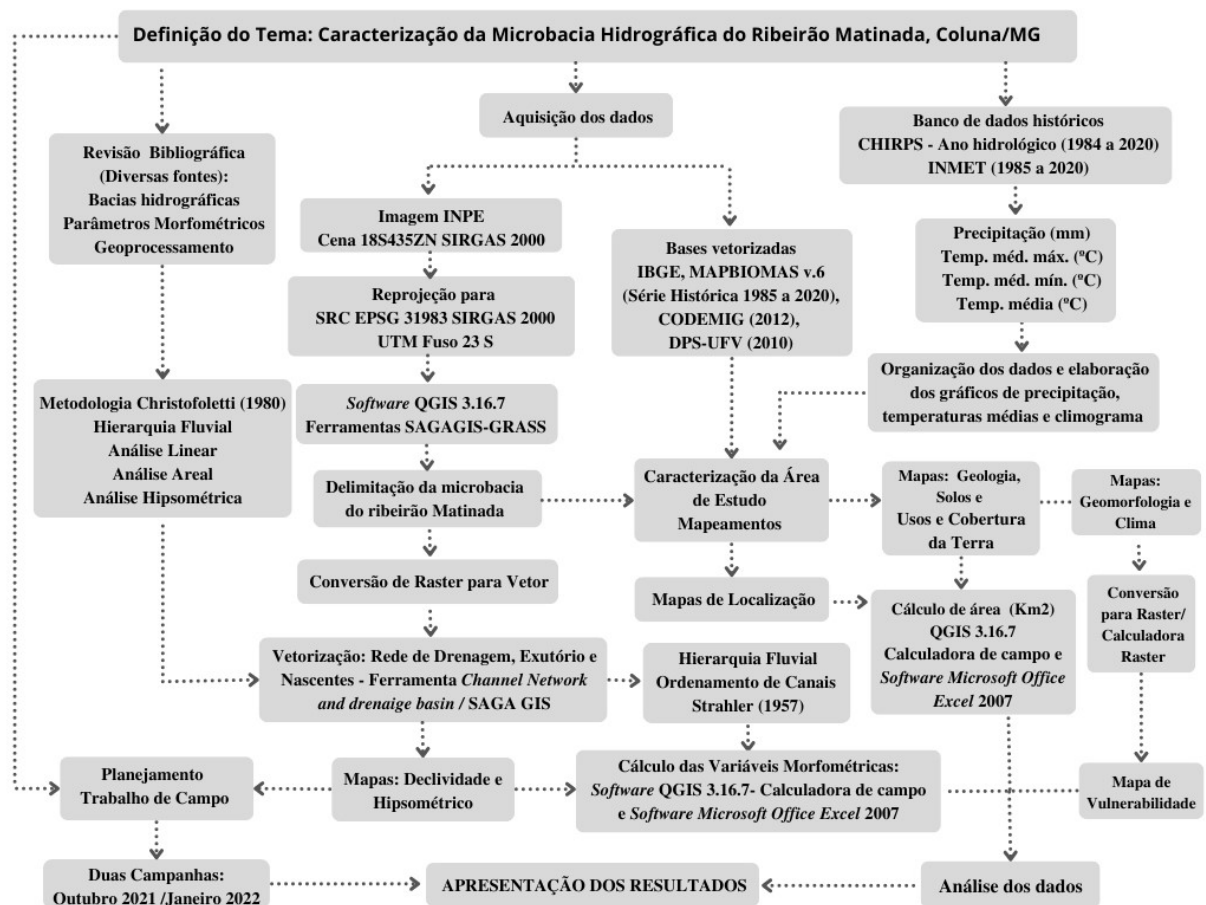
O padrão de ocupação na região é bem tradicional, como em grande parte das regiões brasileiras, onde a população se acomoda e se desenvolve nos fundos de vales ou ao longo dos cursos fluviais. Não é diferente no Município de Coluna, este padrão de ocupação se repete como em toda a região, com a retirada de madeira nativa, produção de carvão, agropecuária, que caracteriza o tipo de ocupação histórica, que promoveu a degradação dos recursos naturais em quase a totalidade da área, que se encontra em domínio da Mata Atlântica. Na atualidade, observa-se o uso ocupação do solo com pastagem para o gado, agricultura de subsistência e em expansão o plantio de eucalipto, para a retirada de madeira ou produção de carvão. Este tipo de ocupação modifica a paisagem, altera o relevo, causa compactação do solo e conseqüentemente sua erosão, assoreamento dos rios e escassez hídrica.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Os procedimentos metodológicos para o estudo foram de natureza exploratória e descritiva, através de observação em campo com apoio de máquina fotográfica e receptor GPS. A pesquisa bibliográfica, com o intuito de buscar estudos que estão na mesma linha da proposta, foi um instrumento norteador da pesquisa, com amparo nas definições e conceitos de bacias hidrográficas, em estudos de caracterização morfométrica de bacias hidrográficas e aplicação do geoprocessamento.

Na Figura 11 pode-se visualizar o organograma criado a partir da metodologia aplicada para o desenvolvimento desse Trabalho Final de Especialização, demonstrando, de maneira geral, as etapas realizadas neste estudo.

Figura 11- Organograma Metodológico da Pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

O recurso computacional utilizado foi o QGIS, versão 3.16.7, corresponde a um *Software* livre, isto é, gratuito e de código aberto, uma multiplataforma de

Sistema de Informações Geográficas (SIG) que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados. O QGIS se integra, entre outros, aos pacotes de ferramentas GRASS e SAGA GIS, nos quais foram utilizados para a delimitação da bacia hidrográfica e tratamento dos parâmetros morfométricos. As versões desses pacotes de ferramentas foram o GRASS 7.8.5 e o SAGA GIS 2.3.3.

Para a delimitação da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada foram utilizados dados altimétricos do Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido por meio do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, TOPODATA, do Instituto de Pesquisas Espaciais, INPE. O projeto oferece livre acesso a variáveis geomorfométricas locais derivadas de dados SRTM.

Após obtenção da cena 18S435ZN, referentes aos dados de altitude, foram realizadas as etapas de processamento da imagem em ambiente do Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando o *Software* QGIS v.3.16.7.

A delimitação da microbacia hidrográfica foi realizada por meio do complemento do QGIS, utilizando os pacotes de ferramentas inclusos GRASS e SAGA GIS. Cabe destacar que o QGIS possui diferentes ferramentas para desenvolver por vezes as mesmas funções de análise espacial e geração de produtos cartográficos. As ferramentas *r.watershed* e *r.outlet* do pacote GRASS delimitam a bacia hidrográfica, assim como a ferramenta *Channel Network and drenage basins* do SAGA GIS. Contudo, os resultados por vezes podem conter pequenas diferenças na superfície areal da bacia hidrográfica e também formatos distintos (raster e vetor) na apresentação dos dados de drenagem. Optou-se pela utilização conjunta dos pacotes delimitadores de bacia hidrográfica GRASS+SAGA GIS para ter o conjunto final de dados com maior confiabilidade e precisão.

Os processos utilizados para a delimitação da microbacia do Ribeirão Matizada foram os seguintes:

1. Reprojetar os dados SRTM, folha 18S435ZN, que estão originalmente em SIRGAS 2000 para o SRC EPSG 31983 – SIRGAS 2000 UTM Fuso 23S, uma vez que, para a elaboração de parâmetros morfométricos é recomendável utilizar coordenadas plano retangulares (unidades métricas).
2. Configurar o novo projeto para o estabelecimento do SRC para o EPSG 31983 e inserir o dado matricial reprojetado (18S435ZN).

3. Na caixa de ferramentas no pacote GRASS e na ferramenta *r.watershed* inserir a imagem SRTM projetada e criar os arquivos temporários, para canais de drenagem, direção de drenagem e meias bacias.

4. A delimitação da microbacia hidrográfica será na ferramenta *r.outlet*, no pacote GRASS, utilizando o arquivo de direção de drenagem e identificação do ponto do exutório na imagem.

5. O arquivo gerado será a delimitação da bacia hidrográfica em formato TIFF, é necessário fazer a conversão deste arquivo para o formato vetorial (*shapefile*).

6. Para redução da dimensionalidade da imagem, foi utilizado o arquivo em formato vetorial da bacia hidrográfica e fazer o recorte da imagem SRTM para somente à área da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada.

7. O arquivo gerado no passo 6 será utilizado como base para o SAGA GIS (também encontrado na caixa de ferramentas).

8. Para a segunda etapa da delimitação, na caixa de ferramentas, no pacote SAGA GIS, ferramenta *Fill sinks* (Wang & Liu), aplicar o filtro de correção de pixels com pontos espúrios, o arquivo corrigido será o arquivo utilizado para a delimitação.

9. Para extrair a rede de drenagem em formato vetorial, os pontos de nascentes e o exutório, também em formato vetorial, foram utilizados a ferramenta *Channel Network and drenage basin*, no pacote SAGA GIS, inserindo a imagem SRTM gerada na etapa anterior (*Fill sinks*).

10. As opções selecionadas foram canais de drenagem e junções. Os canais de drenagem gerou a hidrografia da bacia, e a partir da camada de junção gerada foram extraídas as camadas de nascentes e exutório, utilizando a calculadora de campo, na tabela de atributos, selecionando os pontos de nascentes (*Spring*) e exutório (*Outlet*).

Após a delimitação da bacia hidrográfica e a geração da rede de drenagem, utilizando o recorte SRTM, foram gerados os mapas de declividade e hipsometria através do *Software* QGIS, para verificação em campo.

Foi feito o levantamento de cobertura e uso da terra em intervalos quinquenais entre os anos de 1985 a 2020 utilizando as imagens de projeto MapBiomas Coleção 6, oriundos do satélite *Landsat*. Para a avaliação da dinâmica de cobertura e uso do solo, a cobertura vegetal foi dividida em 7 classes: formação florestal, pastagem, mosaico de agricultura/pastagem, floresta plantada, infraestrutura urbana, afloramento rochoso e outras áreas não vegetadas. Os dados

foram tratados utilizando o *Software* QGIS 3.16.7 e gerados os mapas temáticos e obtidos os valores das áreas para cada classe de uso e cobertura da terra, em quilômetros quadrados (Km²).

Foram realizadas duas campanhas em campo, nos meses de outubro de 2021 e janeiro de 2022 (meio do período chuvoso), toda a bacia hidrográfica foi percorrida para reconhecimento *in loco* de seus detalhes a respeito do uso do solo e conservação da bacia. As constatações feitas em campo por estarem explícitas visualmente e podendo ser confrontadas no mapa de uso da terra atual para ano de 2020, como áreas de formação de floresta natural, floresta plantada, mata ciliar, uso de pastagens e outros. Para registro foram tomadas fotografias.

Para os levantamentos cartográficos foram utilizados materiais disponibilizados de forma gratuita na Internet através dos órgãos públicos federais IBGE, INPE, UFV e CODEMIG. A manipulação dos dados e elaboração dos mapas temáticos, com a criação de um banco de dados geográficos, foi tratada no *Software* QGIS 3.16.7.

Os cálculos das variáveis morfométricas foram baseados na metodologia proposta por Christofletti (1980), onde o autor sugere a divisão da análise morfométrica em 4 itens fundamentais, sendo eles: hierarquia fluvial, análise linear, areal e hipsométrica. Para a realização da caracterização morfométrica da microbacia foram utilizadas ferramentas variadas do *Software* QGIS (calculadora de campo) e o *Software Microsoft Office Excel* 2007, para tabulação e aplicação das fórmulas e produção de gráficos. A geração da hierarquia fluvial, através do MDE no do pacote SAGA GIS, para a geração dos canais, junções de drenagem e segmento de fluxo, utiliza-se a ferramenta *channel network and drainage basis*. A densidade de drenagem é obtida por densidade de Kernel, o mapa é gerado através do limite da microbacia, no QGIS, onde se cria uma grade quadrangular em quilômetros quadrados (km²) e calcula o comprimento dos canais para cada quadrado, a partir da base de declividade calculada, pela estatística zonal, a média da declividade dentro do quadrado gerado, multiplica a coluna de comprimento de canais com a declividade média, obtém a rugosidade média. Após esse processo se transforma em centroide e faz a interpolação com krigagem.

Para a caracterização climática da área de estudo, foram utilizados dados de precipitação do CHIRPS, são estimativas de precipitação pluviométrica e observação de satélites. O CHIRPS foi criado em colaboração com cientistas do

USGS Earth Resources Observacion and Science (EROS), fornecendo conjuntos de dados completos e atualizados, como análise de tendências e monitoramento de secas sazonais (CHIRPS, 2022).

Em relação ao banco de dados do INMET, destaca-se a seleção de dados de precipitação e temperatura da estação meteorológica de Itamarandiba, mais próxima à área de estudo, localizada a cerca de 50 km. O objetivo era captar todos os dados da série histórica entre os anos de 1985 a 2020, no entanto, constatou-se uma descontinuidade dos dados, nos anos de 1989 e 1990 há ausência de dados, para o ano de 2003 há descontinuidade dos dados nos meses de julho a novembro. Posto isto, as variáveis coletadas do banco de dados do INMET obtidas foram: precipitação média mensal (mm/mês), média da temperatura máxima mensal (°C), média da temperatura mínima mensal (°C) e média da temperatura mensal (°C).

O método aplicado para análise de vulnerabilidade ambiental tem como referência a proposta apresentada por Crepani et al. (2001), resultante da análise integrada dos seguintes atributos: geomorfologia, geologia, solos, clima e uso da terra. O cálculo é feito pela média aritmética desses 5 fatores, conforme a equação 14, modificada da proposta pelos autores.

$$V = R + G + S + C + U / 5 \quad (\text{Equação 14})$$

Sendo:

V = Vulnerabilidade

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

G = vulnerabilidade para o tema Geologia

S = vulnerabilidade para o tema Solos

C = vulnerabilidade para o tema Clima

U = vulnerabilidade para o tema Usos da Terra

Para identificação das áreas de vulnerabilidade ambiental da área de estudo é necessário associar a potencialidade natural dos ambientes e o grau de impacto antrópico. Essa metodologia, segundo Crepani et al. (2001), foi desenvolvida a partir do conceito de Ecodinâmica (Tricart, 1977) e da potencialidade para estudos integrados das imagens de satélite que permitem uma visão sinótica, repetitiva e holística da paisagem. É feita uma classificação do grau de vulnerabilidade baseada nos processos de morfogênese, onde prevalecem os processos erosivos modificadores das formas de relevo e a pedogênese, onde prevalecem os

formadores de solos. A vulnerabilidade é expressa pela atribuição de valores de 1 a 3 para cada unidade de paisagem.

Foram atribuídos valores de vulnerabilidade a cada índice morfométrico conforme proposto por Crepani et al. (2001), para este estudo foi utilizada a escala síntese de vulnerabilidade, como mostra o Quadro 3.

Quadro 3- Intervalos de Classes de Vulnerabilidade

Grau de Vulnerabilidade	Classe
Muito Baixa	1,0 – 1,4
Baixa	1,4 – 1,8
Média	1,8 – 2,2
Alta	2,2 – 2,6
Muito Alta	2,6 – 3,0

Fonte: Crepani et al. (2001)

Dentro da escala de vulnerabilidade as unidades que apresentam maior estabilidade são representadas por valores mais próximos de 1,0 as unidades de estabilidade intermediária são representadas por valores próximos de 2,0 enquanto as unidades territoriais básicas mais vulneráveis apresentam valores próximos de 3,0.

Para determinar o fator geomorfologia (R) é necessário determinar os índices morfométricos do terreno: dissecação do relevo pela drenagem, amplitude altimétrica e declividade. O fator geomorfologia é estabelecido pela média aritmética desses 3 fatores, conforme (Equação 15):

$$R = DV + DH + D / 3 \quad (\text{Equação 15})$$

Onde:

DV = vulnerabilidade atribuída a Grau de Dissecação do Relevo

DH = vulnerabilidade atribuída a Amplitude Altimétrica

D = vulnerabilidade atribuída a Declividade

Segundo Crepani et al. (2001) essas informações relacionadas à forma de relevo permitem que se quantifique empiricamente a energia potencial disponível para o escoamento superficial “*runoff*”, isto é, transformação de energia potencial em energia cinética responsável pelo transporte de materiais que esculpe as formas de relevo.

Para a determinação da geomorfologia foram utilizados os dados do radar SRTM para a microbacia, atribuindo os valores de vulnerabilidade para as 3 variáveis (amplitude interfluvial, amplitude altimétrica e densidade), através do *Software* QGIS utilizando o complemento Estatísticas Zonais e a Calculadora de Campo, o fator geomorfologia é obtido pela média aritmética desses 3 fatores.

Para a atribuição dos valores de vulnerabilidade de cada atributo é utilizado o formato *Raster*, os mapas de geologia e solos confeccionados encontrava-se em formato *Shapfile* foram então transformados para o formato *Raster*. Após a conversão foram atribuídos os pesos de vulnerabilidade com base nos valores propostos por Crepani et al. (2001), variando de 1 a 3, utilizando a ferramenta *r.reclass*.

Para estabelecer os valores do fator clima, foi calculada a intensidade pluviométrica (IP), que corresponde à relação entre a precipitação média anual (mm) e o número de dias com chuva no mês (30 dias), conforme a equação 16, proposta por Crepani et al. (2001):

$$\text{Intensidade pluviométrica} = \frac{\text{Precipitação média anual}}{\text{Número de dias com chuva} / 30} \quad (\text{Equação 16})$$

A determinação do número de dias com chuva foi com dados da Estação de Itamarandiba, como essa estação é convencional faltam dados completos para alguns anos, optou-se por tirar a média de dias de chuva dos anos em que os dados foram completos. Os dados utilizados estão expostos na tabela 2 a seguir.

O mapa de vulnerabilidade ambiental da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada foi obtido a partir da elaboração e integração dos mapas de geomorfologia, geologia, solos, clima e usos da terra em ambiente SIG, no *Software* QGIS 3.16, foi gerado a partir da ferramenta calculadora Raster, selecionando na barra de ferramentas as opções Raster > Calculadora Raster, através da média aritmética dos 5 atributos (geomorfologia, geologia, solos, clima e usos da terra).

Tabela 2. Números de dias com chuva, dados da Estação Meteorológica de Itamarandiba

Meses Anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1984	10	6	11	7	1	0	3	9	9	10	12	20
1985	29	11	13	8	0	1	2	4	7	12	17	20
1992	28	18	8	6	5	2	3	8	7	15	18	26
2000	19	12	16	10	1	0	7	3	6	5	17	25
2001	7	7	12	1	8	5	2	7	4	12	16	18
2002	21	17	10	6	4	2	5	4	6	4	10	19
2004	20	20	20	14	5	5	8	1	0	5	9	19
2005	13	13	20	6	7	10	2	6	7	2	25	18
2006	7	5	22	11	1	5	1	1	7	18	20	21
2007	17	16	9	6	3	0	1	1	4	2	6	14
2008	15	13	11	6	4	6	2	2	4	4	22	21
2009	21	7	9	10	0	2	3	6	9	13	8	19
2010	5	5	12	5	7	4	5	0	2	10	20	18
2011	15	4	19	13	3	2	3	3	3	14	21	21
2012	11	7	6	4	8	1	2	15	3	3	23	7

Fonte: Elaborado pela autora, com dados do INMET

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS

Conforme citado anteriormente a caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada foi com base nos estudos propostos por Christofletti (1980). O resultado dos índices morfométricos a serem discutidos nas análises Areaais, Lineares e Hipsométricas estão sintetizados na Tabela 3.

Tabela 3. Síntese dos indicadores morfométricos da microbacia do Ribeirão Matizada

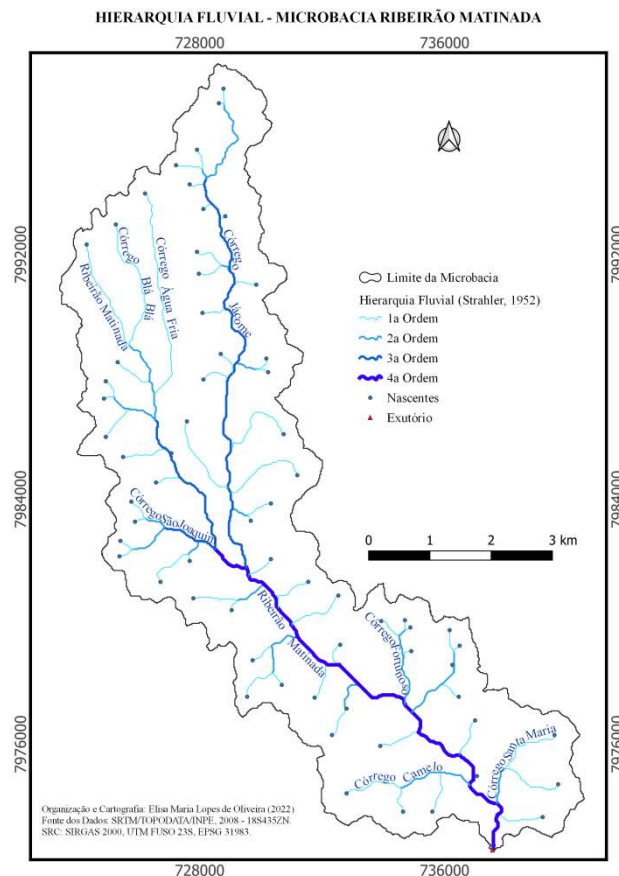
Hierarquia Fluvial					
Hf	Número de Segmentos	Comprimento Médio dos Canais (Km)	Comprimento Total dos Canais (Km)	Declividade Média dos Canais (%)	
1ª Ordem	65	1,20	77,97	5,68	
2ª Ordem	26	1,00	25,90	4,41	
3ª Ordem	20	1,10	22,09	2,44	
4ª Ordem	18	0,90	16,20	2,38	
Análise Linear					
Rb - 1ª/2ª	2,50	RIm - 2ª/1ª	0,83	Eps	0,57 Km
Rb - 2ª/3ª	1,30	RIm - 3ª/2ª	1,11	L _{rio principal}	28,25 Km
Rb - 3ª/4ª	1,11	RIm - 4ª/3ª	0,81	L _{total}	142,15 Km
Rb _{média}	1,64			Is	1,19
Análise Areal					
A _{bacia}	161,15 Km ²	Ic	0,15	Dd	0,67 Km/Km ²
P _{bacia}	116,71 Km	Kc	2,57	Dh	0,40 Canais/Km ²
L _{axial}	28,82 Km	Kf	0,19	Cm	1,49 Km ² / Km
Análise Hipsométrica					
ΔH	504 m	Declividade Mínima	0.013 (%)	Altitude Mínima	519,51 m
Rr	17,83 (m/Km)	Declividade Máxima	88.92 (%)	Altitude Máxima	1.023,10 m
Ir	0,33	Declividade Média	26.34 (%)	Altitude Média	747,58 m

Fonte: INPE (2008), Elaborado pela autora

4.1.1 HIERARQUIA FLUVIAL

O ordenamento dos canais, com base na classificação hierárquica de Strahler (1945), representado na Figura 12, apresenta grau de ramificação de 4ª ordem, sendo que a 1ª, 2ª, 3ª e 4ª ordens apresentam respectivamente, segmentos de canais fluviais e comprimento médio, 65 (77,97 Km), 26 (25,90 Km), 20 (22,09 Km) e 18 (16,20 Km), os quais correspondem a um total de 129 canais com 142,15 Km de extensão.

Figura 12- Mapa da Hierarquia Fluvial da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG



Fonte: INPE, 2008

Segundo Tonello (2006), ordem inferior ou igual a quatro é comum em pequenas bacias hidrográficas e reflete os efeitos diretos do uso da terra, considera-se ainda que, quanto mais ramificada a rede, mais eficiente será o sistema de

drenagem. O padrão formado pelos cursos d'água da bacia é intermitente caracteriza-se como do tipo paralelo e dendrítico.

Os rios de 1ª ordem correspondem às áreas de nascentes, caracterizadas por serem mais elevadas e de maiores declividades, como afirmam Machado e Torres (2012), tais cursos d'água apresentam respostas mais rápidas às precipitações, com rápido aumento da vazão, assim como são rápidos em retornar à situação natural, suas águas tendem a ser mais transparentes e menos poluídas. À medida que aumenta a ordem dos canais em direção ao exutório da bacia há uma tendência de diminuição das declividades e conseqüentemente menor velocidade de fluxo, acarretando deposição de sedimentos trazidos do segmento superior, a vazão tende a ser mais uniforme e as águas mais turvas, em razão do dos finos sedimentos transportados.

4.1.2 ANÁLISE LINEAR

Dentre os parâmetros lineares, iniciando pelo rio principal, o critério para definição foi pelo curso d'água que drena a maior área no interior da bacia hidrográfica, cujo comprimento encontrado foi 28,25 Km.

A microbacia apresenta maior número de segmentos de 1ª ordem, de pequena extensão. A relação de bifurcação (R_b) que corresponde à relação do número de canais apresentou um valor médio de 1,64, valor este adimensional, tendo a relação de bifurcação dos canais de 1ª/2ª ordem ($R_b - 1^a/2^a$) o maior valor em relação aos demais, igual a 2,50 correspondendo aos canais que se encontram em área de maior declividade, segundo estudos de Horton (1945) citado por Leite e Rocha (2016), valores relativamente baixos são características de relevos aplainados ou relativamente ondulados. Observa-se em relação ao comprimento médio de canais, este diminui com o aumento do ordenamento e a relação do comprimento médio dos canais (R_{lm}) apresenta pouca variação nos resultados, sendo: $R_{lm}: 2^a/1^a = 0,83$, $R_{lm}: 3^a/2^a = 1,11$ e $R_{lm}: 4^a/3^a = 0,81$.

Em relação à extensão do percurso superficial (E_{ps}) da microbacia do Ribeirão Matizada, o valor encontrado é 0,57 Km, tal valor corresponde à distância média percorrida pelas enxurradas deste o interflúvio até o canal permanente.

O valor do índice de sinuosidade (Is) calculado para o canal principal da microbacia do Ribeirão Matizada foi igual a 1,19, tal parâmetro é utilizado para distinção entre os canais meândricos e os não meândricos, o valor encontrado indica que os canais são mais retilíneos, apresentando uma maior velocidade de escoamento.

4.1.3 ANÁLISE AREAL

Os cálculos morfométricos da microbacia do Ribeirão Matizada para medições planimétricas apresentaram área de 161,15 Km², perímetro 116,71 Km, comprimento axial 28,82 Km.

Associados a esses valores foi determinada a forma da microbacia, os índices utilizados foram, índice de compacidade (Kc), índice de circularidade (Ic) e o índice de conformação ou fator de forma (Kf), cujos valores encontrados foram, respectivamente: 2,57; 0,15 e 0,19.

Segundo Borges et al. (2020) o índice de conformação (fator de forma) indica a probabilidade de ocorrência de enchentes, como mostra o Quadro 4, o valor encontrado para a bacia do Ribeirão Matizada foi igual a 0,19, indicando que a microbacia em questão não está sujeita a enchentes, pois o valor de Kf é menor que 0,50.

Quadro 4. Valores de índice de conformação e a probabilidade de ocorrência de enchentes

Probabilidade de Ocorrência de enchentes	Índice de Conformação (Kf)
Sujeito a enchentes	1,00 – 0,75
Tendência média de enchentes	0,75 – 0,50
Não sujeito a enchentes	< 0,50

Fonte: Adaptado de Borges, et al, 2020, elaborado pela autora

Para Villela e Matos (1975), *apud* Tonello (2006), a forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante na determinação do tempo de concentração, assim dizendo, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para sua saída após uma precipitação. A microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada apresenta maior

tempo de concentração de água de chuva pelo fato de o coeficiente de compacidade apresentar valor afastado da unidade, isto é, 2,57 e seu fator de forma exibir baixo valor, igual a 0,19. Esses valores indicam que a microbacia apresenta formato alongado, tal fato ainda pode ser comprovado pelo índice de circularidade, cujo valor é 0,15. As bacias alongadas possuem menor concentração de deflúvio, considerando essa característica, pode-se inferir que a microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada apresenta menor risco de enchentes nas condições normais de precipitação.

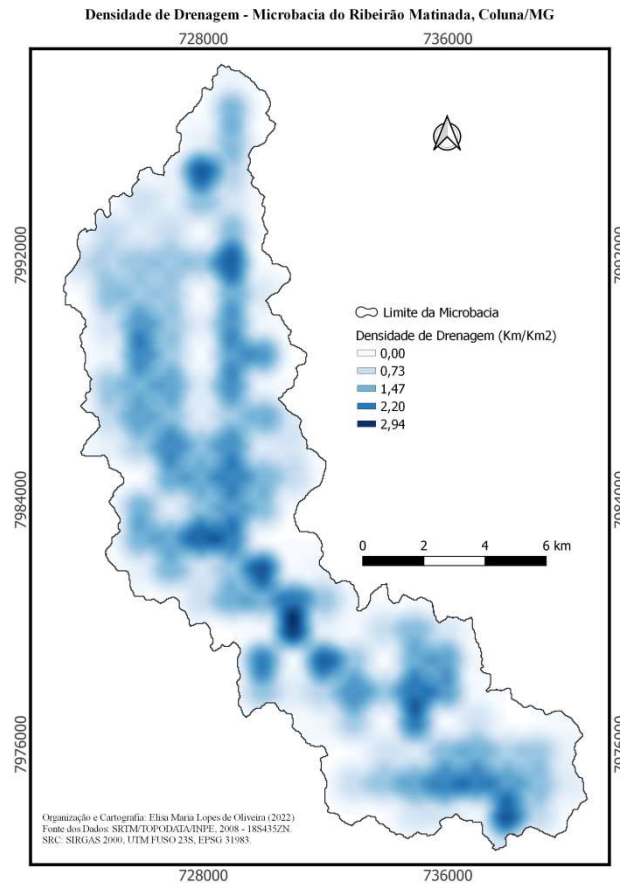
A densidade de drenagem obtida foi $0,67 \text{ Km/Km}^2$, esse índice, segundo Beltrame (1994), pode variar de $0,5 \text{ Km/Km}^2$ em bacias com drenagem pobre a $3,5 \text{ Km/Km}^2$ nas bacias excepcionalmente bem drenadas, indicando, portanto, que a microbacia em estudo apresenta densidade de drenagem mediana, segundo a qualificação de Beltrame (1994), ela se encontra entre valores de $0,5$ a $2,0 \text{ Km/Km}^2$.

Segundo Tonello (2006), valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração de precipitação, a microbacia do Ribeirão Matizada possui escassa disponibilidade hídrica, é uma região de latossolos, sendo esses, solos com alta taxa de infiltração e apresenta cobertura vegetal densa nas áreas de maior declividade possibilitando maior infiltração de águas das chuvas, portanto apresenta densidade de drenagem fraca a mediana.

Para o índice de densidade hidrográfica (Dh) o valor encontrado foi de 0,40 canais por km^2 de área da bacia, tal índice tem importância, pois representa o comportamento hidrológico de uma determinada área, isto é, mostra a capacidade de gerar novos cursos d'água.

Analisando a figura 13, correspondente ao mapa de densidade de drenagem, há maior disponibilidade hídrica nas partes mais baixas da bacia, onde o relevo é suave ondulado a plano, cobertura vegetal escassa, solo compactado, dificultando a infiltração da água o que contribui para o aumento do escoamento superficial e conseqüentemente aumento de material transportado.

Figura 13- Mapa de Densidade de Drenagem, Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/Mg



4.1.4 ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

Segundo Tonello et al. (2006), informações sobre a altimetria da bacia hidrográfica, é de extrema importância como aporte na tomada de decisões para o planejamento da gestão dos recursos hídricos, além do cumprimento da legislação ambiental vigente.

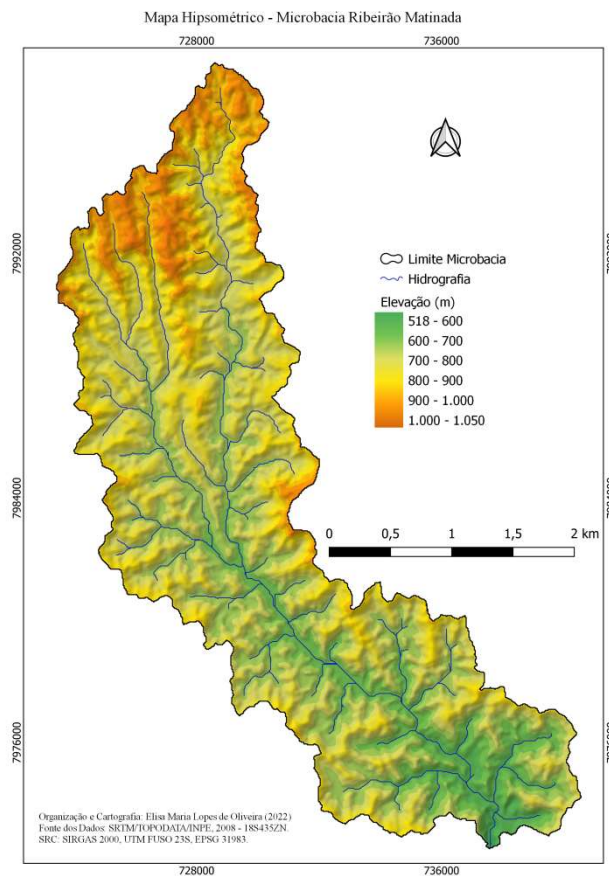
A microbacia do Ribeirão Matizada apresenta amplitude altimétrica de 504 m, os pontos de maior altitude se encontram no limite norte da bacia, nos divisores topográficos, com altitude máxima podendo chegar a 1023 m, e o ponto de menor altitude 520 m, no limite sul, no exutório da microbacia. A figura 14 corresponde ao Rio Suaçuí Grande próximo à foz do Ribeirão Matizada.

Figura 14- Rio Suaçuí Grande, próximo à foz do Ribeirão Matizada



Fonte: Foto da autora, 2022

Figura 15- Mapa Hipsométrico da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG

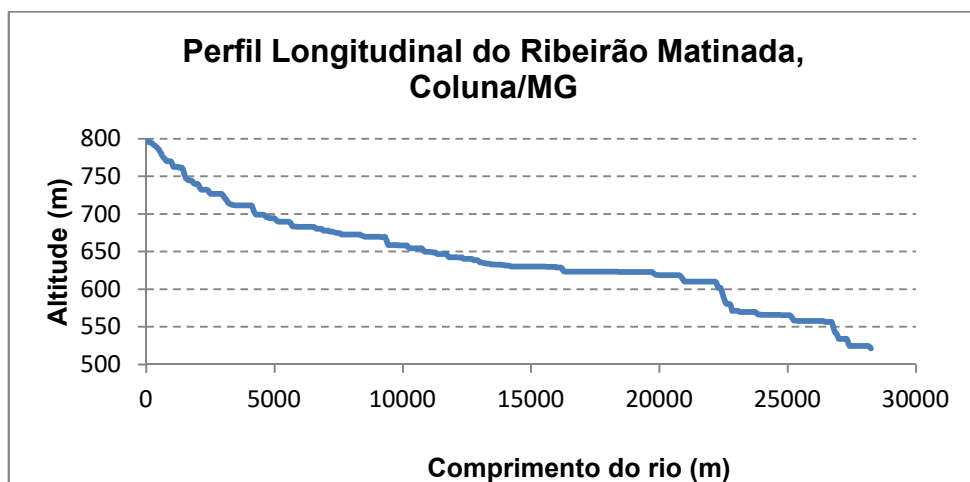


Fonte: INPE, 2008

A altitude média da bacia corresponde a 748m ocupando a maior área da bacia. Segundo, Borges et al. (2020), quando os valores de amplitude altimétrica são elevados, significa que o escoamento fluvial é mais rápido.

Como apresentado no gráfico 4, o perfil longitudinal descreve a forma como a altitude varia ao longo da distância percorrida pelo rio (Collischonn e Dornelles, 2015). Para elaboração do perfil longitudinal é obtido um gráfico da altitude pela distância ao longo do curso de água principal da bacia. A distância foi medida desde a cabeceira do rio, seguindo para a jusante até a foz do rio.

Gráfico 4. Perfil Longitudinal do Ribeirão Matizada, Coluna/MG



Fonte: INPE, 2008. Elaborado pela autora

No alto curso do rio predominam as maiores declividades, onde se destacam os processos de erosão fluvial e produção de sedimentos com atividade erosiva e transportadora, há grande quantidade de detritos fornecidos pela água de rolamento, os quais ocorrem sobre as encostas e se juntam aos detritos originados da atividade erosiva do próprio rio, nessas condições o rio aumenta seu leito em profundidade, determinando uma forma de vale encaixado, forma que lembra um “V”, figura 16 (A). No médio curso, devido a menor declividade, há diminuição da velocidade das águas, diminui o poder transportador, ocasionando a deposição de fragmentos maiores, protegendo o fundo do rio da erosão. Com o aumento de deposição de detritos nas regiões de menor velocidade verifica-se uma mudança na configuração do vale, tornando o vale mais aberto, figura 16 (B). No baixo curso, figura 16 (C), se processará a sedimentação, embora o volume seja maior, as declividades e

velocidades são menores, promovendo maior sedimentação dos sólidos em suspensão, tornando as águas desse trecho do rio mais turvas (Machado e Torres, 2012).

Figura 16- Vale encaixado em forma de 'V' (A), vale aberto (B) e baixo curso do Ribeirão Matinada (C)

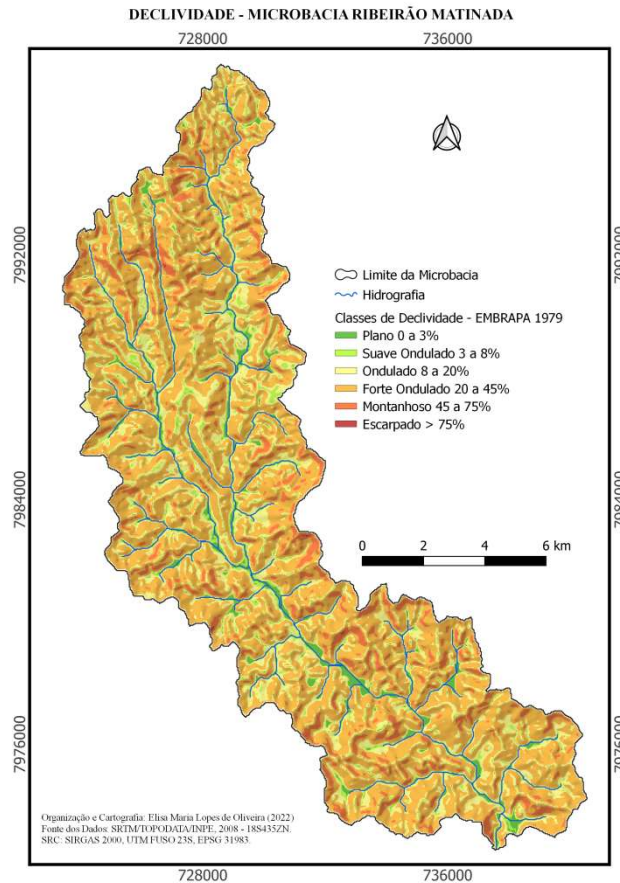


Fonte: Foto da autora, 2007/2022

A relação de relevo (R_r) encontrada foi de 17,83 m/Km comprovando o relevo da bacia ondulado a forte ondulado.

Através de dados extraídos do mapa de declividade, Figura 17, temos que, a declividade média encontrada na microbacia hidrográfica do Ribeirão Matinada foi de 26,34%, sendo este valor condizente com o relevo forte ondulado da região, uma vez que, 61% da área da bacia apresentam declives superiores a 20% (relevo forte ondulado) e declives na faixa de 8 a 20% correspondem a 22% da área da bacia (relevo ondulado). As referidas classes do relevo conforme EMBRAPA (1979) estão representadas na tabela 4, correspondem a áreas de topografia com relevo forte ondulado a ondulado.

**Figura 17- Mapa de declividade da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão
Matinada, Coluna/MG**



Fonte: INPE (2008)

**Tabela 4. Distribuição das classes de declividade da Microbacia Hidrográfica
do Ribeirão Matinada**

Classes	Relevo	Área	
		Km ²	(%)
0 a 3%	Plano	5,21	3,23
3 a 8%	Suave Ondulado	8,58	5,32
8 a 20%	Ondulado	35,69	22,15
20 a 45%	Forte Ondulado	97,55	60,54
45 a 75%	Montanhoso	14,07	8,73
>75 %	Escarpado	0,05	0,03

Fonte: EMBRAPA (1979), INPE (2008), elaborado pela autora

As áreas de topografia pouco movimentada e declive suave ondulado a plano correspondem a aproximadamente 8% da bacia nas áreas de planície aluvial. Por outro lado, os declives superiores a 45% estão localizados, principalmente em áreas de vertentes ou relevo montanhoso a escarpado, na porção norte da microbacia, podendo chegar a inclinações próximas de 75%, no entanto, tais declives possuem representação de aproximadamente 8% da área de estudo.

A declividade média de uma bacia hidrográfica é relevante no planejamento, tanto para o cumprimento da legislação quanto para garantir a eficiência das intervenções antrópicas e possui importante papel na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo, a declividade influencia diretamente na quantidade de água a ser absorvida pelo solo e/ou que é evapotranspirada para a atmosfera ou escoada na rede de drenagem, além do transporte de sedimento das porções mais elevadas do relevo. A ausência de cobertura vegetal, classe de solo e intensidade de chuvas, dentre outros, associada à maior declividade, conduzirá a maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo e resultará em enchentes mais pronunciadas, sujeitando a bacia à degradação. Portanto, a magnitude dos picos de enchentes ou a menor oportunidade de infiltração e susceptibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial, que está fortemente relacionado com o relevo (Tonello, 2005).

O índice de rugosidade (I_r) encontrado para a microbacia em estudo foi de 0,44 e considerando a densidade de drenagem da bacia ser relativamente baixa, igual a $0,66 \text{ Km/Km}^2$, características de superfícies pobremente drenadas, levando em consideração a escassa disponibilidade hídrica superficial, solos com alta taxa de infiltração e cobertura vegetal densa nos topos de morro.

4.2 ÁREAS DE VULNERABILIDADE

As intervenções antrópicas alteram as condições naturais da paisagem, as atividades desenvolvidas introduzem novas forças que podem alterar, em escala variável, as condições de equilíbrio da paisagem, como a retirada da cobertura natural, prática de queimadas para o tratamento do solo para a agricultura, pecuária,

silvicultura e outros. A Tabela 5 relaciona o grau de vulnerabilidade para as classes de uso da terra na área da microbacia em estudo.

Tabela 5. Valores de vulnerabilidade para as classes de usos da terra na microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada

Classes de Usos da Terra	Vulnerabilidade
Formação Florestal	1,0
Mosaico Agropecuária/Pastagem	2,0
Floresta Plantada	Até 1,4
Infraestrutura Urbana	3,0
Afloramento Rochoso/Outras Áreas não Vegetadas	3,0
Água	1,5

Fonte: MapBiomias (2021)

Para o cálculo da vulnerabilidade natural com base no fator geologia foram considerados os aspectos litológicos da microbacia em estudo, levando em consideração o grau de coesão das rochas. Segundo Crepani et al. (2001), as rochas mais coesas são formadas por minerais que apresentam ligações mais intensas, sendo assim, mais difíceis de serem rompidas. Os valores de vulnerabilidade foram atribuídos através das unidades geológicas presentes na microbacia do Ribeirão Matizada, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6- Valores de vulnerabilidade natural da estrutura geológica da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG

Litologia	Vulnerabilidade
Areias e Cascalhos	3,0
Gnaisses	1,3
Derivados de outras rochas máficas, etc...	1,8

Fonte: CODEMIG (2012)

Para Silva e Lima (2018) o mapeamento da vulnerabilidade dos solos é fundamental ao entendimento do seu potencial de erodibilidade de acordo com suas características. As classes de solos presentes na microbacia são latossolos

vermelho e latossolos vermelho-amarelo cujo grau de vulnerabilidade corresponde a 1,0, são solos que apresentam grau de vulnerabilidade muito baixo, são solos profundos e intemperizados.

Para a determinação da intensidade pluviométrica foi utilizada a fórmula do modelo proposto por Crepani et al. (2001), o número de dias com chuva é transformado em meses dividindo-se seu total por 30 (dias do mês), o valor obtido é a transformação do equivalente em meses do ano que há chuva, divide-se a média da precipitação anual de chuva pelo número de meses chuvosos, sendo que o valor obtido será em milímetros. Para identificar o índice de vulnerabilidade consultar o quadro 5 da escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à perda de solo, proposta por Crepani et al. (2001).

Quadro 5 – Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à perda de solo

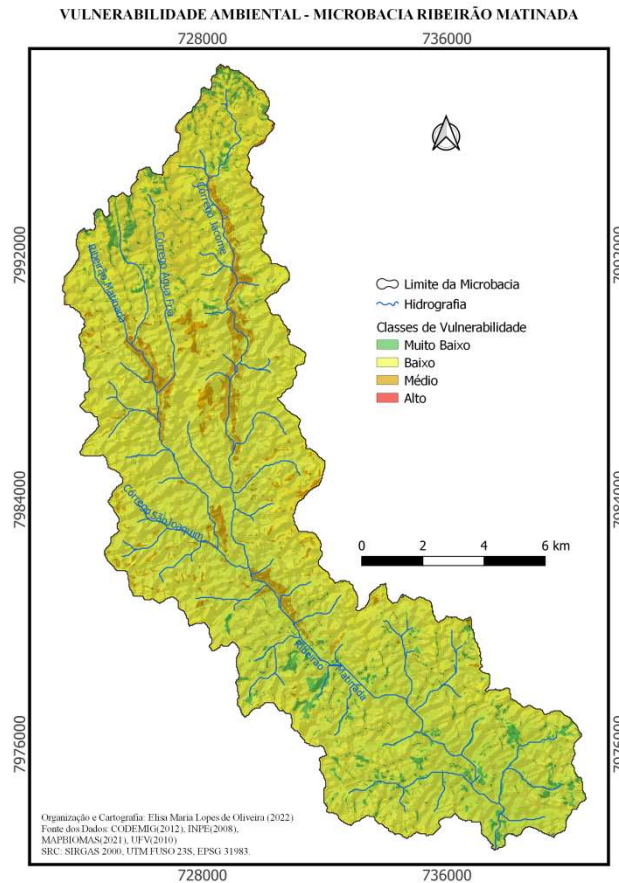
Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade
< 50	1,0	200 - 225	1,7	375 - 400	2,4
50 - 75	1,1	225 - 250	1,8	400 - 425	2,5
75 - 100	1,2	250 - 275	1,9	425 - 450	2,6
100 - 125	1,3	275 - 300	2,0	450 - 475	2,7
125 - 150	1,4	300 - 325	2,1	475 - 500	2,8
150 - 175	1,5	325 - 350	2,2	500 - 525	2,9
175 - 200	1,6	350 - 375	2,3	> 525	3,0

Fonte: Crepani et al., (2001, p.98).

Para a área estudada o grau de vulnerabilidade para o fator clima encontrado corresponde a 2,1. A intensidade pluviométrica é classificada de acordo com o grau de vulnerabilidade, quanto menor a intensidade pluviométrica, menor o grau de vulnerabilidade, isto é, menor o potencial de causar erosão.

A figura 18 corresponde ao mapa de vulnerabilidade ambiental da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada, resultante da média aritmética dos fatores Geomorfologia, Geologia, Solos, Clima e Usos da Terra, e a tabela 7 apresenta as áreas ocupadas pelas classes de vulnerabilidade das unidades de paisagem.

Figura 18- Mapa de Vulnerabilidade Ambiental na Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Tabela 7. Valores de Vulnerabilidade Ambiental da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada

Classes de Vulnerabilidade	Área (km ²)	Área (%)
Muito Baixa	8,7156	5,41
Baixa	143,0065	88,74
Média	9,427	5,85
Alta	0,0009	0,0006

Fonte: Elaborado pela autora, 2022

A análise dos dados permite inferir que a classe considerada de baixa vulnerabilidade corresponde a aproximadamente 88% da área da bacia, conforme

mostrado na tabela 7, e mais de 5% da área da bacia com muito baixa vulnerabilidade, isto é, mais de 90% da área da bacia é classificada com muito baixa a baixa vulnerabilidade. Isso se deve pela declividade da bacia e predominância de latossolos, com campos de agricultura de pastagem possibilitando uma maior estabilidade ao solo. Enquanto que, nas áreas que apresentam vulnerabilidade média a alta, corresponde a uma pequena área em locais de maior declividade e, ocupando aproximadamente 6% da área da bacia, nos vales fluviais e nos córregos, podem-se considerar estas áreas mais suscetíveis à erosão e ao assoreamento, a ausência de mata ciliar e juntamente com material transportado, promove a erosão do fundo dos córregos, torna essa área mais vulnerável, o que torna imprescindível a adoção de medidas que visem sua proteção, como controle do uso do solo nas margens e a manutenção da vegetação natural.

4.3 USOS DO SOLO

A tabela 8 apresenta os resultados do uso e cobertura da terra para a área da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada, a classificação das imagens demonstra o comportamento dessas classes de uso da terra ao longo de 35 anos em intervalos quinquenais, entre os anos de 1985 a 2020, como é mostrado nas figuras 19 e 20.

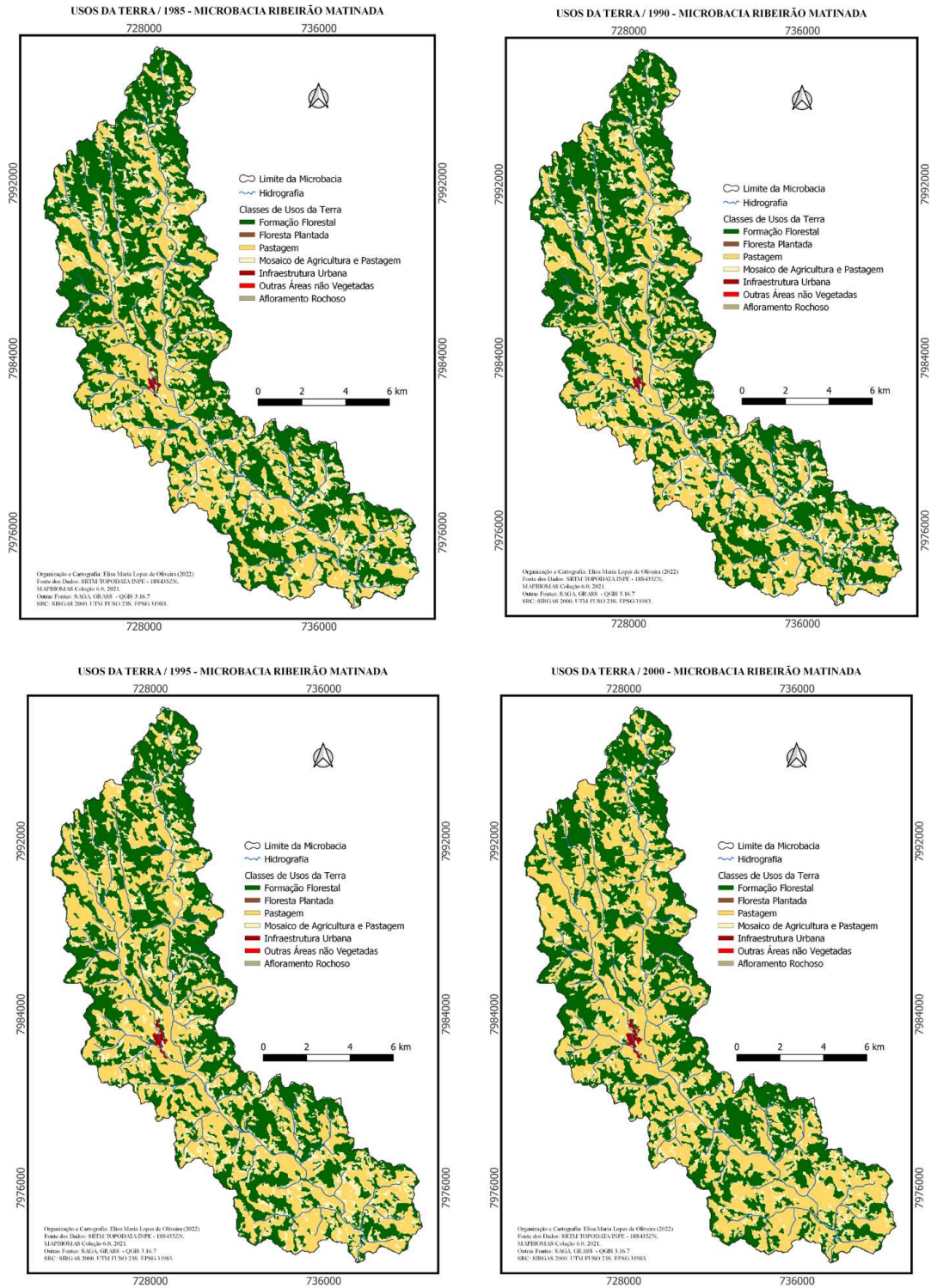
O desenvolvimento das diversas atividades humanas ao longo da superfície terrestre promove diversos danos ambientais, como a supressão de vegetação, assoreamento dos rios, empobrecimento do solo, dentre outros. O uso e ocupação da microbacia do Ribeirão Matizada não possui planejamento e podem-se observar alguns problemas ambientais.

Tabela 8- Classes de Usos e Cobertura da Terra (1985 a 2020) - Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG

Classe		Formação Florestal	Pastagem	Mosaico Agricultura-Pastagem	Floresta plantada	Infraestrutura urbana	Afloramento rochoso	Outras áreas não vegetadas
1985	Área (Km ²)	77,30	53,72	29,82	0,00	0,26	0,047	0,010
	%	48%	33,3%	18,5%	0%	0,16%	0,03%	0,01%
1990	Área (Km ²)	72,62	63,74	24,35	0,010	0,39	0,047	0,00
	%	45,1%	39,6%	15,1%	0,01%	0,24%	0,03%	0%
1995	Área (Km ²)	68,89	65,90	25,90	0,00	0,41	0,057	0,00
	%	42,75%	40,89%	16,07%	0%	0,25%	0,035%	0%
2000	Área (Km ²)	68,67	71,97	19,95	0,00	0,49	0,063	0,00
	%	42,61%	44,66%	12,38%	0%	0,31%	0,039%	0%
2005	Área (Km ²)	72,99	60,50	26,57	0,49	0,54	0,062	0,0042
	%	45,29%	37,54%	16,48%	0,30%	0,34%	0,039%	0,0026%
2010	Área (Km ²)	78,61	57,65	27,71	2,43	0,66	0,085	0,0051
	%	48,78%	35,77%	13,47%	1,51%	0,41%	0,053%	0,0032%
2015	Área (Km ²)	78,10	55,24	23,25	3,82	0,69	0,057	0,0043
	%	48,46%	34,28%	14,43%	2,37%	0,43%	0,035%	0,0027%
2020	Área (Km ²)	80,95	44,35	30,93	4,09	0,77	0,055	0,013
	%	50,23%	27,52%	19,19%	2,54%	0,48%	0,03%	0,01%

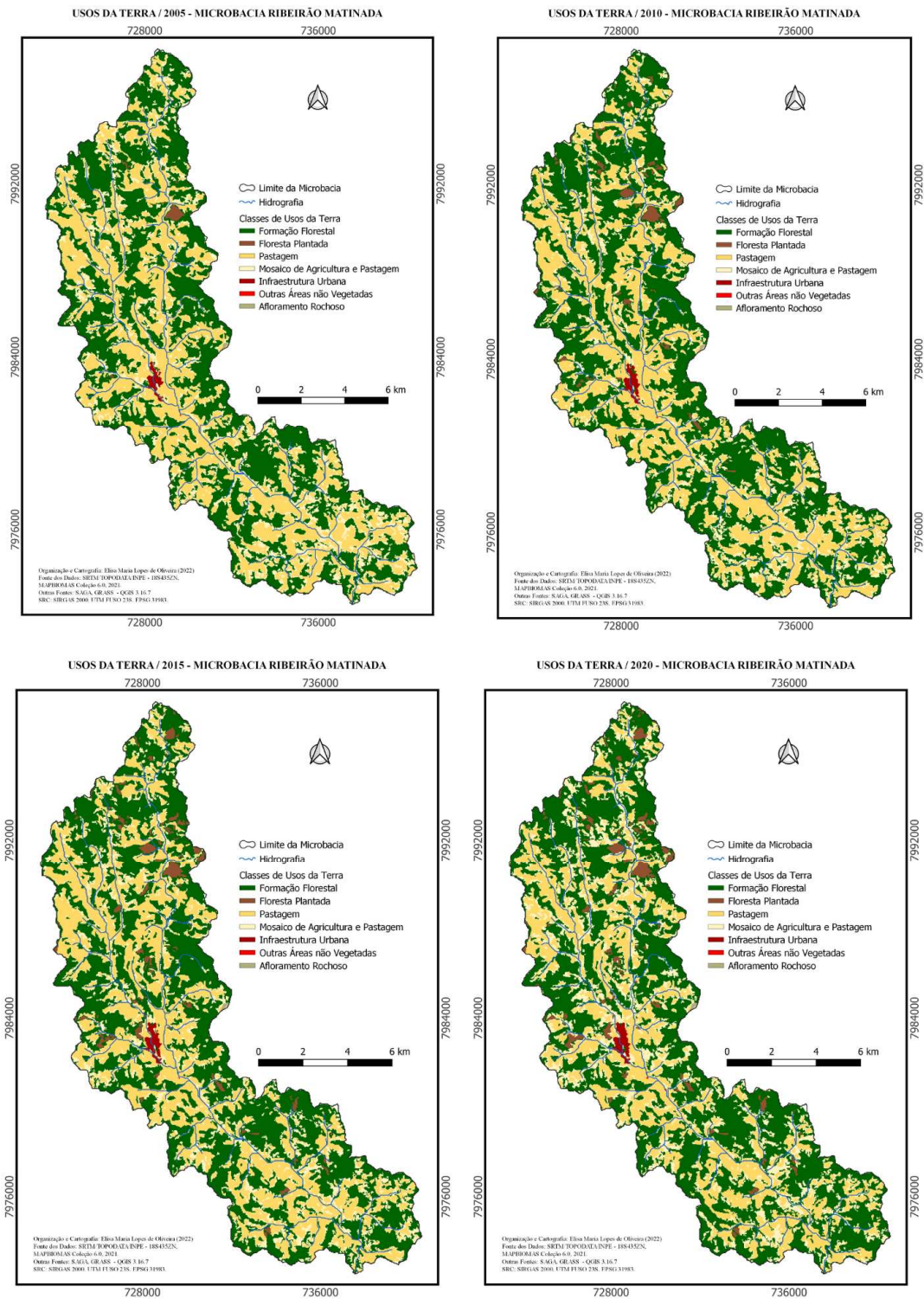
Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Figura 19- Mapas de usos e cobertura da terra para os anos de 1985/1990/1995/2000



Fonte: MapBiomas, 2021

Figura 20- Mapas de usos e cobertura da terra para os anos de 2005/2010/2015/2020



Fonte: MapBiomas, 2021

Nas imagens é possível verificar a maior concentração da infraestrutura urbana na porção central da bacia, onde está situada a sede do município,

ocupando na atualidade uma área de 0,77 Km², aproximadamente 0,5% da área da bacia. Nesse período de 1985 a 2020 houve expansão na área da sede do município de Coluna passando a ocupar 0,26 Km², em 1985, aproximadamente 0,2% da área da microbacia, para 0,77 Km², isto é, 0,48% da área da microbacia, em 2020, constatando que, praticamente dobrou a área de infraestrutura urbana.

As águas do Ribeirão Matizada drenam o Município de Coluna no sentido Norte/Sul, drenando a sede do município na porção central da bacia. A cidade se desenvolveu na planície aluvial do Ribeirão Matizada e de seu afluente, o Córrego São Joaquim. A figura 21 mostra a sede do Município de Coluna, MG, em destaque está o Ribeirão Matizada à esquerda da figura e o Córrego São Joaquim à direita, ao fundo avista-se a Serra da Coluninha, da qual originou o nome da cidade.

Figura 21- Vista da Sede da Cidade de Coluna-MG

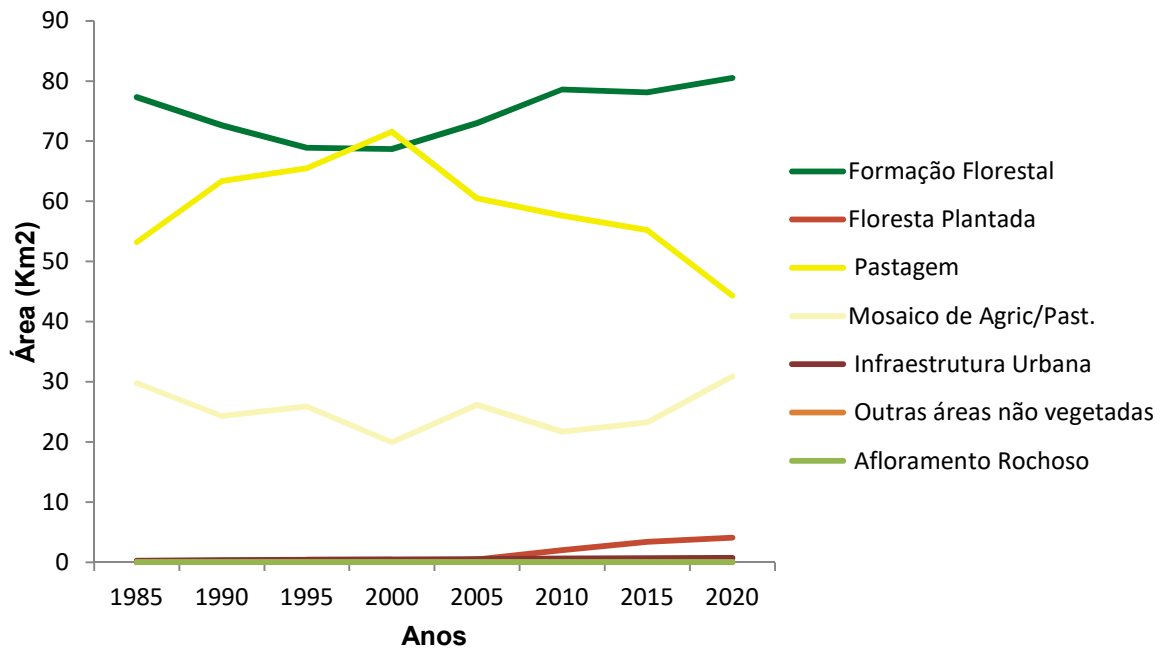


Fonte: Foto da autora, 2022

Com base nos dados de variação do uso e ocupação da terra ao longo do período analisado, é possível identificar que a região é predominantemente rural com áreas de pastagens, atividades agropecuárias e silvicultura. O uso da terra está direcionado em parte para o assentamento urbano com baixo índice de ocupação e com predominância do uso agropecuário com manejo caracterizado por baixo grau de tecnificação, com utilização de tratores e adubadeiras e/ou distribuidoras de calcário (IBGE, 2017).

A microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada possui uma área considerável de cobertura florestal, pode-se observar ao longo dos 35 anos analisados, uma discreta diminuição da curva de formação florestal.

Gráfico 5. Classes de Usos da Terra (1985 a 2020) – Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG



Fonte: MapBiomias (2021), elaborado pela autora.

No período entre 1985 e 2000, há diminuição em 5% de área de formação florestal, passando de 48% (77,30 Km²) em 1985, para aproximadamente 43% (68,67 Km²) da área da bacia, em 2000, fato recorrente em regiões de domínio da Mata Atlântica, devido à extração de madeira nativa para a produção de lenha e carvão e formação de pastagem para a pecuária, atividades estas predominantes na região, fato esse que pode ser comprovado pelo aumento na área de pastagem de 33% (53,72 Km²) em 1985, para aproximadamente 45% (71,97 Km²) em 2000. Podendo ser notado nas imagens da figura 19, o aumento de pastagem na planície aluvial da bacia.

Diferentemente, em 2005, observa-se aumento de formação florestal, passando a ocupar, aproximadamente, 45% (72,99 Km²) da área da bacia, a partir daí nota-se aumento gradual ao longo dos 15 anos seguintes, chegando a 50% (80,95 Km²) de área de formação florestal na atualidade (2020), com matas ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal, podendo

ser observados fragmentos de mata nativa de vegetações remanescentes e secundárias em áreas de maior declividade, topos de morro e mata ciliar, como registrado na figura 22.

Figura 22- Fragmentos de formação florestal na microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG



Fonte: Fotos da autora, 2022

Uma área considerável da bacia é ocupada por pastagens e agricultura, sendo a utilização das terras voltada para agropecuária, hortifrutigranjeira, lavouras temporárias e permanentes, com o cultivo de culturas alimentares para subsistência, a maior parte de pastagens plantadas em boas condições (IBGE, 2021). Criação de animais para alimentação, de pequeno porte e gado bovino, tendo o gado bovino como uso principal para produção de leite. Na agricultura a maior utilização das terras é com lavouras temporárias de milho, feijão, cana-de-açúcar e mandioca, como os principais cultivos. E em menor quantidade as lavouras permanentes, tendo como principais cultivos, de banana, café e urucum (IBGE, 2017).

No período de 1985 a 2000 há aumento na formação de pastagem, observa-se aumento na área de pastagem de 53,7 km² (33%) da área da bacia em 1985, para 72 km² (44%) da área da bacia em 2000. Já em 2005 observa-se que inicia diminuição na área de pastagens para 60,5 km², passando a ocupar 37,5%, seguindo uma diminuição gradativa até o ano de 2020, chegando a ocupar 27,5% da

área da bacia (44 km²). Em contrapartida, houve aumento na formação de mosaico agricultura/pastagem do ano 2000 até o ano de 2020, a ocupação da área no ano 2000 eram 20 km² (12%), passando a ocupar 31 km² (19%) da área da bacia em 2020, totalizando em, aproximadamente, 47% da área da bacia para agropecuária na atualidade.

Nas figuras 23 e 24 percebe-se o uso e ocupação do solo de forma desordenada e indiscriminada, sem a preservação das Áreas de Proteção Ambiental (APP), vegetação de topo de morro, áreas de recarga e a mata ciliar são retiradas para o uso agrícola, pastagem e silvicultura. A Figura 25 registra o uso de irrigação na margem do córrego para o cultivo de bananas.

Figura 23-Áreas de pastagem, Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matizada, Coluna/MG



Fonte: Fotos da autora, 2021

**Figura 24- Plantações de milho e banana, Microbacia Hidrográfica do Ribeirão
Matinada, Coluna/MG**



Fonte: Fotos da autora, 2021

**Figura 25- Uso de irrigação para o cultivo de banana na margem do Ribeirão
Matinada**



Fonte: Foto da autora, 2021

De 1985 a 2000 não há registro de floresta plantada, a partir de 2005 percebem-se alterações na classe de uso da terra na área da bacia, pode-se identificar área de cultivo de eucalipto, influenciado pela proximidade de uma

empresa de celulose existente na região. Em 2005 a área da microbacia ocupada por floresta plantada correspondia a 0,49 km², equivalente a 0,30% da área da bacia, a partir desse período percebe-se o aumento do cultivo por toda área da bacia, chegando ao ano de 2020 a ocupar 4,09 km², isto é, 2,5% da área da bacia, aumentando mais de 2% de área de floresta plantada. A área de silvicultura no município de Coluna passou de 383 hectares, em 2014, para 950 hectares em 2020 (IBGE, 2021).

Tabela 9. Extração Vegetal e Silvicultura para o período de 2005 a 2020, Município de Coluna/MG

Ano	Extração Vegetal			Silvicultura		
	Carvão Vegetal (t)	Lenha (m ³)	Madeira em Tora (m ³)	Carvão Vegetal (t)	Lenha (m ³)	Madeira em Tora (m ³)
2005	429	4.708	73	--	--	--
2006	396	4.270	68	--	--	147
2007	360	4.120	60	--	--	160
2008	250	3.980	56	--	--	250
2009	152	3.650	50	--	--	320
2010	148	3.420	48	126	--	435
2011	154	3.830	62	135	--	502
2012	145	3.601	51	643	--	17.454
2013	--	--	--	1.900	5.000	2.726
2014	--	--	--	1.096	3.000	350
2015	--	--	--	529	2.850	420
2016	--	--	--	650	1.500	7.545
2017	--	--	--	1.298	2.800	9.265
2018	--	--	--	2.298	2.500	9.380
2019	--	--	--	3.008	2.200	3.316
2020	--	--	--	3.022	2.000	14.010

Fonte: IBGE, 2022. Elaborado pela autora

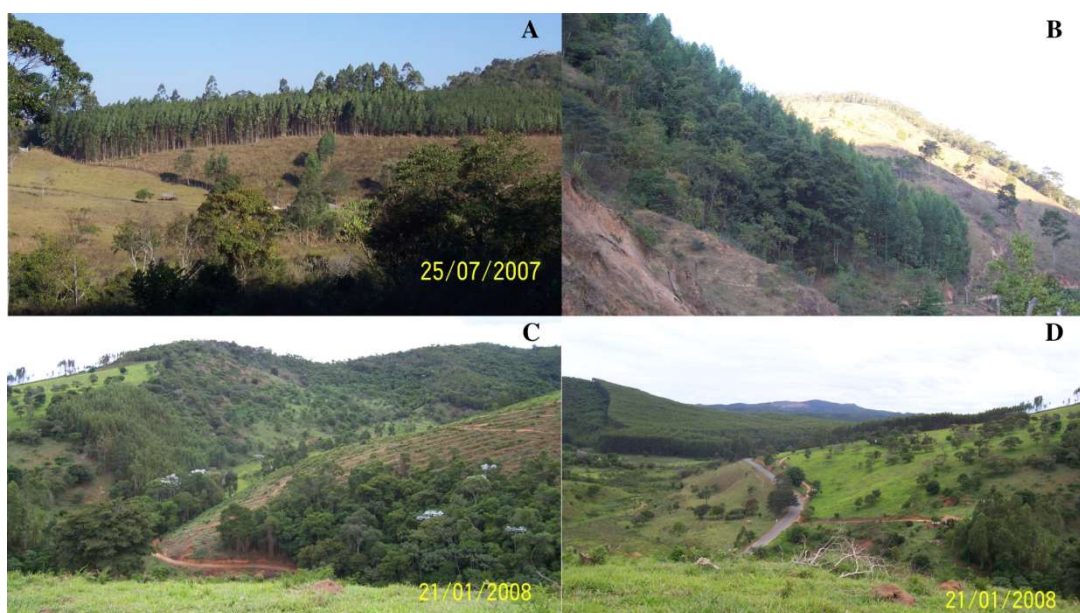
Segundo dados do IBGE (2022) a extração de mata nativa para a produção de carvão vegetal, lenha e madeira em tora foram reduzidas gradativamente desde o

ano de 2004 até o ano de 2012, onde não há mais registro para esta finalidade, como mostra a tabela 9. A partir de 2005 ocorreu a inserção da silvicultura, para a produção de madeira em tora para a venda. Na atualidade a silvicultura na região é para os três fins, produção de carvão vegetal, lenha e madeira, aumentando significativamente a produção, que antes eram para fins de subsistência. Com a prática da silvicultura em áreas já desmatadas nota-se a diminuição do desmatamento, acarretando assim um aumento da área de floresta natural.

As figuras 26 e 27 mostram o cultivo de eucalipto nos anos de 2007, 2008 e na atualidade. Na figura 26, as fotos A e B correspondem à porção norte do Ribeirão Matizada e as fotos C e D à porção norte do Córrego do Jácome, isto é, corresponde ao trecho norte da microbacia. Percebe-se o processo de erosão nas encostas, plantio em topo de morro. Na figura 27 observa-se o plantio de eucalipto na área urbana do município.

A agropecuária e o plantio de eucalipto vêm ocorrendo de forma desordenada, sem levar em consideração a legislação vigente, como preservação de mata nativa, conservação da vegetação de topos de morro e em áreas de recarga, recuperação e preservação de nascentes e matas ciliares.

Figura 26- Plantações de eucalipto (2007/2008), microbacia hidrográfica Ribeirão Matizada, Coluna/MG



Fonte: Fotos da autora, 2007/2008

**Figura 27- Plantações de eucalipto atual na microbacia hidrográfica Ribeirão
Matinada, Coluna/MG**



Fonte: Fotos da autora, 2022

Os processos erosivos podem ter origem natural, porém quando o uso e ocupação da terra ocorrem sem planejamento e de forma desordenada esses processos erosivos podem ser potencializados levando a degradação do meio ambiente. A microbacia hidrográfica do Ribeirão Matinada se encontra em uma área de declividade média de 26%, bacias com valores altos de declividade média apresentam maior vulnerabilidade de sofrerem erosão por escoamento hídrico superficial (Machado e Torres, 2012).

A área da bacia é tipicamente do complexo granito-gnáissico e o solo apresenta relevo acidentado, mesmo sendo os latossolos bem resistentes à erosão, no entanto, a predominância de uso do solo para pastagem, combinado com o relevo acidentado, podem ser apontados alguns fatores que contribuem para o processo erosivo. As tarefas rotineiras de exploração inadequada das terras que podem acelerar a degradação do solo, destacadas por Lepsch (2002), podem ser observadas no uso do solo da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matinada, como: o revolvimento com arado, o plantio e cultivo “morro-abaixo”, queimadas e o pisoteio do gado em pastagens, podendo acrescentar a silvicultura como uso mais recente, na produção de lenha, carvão e madeira, contribui para a destruição das florestas, facilitando a ação da água das chuvas sobre a terra, provocando compactação e erosão do solo, assoreamentos dos rios e contaminação das águas.

A figura 28 retrata alguns fatores contribuintes para o processo erosivo, como: a retirada da vegetação natural para a criação do gado, queimadas para a limpeza do pasto e associado com o pisoteio do gado, podem levar à compactação e erosão do solo.

Figura 28- Fatores contribuintes para o processo erosivo



Fonte: Fotos da autora, 2021

A pastagem sendo o principal uso da terra na área estudada pode ser a principal responsável pela degradação dos solos, pois muitas vezes há retirada de vegetação remanescente para a criação do gado. O desmatamento e a prática de queimadas, para a limpeza do pasto para a criação, agricultura ou silvicultura contribuem muito para o aumento do processo erosivo, pois diminuem o teor de matéria orgânica dos solos (Guerra e Botelho, 1996). Esses fatores, associados ao pisoteio do gado, podem levar à compactação e erosão do solo. Com isso, os solos ficam menos protegidos e ocorre menos penetração da água durante épocas de chuva ocasionando processos de perda da qualidade dos mesmos, consequentemente, reduzindo a taxa de infiltração e o aumento do escoamento superficial.

A partir dos trabalhos de campo, podem-se visualizar trechos da bacia do Ribeirão Matizada que não possui Área de Preservação Permanente (APP) preservada, este fato colabora com o aumento do escoamento superficial, podendo influenciar em processos de degradação a jusante e o assoreamento do córrego (Santos 2014). A supressão da vegetação, o uso e ocupação com manejo

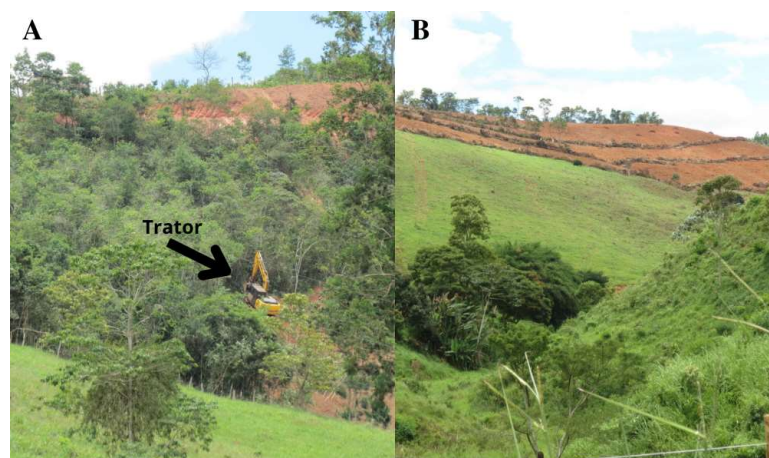
inadequado destas áreas podem implicar na alteração nos atributos químicos, físicos e biológicos dos solos, dos recursos hídricos e na condição de equilíbrio dos ecossistemas (Silva et al, 2017). Desse modo destaca-se a necessidade de preservação, principalmente em áreas de relevo ondulado e forte ondulado. As figuras 29 e 30 retratam a ocupação com manejo inadequado da bacia do Ribeirão Matizada.

Figura 29- Nascente Ribeirão Matizada- Coluna/MG



Fonte: Foto da autora, 2021

Figura 30- Desmatamento em Área de Proteção Permanente



Fonte: Foto da autora, 2022

A figura 29 corresponde a uma das nascentes do Ribeirão Matizada, pode-se constatar que a APP não está preservada, o solo está exposto e ausência de mata ciliar.

A figura 30 retrata a prática de desmatamento em área de APP, a foto A registra o trator em processo de retirada da vegetação remanescente e a foto B mostra o topo de morro em alta declividade com solo exposto em preparo para o plantio.

A cabeceira do Córrego São Joaquim, figura 31 (A) situa-se a leste da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada, a uma altitude 758 m, é um importante afluente da bacia, deságua no Ribeirão Matizada na área urbana do município, situa-se em área de relevo forte ondulado, o uso do solo é de pastagem e agricultura de subsistência, porém a cabeceira do córrego possui mata ciliar. No entanto, o trecho B, está a uma altitude de 697 m, a jusante cabeceira do Córrego São Joaquim, o uso do solo é de pastagem, sendo notada a ausência de mata ciliar. Seguindo a jusante, a 669 m de altitude, no trecho C, o córrego está assoreado e o uso do solo para agropecuária.

Figura 31- Cabeceira do córrego São Joaquim (A), área de pastagem na planície aluvial (B), assoreamento no córrego São Joaquim (C)



Fonte: Fotos da autora, 2022

A localização da bacia dentro da área urbana cria uma situação crítica, é possível observar a ocupação nas margens dos cursos d'água sem planejamento

ambiental. A figura 32 representa a comunidade “Goiaba”, fica a montante da área urbana do município, observa-se ocupações em topo de morro, encostas com solo exposto e a margem do rio usada para pastagem.

Figura 32 - Comunidade Goiaba - Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Matinada, Coluna/Mg



Fonte: Foto da autora, 2021

Segundo Tucci (2003) citado por Santos (2014), a falta de critérios técnicos específicos para construção e manutenção dos sistemas de drenagem urbana acarreta diversos impactos que são transferidos de montante para jusante da bacia. Como exemplo, em período chuvoso, com o escoamento superficial tem-se o aumento das frequências de enchentes e entupimento dos condutos e canais, por sedimentos e conseqüentemente a degradação da qualidade da água.

A figura 33 mostra a ocupação na margem dos cursos d'água, com destaque para a descarga do uso doméstico diretamente no córrego. As fotos foram tiradas em período chuvoso, antes e após a chuva, respectivamente. As fotos A e B são do Córrego São Joaquim, observa-se a cor da água praticamente sem alteração após a chuva, apresentando cor avermelhada devido à presença sedimentos, tal fato pode estar relacionado ao assoreamento a montante do Córrego São Joaquim. Já as fotos C e D, correspondem ao Ribeirão Matinada antes e após a chuva, onde percebe perfeitamente a alteração da água, devido ao transporte de sedimentos e escoamento superficial após a chuva.

Figura 33- Córrego São Joaquim (A e B) e Ribeirão Matinada (C e D), na área urbana, antes e após a chuva



Fonte: Fotos da autora, 2022

O Córrego São Joaquim deságua no Ribeirão Matinada ainda no perímetro urbano, a figura 34 (A) mostra material transportado pelas águas após enchente no córrego, próximo a sua foz, e a foto B mostra o encontro do Córrego São Joaquim com o Ribeirão Matinada, onde se percebe a cor mais avermelhada do Córrego São Joaquim.

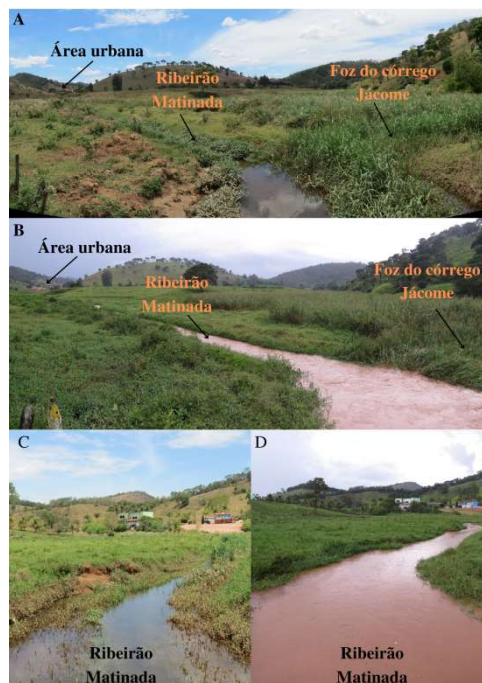
Figura 34- Material transportado no córrego São Joaquim após enchente (A) e Foz do córrego São Joaquim (B)



Fonte: Fotos da autora, 2022

A figura 35 ilustra a importância do Córrego Jácome para a microbacia, é o afluente de maior extensão e de representatividade devido à existência de várias comunidades rurais em todo o seu curso. Sua foz está a aproximadamente 2 km da sede do município, as fotos C e D, mostram o aumento de volume de água no Ribeirão Matinada após o encontro com o Córrego Jácome. Não pode deixar de ser notado, assim como na maior parte da bacia os córregos encontram-se desprovidos de mata ciliar e em processos erosivos.

Figura 35- Foz do córrego Jácome em período seco (A) e em período chuvoso (B), Ribeirão Matinada em período seco (C) e em período chuvoso (D)



Fonte: Fotos da autora, 2022

A disposição final dos resíduos sólidos urbanos constitui um sério problema na atualidade, pois afeta diretamente a qualidade ambiental e a saúde pública. Para o descarte do lixo do município há um aterro controlado, em consórcio com municípios vizinhos. Margeando o Ribeirão Matinada, seguindo a estrada que liga Coluna ao Município São José do Jacuri, está localizado o aterro controlado do Município. Situa-se na vertente direita da microbacia, a jusante, no Ribeirão Matinada, às margens da estrada, distam-se aproximadamente 3 km do perímetro urbano, numa altitude de 641 m.

Inicialmente a área foi construída para usina de triagem e compostagem, como registrado na figura 36 (A), o nome se mantém até hoje, porém, passou a ser utilizado como aterro controlado. Nas fotos B e C da Figura 36, nota-se um lixão a céu aberto, com a presença de animais, e na foto 36 (D), registra-se o chorume produzido. O que se pode constatar é, mais um problema ambiental na área de estudo, com poluição do solo, da água e do ar.

Figura 36- Aterro controlado na área da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matinada, Coluna/MG



Fonte: Fotos da autora, 2022

A figura 37 representa trechos próximos ao exutório da microbacia estudada, a foto 37 (A) registra a foz do Ribeirão Matinada no Rio Suaçuí Grande, divisa com o município de São João Evangelista. As fotos 37 (C e D) correspondem ao Ribeirão Matinada próximo à sua foz, pode-se notar água de cor mais avermelhada e a presença de material transportado, devido ao período chuvoso, no qual foram feitos os registros.

Figura 37- Foz do Ribeirão Matinada (A), Rio Suaçuí Grande (B), Ribeirão Matinada próximo a foz (C e D)



Fonte: Fotos da autora, 2022

Todas as ações que acontecem a montante de uma bacia irão repercutir em sua jusante, é o que podemos observar na microbacia do Ribeirão Matinada. A qualidade da água da bacia provavelmente está comprometida, influenciada pelo uso e ocupação do solo, os córregos se encontram praticamente desprovidos de mata ciliar, a cobertura principal do solo é representada pelos campos antrópicos agropecuários, indícios de ligação clandestina de esgoto doméstico, escoamento superficial urbano, todos esses fatores contribuem para a degradação de qualidade da água do Ribeirão Matinada.

5 CONCLUSÃO

A utilização do Software QGIS e complementos, SAGA e GRASS, foram eficazes na manipulação dos dados e na simulação do espaço físico da microbacia hidrográfica do Ribeirão Matizada gerando dados confiáveis de características da área. Mostrou-se uma alternativa viável e efetiva e podendo ser reproduzido em outras pequenas bacias hidrográficas.

Para os anos analisados foram perceptíveis às mudanças nas classes de uso e ocupação da terra para a área da bacia, evidenciando que o principal uso é pastagem e crescimento na silvicultura, confirmando que há predominância da agropecuária. Atualmente percebe uma diminuição no desmatamento de floresta natural e a conservação da vegetação nativa em altitudes superiores e em áreas de maior declividade.

O mapa de vulnerabilidade representou o comportamento atual da bacia hidrográfica em relação aos processos de uso da terra, possibilitando identificar regiões que apresentam suscetibilidade à erosão, bem como áreas estáveis para fins de planejamento territorial. Os processos erosivos são muito expressivos por toda área pesquisada, desta forma, este estudo colabora com o diagnóstico de áreas suscetíveis a processos de degradação.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Os Domínios de Natureza no Brasil – Potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159p.
- ATTANASIO, C.M. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade**. 193p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- BAARS, F. J.; FONSECA, E. DA. (1997). **Geologia da Folha São Sebastião do Maranhão**. In: GROSSI-SAD, J. H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C., SOARES-FILHO, B. S. (coordenadores e editores). PROJETO ESPINHAÇO EM CD-ROM (textos, mapas e anexos). Belo Horizonte, COMIG – Companhia Mineradora de Minas Gerais, p. 1807-1900.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA): **Política Nacional de Recursos Hídricos**. s/d. Disponível em: <<<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos>>> Acesso em 06/10/2021.
- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1984. 112p.
- BORGES, E.F. et al. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Grande, oeste da Bahia – BA**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.6, n.5, p. 31863 – 31875, maio, 2020.
- BRASIL. **Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acesso em 29/11/2021.
- BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências**. Brasília. DF. 08 Jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm> Acesso em 13/08/2021.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2ª Ed, 1980.
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. 2ª Edição revisada e ampliada. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). Porto Alegre, RS, 2015.336p.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; DUARTE, V.; HERNADEZ, P.; FLORENZANO, T.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. INPE. São José dos Campos, 2001.
- DPS-UFV. **Mapa de Solos: Departamento de Solos e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa**, 2010. Disponível em: <https://www.dps.ufv.br/?page_id=742>, Acesso em: 23/08/2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Rio de Janeiro, RJ. In: reunião técnica de levantamento de solos, 10.1979, Rio de Janeiro. Súmula. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 1).

FEAM. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais: legenda expandida**. Universidade Federal de Viçosa, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, Universidade Federal de Lavras, Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 2010. 49p.

GUERRA, A.J.T; BOTELHO, R.G.M. **Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análises dos processos erosivos**. Anuário do Instituto de Geociências, V 19, 1996. 22p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados do Censo Agropecuário de 2017 para o Município de Coluna. Disponível em: << <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/coluna/pesquisa/24/76693>>> Acesso em: 13/10/2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Extração Vegetal e Silvicultura (dados históricos). Disponível em: << <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/coluna/pesquisa/16/12705>>> Acesso em 13/10/2022

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha Municipal, 2021. Disponível em: << <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=downloads>>> Acesso em: 21/08/2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População Estimada para o Município de Coluna em 2021. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/coluna/panorama>> Acesso em 28/03/2022.

IGAM. **Gestão e situação das águas de Minas Gerais, 2019**. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2019. 160 p.; il.

TOPODATA. **Banco de dados geomorfométricos do Brasil. Variáveis geomorfométricas locais**. São José dos Campos, 2008. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>> Acesso em: 23/07/2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de Dados Históricos: Estação Meteorológica de Itamarandiba**. Dados Mensais (1984-2020). Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/>> Acesso em 06/09/2022.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. **Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG-Brasil**. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rem/a/ZdVsdMXsxTZ4ZziNkG6Jmqh/?lang=pt>> Acesso em 31/05/2022.

LEPSCH, I. F. **Formação de Conservação dos Solos**. Oficina de Textos, São Paulo, 2002. 178p.

LOPES, I.; LEAL, B.G.; RAMOS, C.M.C. **Caracterização morfométrica de bacia hidrográfica no semiárido de Pernambuco através de dados SRTM em softwares livre**. Journal of Hyperspectral Remote Sensing. v.8, n.1, 2018, p.31-40. Disponível em <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/jhrs/article/view/237345>> Acesso em: 16/03/2022.

LEITE, M.E.; ROCHA, A.M. **Sistema de informações geográficas (SIG) aplicado ao cálculo de índices morfométricos em bacia hidrográfica**. Geo UERJ, Rio de Janeiro, n.28, p.44-56, 2016.

LIMA, A.S.; FONTES, A.L. **Estudo de parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica do Rio Jacarecica (SE)**. InterEspaço, Revista de Geografia e Interdisciplinaridade. Grajaú, MA. V.1, n3, p.203-221, Ed. Especial, 2015.

LIMA, M. M. P.; SILVA, L. **Análise da vulnerabilidade natural da bacia hidrográfica do rio Banabuiú, com apoio de geotecnologia**. Revista Brasileira de Geografia Física. 2012. V. 11, n.04. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234363>> Acesso em: 26/10/2022.

MACHADO, P.J.O.; TORRES, F.T.P. **Introdução à Hidrogeologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 178p.

MENDES, C.A.B.; CIRILO, J.A. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos: Princípios, Integração e Aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2013. 576p.

MMA – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003 <<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>>.

MOREIRA, L.L.; SERRA, J.C.V. **Avaliação de metodologias utilizadas em estudos morfométricos de bacias hidrográficas**. Revista Agrogeoambiental. Pouso Alegre, MG. V.9, n.1, 2017.

OLIVEIRA, P.T.S.; ALVES SOBRINHO, T.; STEFFEN, J.L.; RODRIGUES, D.B.B. **Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB. v.14, n.8, p.819-825, 2010

PISSARRA, T.C.T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A.S. **Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP)**. Rev. Bras. Ciências do Solo, Viçosa, n.28, p.297-305, 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/P8xymTtRbpgp846w7qGJzSj/?lang=pt>> Acesso em: 03/03/2022.

PORTO, M.F.A.; PORTO, R.L.L. **Gestão de bacias hidrográficas**. Estudos Avançados, 22 (63). Escola Politécnica. São Paulo. 2008. Disponível em: <<<https://www.scielo.br/j/ea/a/ccyh4cf7NMdbpJdhSzCRNtR/abstract/?lang=pt>>> Acesso em: 23/10/2022.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção v.6 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/download>>. Acesso em 01 de outubro de 2021.

REIS, R.J.; GUIMARÃES, D.P.; LANDAU, E.C. **Chuvas em Minas Gerais**. Belo Horizonte: Ed. PUC Minas, 2012. 96p.

SANTOS, F. M. **Caracterização do meio físico da Bacia do Córrego Caçula e processos de degradação associados com vistas ao planejamento territorial**. 2014. 122f, Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais). Faculdade de Engenharia, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, UNESP. Ilha Solteira 2014. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/108440/000739812.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 10/11/2022.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental – teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184p.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A.F.M. **Conceitos de Bacias Hidrográficas: Teorias e Aplicações**. Ilhéus, Ba, Editus, 2005. 293p.

SEABRA, V. S.; CRUZ, C. M. **Mapeamento da Dinâmica da Cobertura e Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio São João, RJ**. Soc. & Nat., Uberlândia, 25 (2): 411-426, mai/ago/2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sn/a/Lf5zmjytjz6zRNHBSsx3sYj/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em 27/09/2022.

SILVA, C.V.T.; FILHO, J.C.R.; SILVA, P.C.M.; FILHO, L.C.A.L., BRASIL, J.B. **Caracterização morfométrica, uso e ocupação de uma bacia hidrográfica**. Engenharia na Agricultura, v.25, n.5, p. 436-444, 2017.

SILVA NETO, A.F.; GUIMARÃES, C.L.; ARAÚJO, J.S.; ARAÚJO, J.S. **Geotecnologias para a caracterização morfométrica de bacia hidrográfica**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013, INPE.

SISEMA. **Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2021. Disponível em <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>> Acesso em: 03/11/2021.

SOARES, S.A. **Gestão de Recursos hídricos**. Curitiba: InterSaberes, 2015. 183p.

SOMBRA, A.C.S. **Caracterização morfométrica e de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Jurumirim – Angra dos Reis, RJ: contribuição para gestão dos recursos hídricos**. 2018. UERJ, RJ. Faculdade de Formação de Professores. 97p.

TEODORO, V.L.L.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D.J.L.; FULLER, B.B. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. Revista uniara, nº20, 2007. Disponível em: <<https://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/236>> Acesso em 11/01/2022.

TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG.** 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/9559/1/texto%20completo.pdf> , Acesso em 03/03/2022.

USAID. CHIRPS: Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations. **Climate Hazards Center. University of California, Santa Barbara.** Disponível em: << <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>>> Acesso em: 11/10/2022.

ZANATA, M., et al. **Influência da escala na análise morfométrica de microbacias hidrográficas.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB. UAEA/UFCG. V.15, n.10, p.1062-1067, 2011.