

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

VINÍCIUS BISPO LEANDRO

**CARACTERIZAÇÃO DA MORFOMETRIA E ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO
SOLO NA MICROBACIA DO CÓRREGO BOA ESPERANÇA, LUCÉLIA-SP**

Ilha Solteira - SP
2024



VINÍCIUS BISPO LEANDRO

**CARACTERIZAÇÃO DA MORFOMETRIA E ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO
SOLO NA MICROBACIA DO CÓRREGO BOA ESPERANÇA, LUCÉLIA-SP**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada à Universidade Estadual
Paulista (UNESP), Faculdade de
Engenharia do Câmpus de Ilha Solteira,
para obtenção do título do grau de
Engenheiro Civil

Área de Concentração: Engenharia Civil

Orientador(a): Prof. Dr. César Gustavo da
Rocha Lima

Ilha Solteira - SP

2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

L437c Leandro, Vinícius Bispo.
Caracterização da morfometria e análise do uso e ocupação do solo na microbacia do córrego Boa Esperança, Lucélia-SP / Vinícius Bispo Leandro. --Ilha Solteira: [s.n.], 2024
48 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2024

Orientador: César Gustavo da Rocha Lima

Inclui bibliografia

1. Meio ambiente. 2. SPRING. 3. Geoprocessamento. 4. Sensoriamentoremoto. 5. Planejamento urbano.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno: VINÍCIUS BISPO LEANDRO

Título: **CARACTERIZAÇÃO DA MORFOMETRIA E ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA MICROBACIA DO CÓRREGO BOA ESPERANÇA, LUCÉLIA-SP**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil, junto ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. César Gustavo da Rocha Lima

UNESP – Campus de Ilha Solteira (Orientador)



M.a. Isadora Vitali Lobo

Mestra do PPGEC (FEIS/UNESP)



M.e. Olavo Tozete Tercini

Mestre do PPGEC (FEIS/UNESP)

Ilha Solteira

22/11/2024

AGRADECIMENTOS

Excepcionalmente aos meus pais, Aurisneide e Marcelo, que me apoiaram em cada decisão, me repassaram ensinamentos e educação que me tornaram a pessoa que sou hoje e que usarei para o restante da minha vida.

Ao meu professor e orientador César Gustavo da Rocha Lima que me proporcionou orientação assertiva e solícita em todas as disciplinas que ministrou e no desenvolvimento deste trabalho.

A Geometrisa, empresa responsável por me despertar o interesse em temas relacionados ao presente trabalho.

A minha amiga Angelina, que sempre esteve ao meu lado, me incentivou incondicionalmente e tornou meus dias mais leves.

Aos meus amigos que encontrei pela universidade, que me ajudaram a encarar os desafios do dia a dia.

A Deus, que me guiou e me deu discernimento para eu concluir essa jornada.

RESUMO

A análise dos componentes de uma bacia hidrográfica, como geometria, relevo, hidrografia e dinâmica urbana, é essencial para o planejamento e gestão ambiental, mitigando o crescimento desordenado e eventos como enchentes e inundações. O presente estudo busca subsidiar o planejamento e a gestão do espaço com foco na drenagem urbana, vulnerabilidade a eventos climáticos e análise multitemporal do uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego Boa Esperança localizado no município de Lucélia -SP. Para a análise morfométrica, utilizou-se de material cartográfico da área de estudo, além do modelo digital de elevação (MDE) e para a análise de uso e ocupação do solo foram utilizadas imagens de satélites Landsat-5 e landsat-8 com intervalo de 10 anos aproximadamente, a partir de 1991 até 2021. Em relação a análise morfométrica, os resultados indicaram que a microbacia apresenta um desnível mediano entre a cabeceira e exutório ($R_r = 0,02 \text{ km/km}$), um elevado escoamento superficial ($D_d = 2,35 \text{ km/km}^2$) e uma pequena tendência à erosão no canal principal ($I_s = 1,26$). Já para a análise do uso e ocupação do solo, foi observado um crescimento de 8,34% da área impermeável em relação a área total da microbacia, indicando o crescimento da área urbana. Dessa forma, a partir da análise dos parâmetros morfométricos e a crescente impermeabilização causada pela expansão da malha urbana em direção ao curso de água principal, a microbacia apresenta uma moderada suscetibilidade a enchentes, sendo necessário uma melhora no plano diretor do município, no que se diz respeito ao planejamento urbano para os próximos anos, a fim de controlar as vulnerabilidades ambientais.

Palavras-chave: Meio Ambiente. SPRING. Geoprocessamento. Sensoriamento Remoto. Planejamento urbano.

ABSTRACT

The analysis of the components of a river basin, such as geometry, relief, hydrography and urban dynamics, is essential for environmental planning and management, mitigating disordered growth and events such as floods and floods. The present study seeks to support planning and space management with a focus on urban drainage, vulnerability to climatic events and multi-temporal analysis of land use and occupation in the Córrego Boa Esperança river basin located in the municipality of Lucélia -SP. Thus, geoprocessing techniques were used from Geographic Information Systems (GIS) in the SPRING 5.4.3 software. For the morphometric analysis, cartographic material from the study area was used, in addition to the digital elevation model (DEM), and for the analysis of land use and occupation, images from Landsat-5 and Landsat-8 satellites were used with an interval of approximately 10 years, from 1991 to 2021. Regarding the morphometric analysis, the results indicated that the river basin presents a median difference in level between the headwaters and the outlet ($R_r = 0,02$ km/km), a high surface runoff ($D_d = 2,35$ km/km²) and a small tendency to erosion in the main channel ($I_s = 1,26$). For the analysis of land use and occupation, an 8,34% of the impermeable area in relation to the total area of the river basin, reducing the growth of the urban area. Thus, based on the analysis of the morphometric parameters and the increasing waterproofing caused by the expansion of the urban network towards the main watercourse, the river basin presents a moderate susceptibility to floods, requiring an improvement in the municipality's master plan, in terms of concerns urban planning for the coming years in order to control environmental vulnerabilities.

Keywords: Environment. SPRING. Geoprocessing. Remote Sensing. Urban planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação esquemática de uma bacia hidrográfica	14
Figura 2 - Ordem dos rios	18
Figura 3 - Localização da microbacia do Córrego Boa Esperança.....	24
Figura 4 – Altimetria e cursos d'água	28
Figura 5 - Mapa de declividades	29
Figura 6 – Perfil Longitudinal do canal principal	33
Figura 7 – Uso e ocupação do ano de 1991	34
Figura 8 – Uso e ocupação do ano de 2002	34
Figura 9 - Uso e ocupação do ano de 2011	35
Figura 10 - Uso ocupação do ano de 2021	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Imagens LANDSAT	27
Tabela 2 - Altimetria	29
Tabela 3 - Dados físicos.....	30
Tabela 4 - Parâmetros morfométricos	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dados físicos	25
Quadro 2 – Parâmetros morfométricos	26
Quadro 3 - Chave de interpretação	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	BACIAS HIDROGRÁFICAS	13
2.2	ANÁLISE MORFOMETRICA.....	14
2.2.1	Densidade de Drenagem (Dd).....	14
2.2.2	Coeficiente de compacidade (kc):.....	15
2.2.3	Fator de forma (kf).....	16
2.2.4	Índice de Sinuosidade (Is)	16
2.2.5	Razão de Relevo (Rr).....	17
2.2.6	Ordem dos rios	18
2.3	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	19
2.4	SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	20
2.5	ESTUDOS CORRELATOS	21
3	MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	23
3.2	TRATAMENTO DE DADOS DA MORFOMETRIA	24
3.3	TRATAMENTO DE DADOS DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
4.1	ANÁLISE MORFOMÉTRICA.....	28
4.2	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	33
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
6	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, é comum observar a falta de um planejamento urbano cuidadoso e de infraestrutura adequada, resultando em transtornos para a população. A ocorrência frequente de chuvas intensas, típicas do clima tropical do país, se soma a outros fatores como tipos de solos e condições de relevo, criando um cenário vulnerável a eventos como enchentes. Esses problemas são exacerbados pelas características específicas da drenagem de uma bacia hidrográfica, incluindo sua forma e densidade. Dessa forma, a análise morfométrica surge como uma contribuição significativa, apresentando-se como uma ferramenta crucial de suporte para o planejamento territorial.

A falta de investimento urbano e o crescimento populacional desordenado complicam ainda mais o planejamento urbano adequado, exigindo abordagens mais complexas. Diante dessa situação, o espaço urbano engloba uma variedade de atividades humanas, juntamente com diversos usos. No entanto, para otimizar a utilização do solo, o planejamento surge como uma ferramenta de grande importância. Além de garantir os direitos fundamentais relacionados à infraestrutura, saúde e lazer, o planejamento desempenha um papel crucial na prevenção de questões como questões e vulnerabilidades, proporcionando uma camada adicional de segurança.

O uso do sensoriamento remoto associado às técnicas de geoprocessamento por meio dos Sistemas de Informações Geográficas, facilita e aumenta a eficiência da obtenção e manuseio de dados. Dessa maneira, é possível a criação de um banco de dados georreferenciados, permitindo a detecção de mudanças no uso e cobertura da terra, informações, além de alterações da paisagem em uma escala temporal, reconhecendo possíveis vulnerabilidades ambientais para que haja a correta tomada de decisão para o planejamento urbano, além de auxiliar formulação de medidas mitigadoras para os impactos ambientais negativos (Cunha *et al.*, 2012; Câmara e Medeiros, 1998).

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo estudar e analisar a morfometria e, a partir de uma relação multitemporal o uso e cobertura da terra na microbacia hidrográfica do Córrego Boa Esperança, localizada no município de Lucélia – SP, além apontar se a microbacia possui suscetibilidade a enchentes e inundações, promovendo considerações em relação ao planejamento urbano do município.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

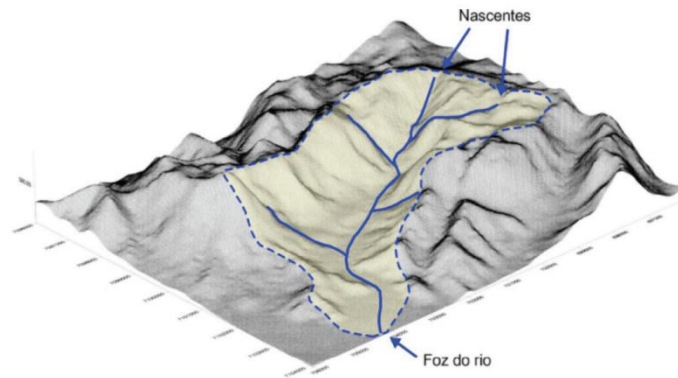
2.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS

Segundo Barrela (2001), uma bacia hidrográfica é definida como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada por divisores de água em regiões altas de relevo. A água da chuva escoar pela superfície, formando rios e riachos, ou se infiltra no solo, alimentando nascentes e lençóis freáticos. O fluxo segue para as áreas mais baixas, onde riachos se unem e dão origem a rios que desaguam no oceano.

A bacia hidrográfica, conforme Lima (1986), é um sistema geomorfológico aberto, em equilíbrio sonoro, onde adições ou perdas de energia são compensadas. Suas características, como área, afetam o escoamento superficial, enquanto a relevância e a forma influenciam o regime de produção de água e as taxas de sedimentação. De acordo com Lima e Zakia (2000), as bacias hidrográficas são sistemas abertos que recebem energia por agentes climáticos, perdendo energia pelo deflúvio, mantendo-se em equilíbrio mesmo diante de perturbações antropogênicas.

Com as precipitações, há o escoamento superficial para os cursos d'água e a infiltração nos solos até o lençol freático. Os rios formados desaguam no oceano, no entanto, uma parte da água é consumida e evaporada, formando as nuvens e formará novas precipitações, formando o ciclo hidrológico. A área em que a água precipitada, escoada e drenada para o ponto mais baixo do relevo, é chamada de bacia hidrográfica (Teodoro *et al.*, 2007). A Figura 1 abaixo indica uma representação esquemática de uma bacia hidrográfica.

Figura 1 - Representação esquemática de uma bacia hidrográfica



Fonte: Maia *et al.* (2020).

Cada bacia hidrográfica possui características distintas que interferem em sua dinâmica hídrica, dessa forma, é importante analisar a sua morfometria para dar suporte ao planejamento da sua ocupação e utilização.

2.2 ANÁLISE MORFOMETRICA

De acordo com Campanharo (2010), a morfometria pode ser definida como uma análise matemática das formações e configurações da superfície de uma bacia hidrográfica. Os índices morfométricos podem indicar as características geométricas, características da rede de drenagem ou de relevo. A obtenção das características físicas da bacia auxilia a compreensão do seu ciclo hidrológico e tomada de decisão para precaução de desastres naturais, além de ser uma ótima ferramenta no diagnóstico de suscetibilidade à degradação ambiental

Muitos parâmetros morfométricos podem ser utilizados para a obtenção da morfometria da bacia, abaixo estão caracterizados os seguintes parâmetros:

2.2.1 Densidade de Drenagem (Dd)

De acordo com Villela e Matos (1975), a densidade de drenagem pode ser expressa pela relação entre o comprimento total dos cursos d'água da bacia e sua área total, além disso, ela varia inversamente com a extensão do escoamento superficial. De acordo com Beltrame (1994), o valor da densidade de drenagem pode ser classificado como:

- Menor que 0,50 (km/km^2): Baixo
- Entre 0,50 e 2,00 (km/km^2): Mediano
- Entre 2,01 e 3,50 (km/km^2): Alto
- Maior que 3,50 (km/km^2): Muito Alto

A densidade de drenagem pode ser calculada pela seguinte equação:

$$D_d = \frac{\sum L}{A}$$

Onde:

D_d – Densidade de drenagem (km/km^2);

$\sum L$ – Comprimento total dos cursos d'água (km);

A – Área da bacia em (km^2).

2.2.2 Coeficiente de compacidade (kc):

O coeficiente de compacidade é um número adimensional e varia de acordo com a forma da bacia, relacionando-a com um círculo. Ao se aproximar da unidade, mais circular a bacia é. De acordo com Lima *et al.* (2013), o valor do kc pode ser classificado da seguinte forma:

- 1,00 a 1,25 - bacia com alta suscetibilidade a enchentes;
- 1,25 a 1,50 - bacia com média suscetibilidade a grandes enchentes
- Maior que 1,50 - bacia não sujeita a grandes enchentes.

O coeficiente de compacidade pode ser calculado pela seguinte equação:

$$K_c = \frac{0,28P}{\sqrt{A}}$$

Onde:

K_c – Coeficiente de Compacidade;

P – Perímetro da bacia (km);

A – Área da bacia (km²).

2.2.3 Fator de forma (kf)

O fator de forma relaciona a largura média da bacia e seu comprimento axial. Esse índice pode indicar maior ou menor tendência para enchentes, sendo que, uma bacia com menor fator de forma comparada a outra do mesmo tamanho com maior fator de forma, é menos sujeita a enchentes por ela ser menos estreita e longa e ter menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas (Villela e Matos, 1975).

De acordo com Silva e Mello (2015), a partir do resultado do fator de forma, a microbacia pode ser classificada da seguinte maneira:

- Menor ou igual a 0,50 - bacia não sujeita a enchentes;
- Entre 0,50 e 0,75 - bacia com tendência mediana a enchentes;
- Maior ou igual a 0,75 - bacia sujeita a enchentes.

A equação a seguir apresenta como é calculado o fator de forma:

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

Onde:

Kf – Fator de Forma;

A – Área da bacia (km²);

L – Comprimento axial da bacia (km).

2.2.4 Índice de Sinuosidade (Is)

De acordo com Castro e Alves (2003), o índice de sinuosidade relaciona o comprimento e a distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal. Esse

índice afeta a velocidade do escoamento de água no canal, sendo que, quanto maior a sinuosidade, mais tempo a água leva para percorrer o canal (Valle Junior, 2008).

O índice de sinuosidade indica se o canal é retilíneo ou tortuoso:

- Quanto mais próximo de 1,00 – canal tende a ser retilíneo;
- Maior que 2,00 – canal tortuoso

A equação a seguir representa como é calculado o índice de sinuosidade:

$$I_s = \frac{C_{CP}}{d_v}$$

Onde:

I_s – índice de Sinuosidade;

C_{CP} – Comprimento do canal principal (km);

d_v – Distância vetorial entre os pontos extremos do canal (km).

2.2.5 Razão de Relevô (Rr)

A razão de relevô é uma relação entre a amplitude altimétrica da bacia e o comprimento axial da bacia. De acordo com Piedade (1980), a relação de relevô pode ser classificada da seguinte maneira:

- É considerado um valor baixo entre 0,00 a 0,10;
- Médio entre 0,11 a 0,30;
- Alto entre 0,31 a 0,60.

A equação a seguir representa como é calculado a Razão de Relevô:

$$R_r = \frac{A_a}{C}$$

Onde:

R_r – Índice de Sinuosidade (km/km);

C – Comprimento total da bacia (km);

A_a – Amplitude altimétrica da bacia (km).

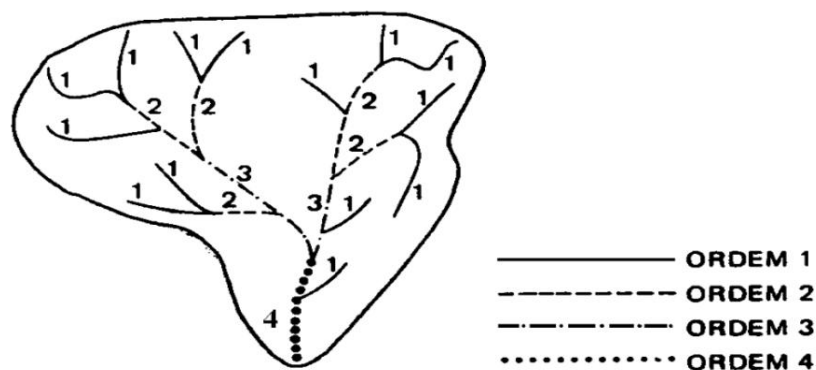
2.2.6 Ordem dos rios

A ordem dos rios, de acordo com a classificação proposta por Horton (1945) e modificada por Strahler (1952) reflete o grau de ramificação dentro da bacia. Todos os canais são considerados, sejam eles perenes, intermitentes ou efêmeros:

- São considerados de primeira ordem os canais formadores;
- Dois canais de primeira ordem ao se juntarem, formam um segmento de segunda ordem;
- A junção de dois rios de segunda ordem forma rios de terceira ordem e assim por diante, dois rios de ordem n dão lugar a um rio de ordem $n+1$.

A Figura 2 indica um exemplo do grau de ramificação dos rios de uma bacia.

Figura 2 - Ordem dos rios



Fonte: Strahler (1952)

Associado a análise morfométrica, o estudo do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica é outra ferramenta essencial para o planejamento e gestão territorial, a fim de evitar os impactos negativos decorrentes do crescimento urbano desordenado. Esse tipo de análise permite identificar o aumento da impermeabilização do solo, que pode aumentar as chances da ocorrência de inundações e enchentes.

2.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

De acordo com Schlindwein *et al.* (2007), a expressão uso e ocupação do solo é formado por três conceitos: uso, ocupação e solo. O termo “uso” refere-se à ação antrópica, ou seja, o que o homem insere ou maneja a superfície terrestre; o termo “ocupação” refere-se às características físicas da superfície, como montanhas, campos, vegetação, entre outros, e por fim, o terceiro termo “solo” se refere à camada superficial da crosta terrestre.

A mudança do uso e ocupação do solo passou a ser assunto de discussões ambientais globais, já que é influenciada por ações antrópicas, afetando todo o ecossistema terrestre. A paisagem que vemos é condicionada a um relacionamento entre os elementos naturais e as mudanças, antrópicas ou não. O histórico das ações antrópicas é muito importante, pois levaram a várias das consequências e processos atuais (Santos *et al.*, 2017).

Com o crescimento desordenado das áreas produtivas, áreas urbanas e exploração dos recursos, houve modificação da forma como o meio natural se relaciona com a paisagem. São inúmeros os impactos socioeconômicos e ambientais que exigem tomadas de decisões e planejamento, de acordo com informações do espaço geográfico. De acordo com Torres (2011), o monitoramento do uso e cobertura do solo e a coleta de informações da realidade ambiental, são extremamente importantes para mitigar dos possíveis problemas que surgirão devido ao mau uso do solo.

A demanda de água e alimento aumenta muito a cada ano e por consequência, a demanda por terras agrícolas, modificando a paisagem. Toda essa pressão no solo aumenta a necessidade de planejamento para que garanta sustentabilidade socioeconômica e ambiental, preservando o meio ambiente, dessa maneira, é preciso conhecimento do uso e cobertura do solo para que as medidas e gestão do espaço sejam promissoras (Schlindwein *et al.*, 2007).

A utilização do Sensoriamento Remoto associado ao geoprocessamento dos Sistemas de Informações Geográficas vem sendo cada vez mais comum para o monitoramento e realização de estudos do terreno, tornando-se uma ferramenta eficaz para a gestão do espaço.

2.4 SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

De acordo com Novo (1999), o termo sensoriamento remoto é o processo de aquisição de informações de um objeto feitas por um sensor sem contato físico direto. As informações são coletadas a partir da detecção e medição de alterações que provocam campos de força ao seu redor.

Os sensores são sistemas óptico-eletrônicos, detectando o fluxo de energia radiante, a radiação eletromagnética (REM) que é refletido ou emitido por objetos em faixas espectrais, em forma de imagens. Dessa forma, é possível adquirir informações, sem necessidade de contato físico. Como exemplo, o satélite LANDSAT (Land Remote Sensing Satellite), é muito útil para, por exemplo, rastrear áreas desmatadas da Amazônia Legal, obtendo imagens periódicas (Dainese, 2001).

Por sua vez, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são definidos como um conjunto de ferramentas utilizadas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar informações do mundo para um objetivo específico (Burrough e McDonnell, 1998). De acordo com Macedo, Mendes e Costa (2018), o SIG foi desenvolvido para gerenciar informações de entidades distribuídas geograficamente.

Conforme Cunha *et al.* (2012), as imagens de satélites oriundas do sensoriamento remoto combinadas com o geoprocessamento dos SIGs, torna prática a identificação de mudanças do uso e cobertura do solo, além de perceber mudanças nas paisagens a partir de uma análise multitemporal.

As ferramentas de geoprocessamento são muito úteis para a delimitação de bacia hidrográficas, apontando os divisores de água e a rede fluvial de drenagem. Ao se utilizar os Modelos Digitais de Elevação (MDE), é possível criar uma linha fechada a partir das curvas de nível, iniciando-se no exutório e passando pelas maiores cotas até formar o polígono da bacia (Nagettini, 2000).

Ao decorrer dos anos, cada vez mais estudos estão sendo feitos utilizando o Sensoriamento Remoto e as ferramentas de geoprocessamento para avaliar a morfometria ou o uso e ocupação do solo a fim de auxiliar a tomada de decisão para o planejamento urbano e criação de medidas mitigadoras para os impactos ambientais, como veremos abaixo.

2.5 ESTUDOS CORRELATOS

O estudo conduzido por Parente (2024), buscou identificar possíveis áreas de risco para alagamentos na área urbana de Palmas – Tocantins, dessa forma, utilizou como fatores de identificação a declividade, altimetria e cobertura da terra, os dados foram processados utilizando o SIG. O estudo concluiu que a região não apresenta risco consideráveis de enchentes, no entanto, devido a crescente impermeabilização dos terrenos e a drenagem inadequada, é preciso se atentar a essa vulnerabilidade.

Já a pesquisa de Bertotti (2024), utilizou as ferramentas de geoprocessamento para obter informações e parâmetros para caracterizar o espaço geográfico da Bacia Hidrográfica do Rio Xarquinho – PR. Os resultados indicaram que o uso e cobertura da terra é predominantemente para lavoura temporária e ao se analisar os parâmetros morfométricos calculados, o valor do coeficiente de compacidade indica para uma suscetibilidade mediana à enchentes. Por fim, Bertotti (2024) afirma que as técnicas do geoprocessamento de dados por meio do SIG são uma ferramenta muito eficiente e robusta que permitiu a obtenção de dados importantes para representação espacial e produtos temáticos.

O trabalho dirigido por Almeida, Soares e Silva (2024) utilizaram o geoprocessamento para obter informações sobre a morfometria e densidade da cobertura vegetal de um fragmento florestal do igarapé da Vovó, Manaus – AM. Foi observado que a rede de drenagem da área é formado por canais de primeira e segunda ordem, além disso, houve diminuição da área do fragmento florestal e vegetação de proteção pela ocupação urbana da área, tornando a região propícia a vários impactos negativos, como assoreamento e erosões. Os autores concluíram que a área necessita de uma proteção natural para evitar impactos ambientais negativos e também a criação de um corredor ecológico para unir o fragmento do igarapé da Vovó com outros fragmentos existentes.

Sousa (2024), utilizou imagens e o geoprocessamento para monitorar uma área de preservação permanente (APP) da bacia hidrográfica do Riacho da Estrema, município de Grajaú – Maranhão. De acordo com o estudo, aproximadamente 65% do espaço territorial da sub-bacia é ocupado por áreas agricultáveis, apresentando um desafio para a preservação da área, além disso, houve um desmatamento ao longo dos anos de 41% da área estudada de maneira ilegal. Dessa forma, o autor considera que é de extrema importância a adoção de medidas para a regularização das áreas

ocupadas ilegalmente na região, além de promover a recomposição das APPs, incentivar práticas sustentáveis do manejo dos recursos naturais, fiscalização e cumprimento das leis ambientais.

Também, Rizzo, Santos e Silva (2024), analisaram a variação espaço temporal da Temperatura da Superfície (TST), por meio de imagens de satélites LANDSAT da bacia hidrográfica do córrego do Pequiá, no Maranhão. Os autores verificaram uma diferença de 4° de temperatura média do período inicial estudado para o atual e notaram que nos locais que mais apresentaram variação de temperatura houve redução da vegetação em prol das pastagens, afetando negativamente na variação da TST, dessa forma, é necessário a criação de medidas mitigadoras na região, a fim de melhorar a qualidade ambiental e térmica da região e qualidade de vida da população residente.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

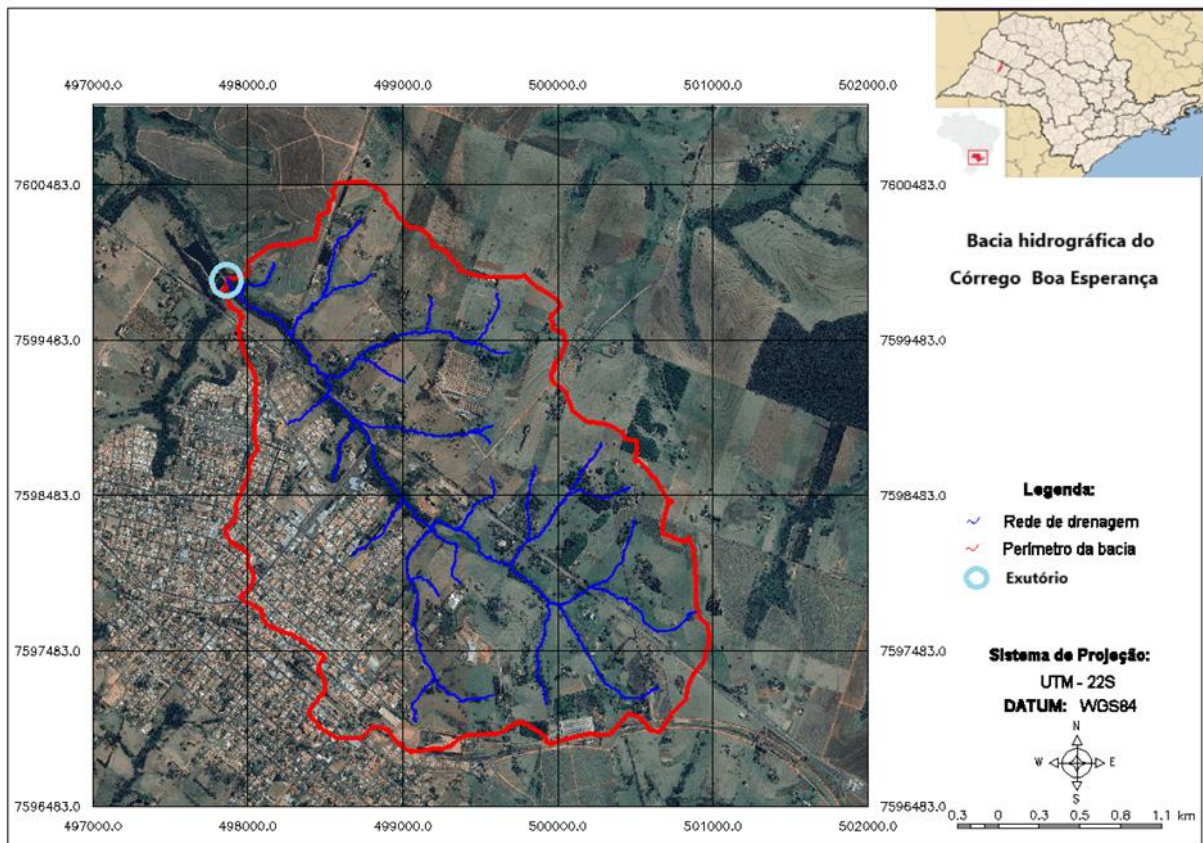
O município de Lucélia está a uma altitude de 438 metros e segundo o censo de 2022 a população é de 20.061 pessoas (IBGE, 2022). Além disso, o município possui área urbanizada de 5,27km² e se encontra no bioma da Mata Atlântica (Cidades IBGE, 2024).

Em relação ao clima, de acordo com a classificação climática de Köppen, para o Estado de São Paulo, o município está no clima do tipo Aw, definido como um clima tropical com estação seca de Inverno.

Segundo o Plano Diretor de Desenvolvimento Turístico do município, sobre a base econômica principal, a agricultura esteve sempre presente no território, sendo que até 1970, a produção de café, amendoim e algodão eram predominantes. A partir dos anos 1970 e 1980, o plantio de cana de açúcar para a produção de álcool combustível, e a pecuária prevaleceram juntamente com a indústria de bioenergia, o que impulsionou o crescimento do município (Lucélia, 2016).

Para a análise, apenas o alto curso do Córrego Boa Esperança foi escolhido, visto que ele se encontra dentro da área urbana do município, que está em crescimento, dessa forma, a microbacia cobre aproximadamente 40% do local e possui 7,61 km² de área aproximadamente.

Figura 3 - Localização da microbacia do Córrego Boa Esperança



Fonte: Elaborado pelo autor (Composição Colorida – Imagem AIRBUS, Google Earth, 2024)

3.2 TRATAMENTO DE DADOS DA MORFOMETRIA

Inicialmente, foi criado um banco de dados no Spring versão 5.4.3 (Câmara *et al*, 1996) para a área de interesse, desse modo, utilizou-se a projeção Projeção Transversa de Mercator, modelo WGS 84 e as coordenadas planas a partir das informações do Google Earth. Em seguida foram obtidas as imagens SRTM – Shuttle Radar Topographic Mission do site Brasil em Relevo com resolução espacial de 90 metros, da EMBRAPA (2024) e importadas para o SPRING. Foi utilizada a função Geração Numérica de Terreno do Spring para converter as imagens SRTM para MNT (Modelo Numérico de Terreno). A partir do MNT, criou-se as isolinhas de altitude utilizando a função Geração de Isolinhas para o terreno. Os cursos d'água foram obtidos no site da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. Em seguida, foi traçada a microbacia manualmente de acordo com os seguintes passos:

- Definição do Exutório (ponto mais baixo do curso d'água principal da microbacia);

- Conexão entre o ponto inicial (exutório) e os pontos mais altos do terreno, levando em consideração as curvas de nível e o comportamento do escoamento. O traçado foi construído manualmente a partir da função Edição Vetorial no Spring versão 5.4.3 (Câmara *et al*, 1996);
- Retorno do traçado até o ponto inicial (exutório) e formação do polígono.

Além disso, foi feita a classificação da ordem dos rios de acordo com Strahler (1952):

- Corpos hídricos de nascentes de cabeceira são de primeira ordem;
- Quando dois rios de mesma ordem se unem, formam um rio de ordem superior. Já quando rios de ordens distintas convergem, prevalece a ordem maior;
- A ordem de um rio resultante corresponde à soma das ordens dos rios que o formaram.

Também, foram gerados os mapas de declividade, hipsometria e traçado perfil do canal principal, utilizando as ferramentas declividade, fatiamento e perfil do *software* Spring versão 5.4.3 (Câmara *et al*, 1996). Depois, foram extraídos dados físicos, apresentados no Quadro 1 abaixo, a partir das ferramentas métricas e medidas de classe.

Quadro 1 – Dados físicos

Dados Físicos	Unidade
Altitude máxima	m
Altitude mínima	m
Amplitude altimétrica (Aa)	m
Amplitude altimétrica do canal principal (Aacp)	m
Área (A)	km ²
Comprimento total da bacia (C)	km
Comprimento total do canal principal (Ccp)	km
Comprimento total dos cursos d'água da bacia (ΣL)	km
Declividade média da bacia	%
Declividade do rio principal	%
Distância vetorial entre pontos extremos do canal principal (dv)	km
Número de canais (n)	canais
Perímetro (P)	km

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com os dados físicos obtidos, foram calculados os parâmetros morfométricos elencados no Quadro 2, que foram utilizados para análise da suscetibilidade à enchentes e inundações.

Quadro 2 – Parâmetros morfométricos

Parâmetro	Equação	Referência
Densidade de Drenagem (Dd)	$D_d = \frac{\sum L}{A}$	Christofolletti (1980)
Coeficiente de Compacidade (Kc)	$K_c = \frac{0,28P}{\sqrt{A}}$	Lima (1969)
Fator forma (Kf)	$K_f = \frac{A}{L^2}$	Horton (1932)
Índice de Sinuosidade (Is)	$I_s = \frac{C_{CP}}{d_v}$	Horton (1945)
Razão de relevo (Rr)	$R_r = \frac{A_a}{C}$	Schumm (1956)

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 TRATAMENTO DE DADOS DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Para o estudo de uso e ocupação do solo, foram inseridas 4 imagens da série de satélite LANDSAT (Land Remote Sensing Satellite) no *software* Spring versão 5.4.3 (Câmara *et al*, 1996), sendo LANDSAT 5 e LANDSAT 8, todas as imagens foram obtidas pelo site USGS (2024).

O período analisado foi de 1991 a 2021 com intervalo de aproximadamente 10 anos, a escolha do ano de obtenção das imagens levou em consideração a qualidade visual e a verificação da ausência de nuvens. Além disso, foi aplicado o contraste para melhor visualização. A Tabela 1 abaixo apresenta as características de cada imagem.

Tabela 1 - Imagens LANDSAT

Nome	Data	Satélite	Bandas	Combinação
Imagem 1	18/03/1991	LANDSAT	3, 4 e 5	B (3) G (4) R (5)
Imagem 2	01/04/2002	LANDSAT	3, 4 e 5	B (3) G (4) R (5)
Imagem 3	10/04/2011	LANDSAT	3, 4 e 5	B (3) G (4) R (5)
Imagem 4	05/04/2021	LANDSAT	4, 5 e 6	B (4) G (5) R (6)

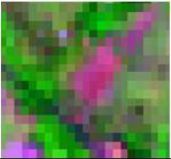
Fonte: Elaborado pelo autor.

Após essa etapa, deu-se início ao processo de classificação das imagens. Foi utilizada a função Segmentação do *software* Spring versão 5.4.3 (Câmara *et al*, 1996) escolhendo o índice de similaridade como 20 e o tamanho do pixel como 30.

Em seguida, utilizou-se a função Classificação de Imagens e o tipo de análise por regiões, sendo escolhido trabalhar apenas com duas classes: permeável e impermeável. Dessa forma, foi iniciado o treinamento por meio da coleta de amostras de cada imagem. O tipo de classificador utilizado foi Bhattacharya com limiar de aceitação de 99,9%. Posteriormente foi feito o recorte das imagens a partir da bacia gerada.

Os tipos de amostra coletadas estão indicadas na chave de interpretação indicada no Quadro 3.

Quadro 3 - Chave de interpretação

CLASSE	IMAGEM LANDSAT	IMAGEM DO GOOGLE EARTH	FOTO AÉREA	DETALHAMENTO
Área Impermeável				Áreas urbanas (Ruas, rodovias, ferrovias, edifícios, loteamentos, entre outros.)
Área Permeável				Áreas não urbanas (Fazendas, florestas, represas, rios, solo exposto, entre outros)

Fonte: Elaborado pelo autor.

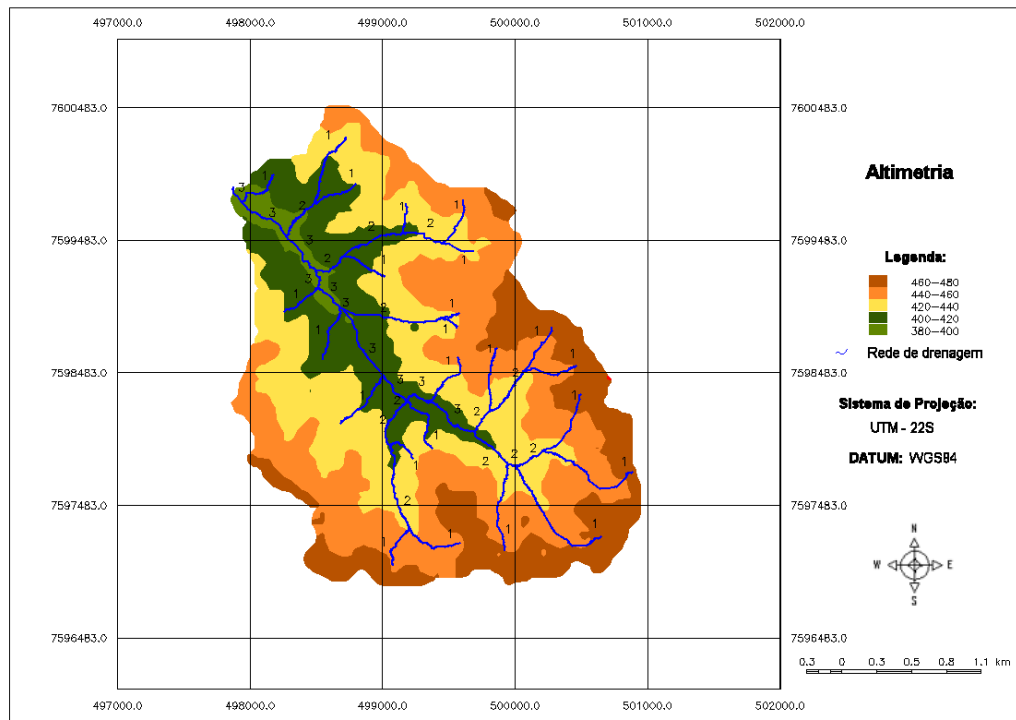
A partir dos dados obtidos, os resultados foram compilados e discutido com vistas ao planejamento urbano.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE MORFOMÉTRICA

A Figura 4 apresenta a bacia hidrográfica do córrego Boa Esperança, a altimetria e seus respectivos cursos d'água hierarquizados.

Figura 4 – Altimetria e cursos d'água



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com os dados obtidos, a microbacia possui ordem 3, e é formada por muitos canais de primeira ordem, dessa forma, pelo tamanho da área, ela possui uma boa capacidade de drenagem de forma dendrítica.

A altitude máxima da bacia é de 481 metros enquanto a mínima é 386 metros. Como altitude média, a bacia possui 440 metros. Na Tabela 2, foram apresentados os valores das áreas dos intervalos da altimetria.

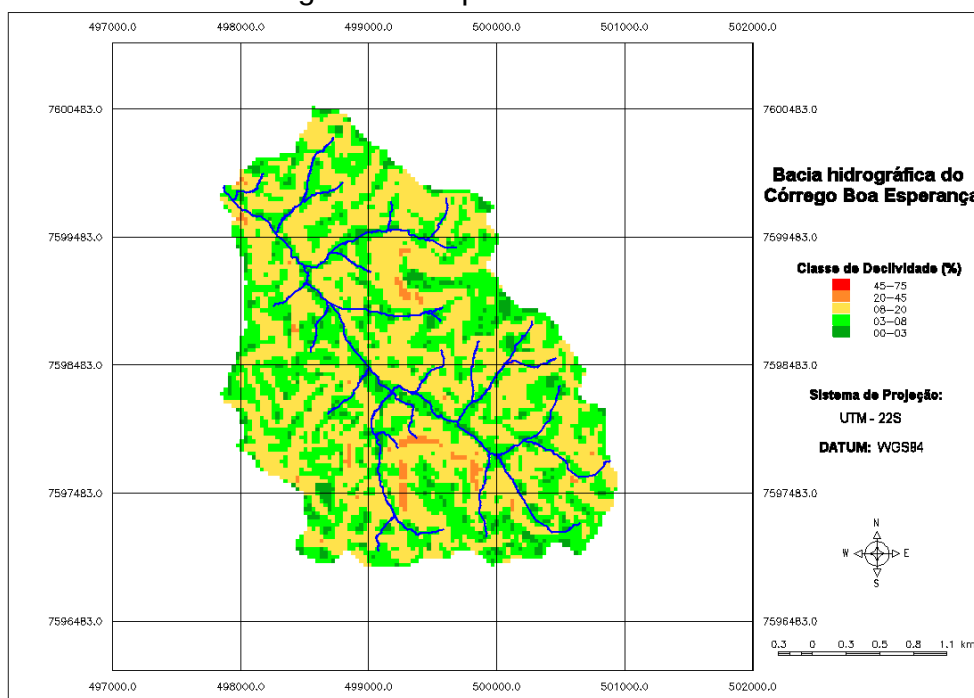
Tabela 2 - Altimetria

Intervalo	Área (km²)	%
380-400	0,22	2,87
400-420	1,33	17,53
420-440	2,28	29,99
440-460	2,50	32,78
460-480	1,28	16,82
480-500	0,00	0,01
Total	7,61	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 5 apresenta a declividade (%) da microbacia.

Figura 5 - Mapa de declividades



Fonte: Elaborado pelo autor.

O terreno da bacia hidrográfica do Córrego Boa Esperança apresenta declividade média de aproximadamente 9%, além disso, o mapa indica que as classes predominantes de declividade foram 3-8% e 8-20%. De acordo com a classificação da Embrapa (2013), o terreno pode ser classificado entre suave-ondulado e ondulado. Quanto maior a declividade, maior as chances de um escoamento superficial veloz, além de acumular água nas regiões mais baixas.

A partir da delimitação da bacia e retirada de informações de hidrografia e relevo, foram calculados os dados físicos que estão representados na tabela abaixo:

Tabela 3 - Dados físicos

Dados Físicos	Resultados	Unidade
Altitude máxima	481,00	m
Altitude mínima	386,00	m
Amplitude altimétrica (Aa)	95,00	m
Amplitude altimétrica do canal principal (Aacp)	75,00	m
Área (A)	7,61	km ²
Comprimento total da bacia (C)	4,02	km
Comprimento total do canal principal (Ccp)	4,36	km
Comprimento total dos cursos d'água da bacia (ΣL)	17,96	km
Declividade média da bacia	8,78	%
Declividade do rio principal	1,72	%
Distância vetorial entre pontos extremos do canal principal (dv)	3,81	km
Hierarquia da Bacia	3,00	ordem
Número de canais (n)	46,00	canais
Perímetro (P)	12,49	km

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, foram calculados, a partir dos dados físicos, os parâmetros morfométricos que serão utilizados para a análise morfométrica. A Tabela 4 abaixo indica os parâmetros calculados:

Tabela 4 - Parâmetros morfométricos

Parâmetro	Resultado	Unidade	Suscetibilidade a enchentes
Coeficiente de Compacidade (Kc)	1,27	-	Média
Densidade de Drenagem (Dd)	2,35	km/km ²	Alta
Fator forma (Kf)	0,47	-	Baixa
Índice de sinuosidade (Is)	1,26	-	Média
Relação de relevo (Rr)	0,02	km/km	Baixa

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dos cálculos tem-se que o coeficiente de compacidade (Kc) para a microbacia do Córrego Boa Esperança foi de 1,26, revelando que a microbacia possui média suscetibilidade a enchentes. O coeficiente de compacidade faz associação a bacia com um círculo e quanto mais se aproximar da unidade, ou seja, próximo da

forma circular e compacta, maior será a tendência de enchentes devido ao tempo de concentração ser menor.

O estudo proposto por Salis *et al.* (2019) sobre a bacia do córrego do marinho em Minas Gerais com $K_c = 1,72$ classificou a bacia como de baixa suscetibilidade a enchentes, devido ao maior tempo de latência de vazões.

De acordo com Lima *et al.* (2013) o valor índice de compacidade entre 1,00 e 1,25 é considerado um índice de alta suscetibilidade para enchentes, já entre 1,25 – 1,50 é considerado médio e para valores maiores que 1,5 é considerado de baixa suscetibilidade.

Em relação a densidade de drenagem (D_d), foi encontrado o valor de 2,352 km/km² para a microbacia em estudo. Esse valor, de acordo com a classificação proposta por Santos *et al.* (2012), é considerado alto, sendo mais suscetível à enchentes. A densidade de drenagem alta significa que há um elevado escoamento superficial e pouca infiltração para o lençol freático, além da maior propensão a inundações. O valor e classificação da densidade de drenagem (D_d) se assemelha ao estudo proposto por Borgo (2023), que encontrou o valor de 2,62 km/km² para a bacia do Córrego Minguta, indicando que a bacia possui boas condições de drenagem.

O fator de forma (k_f) da microbacia do Córrego Boa Esperança foi de 0,473, indicando que a microbacia do Córrego Boa Esperança não é sujeita a grandes enchentes de acordo com Silva e Mello (2015), que classifica as bacias com valores do fator de forma menores que 0,5 como não sujeita a enchentes.

O resultado do fator de forma é semelhante ao encontrado por Bertotti ($k_f = 0,35$) para a bacia hidrográfica do rio Xarquinho - PR. e o classificou como um índice baixo e para bacias não sujeitas a enchentes. Além disso, Vale, Costa e Pimentel (2021) encontraram o valor de 0,14 para o fator de forma e definiram que a bacia hidrográfica do rio Mocajuba tem formato comprido e não favorece a concentração do fluxo fluvial.

Também, o índice de sinuosidade da microbacia do Córrego Boa Esperança foi de 1,26. De acordo com Junior e Rossete, o estudo proposto para a bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeira encontrou um índice de sinuosidade de 5,57, recorrendo à classificação proposta por Riccomini *et al.* (2000), que definem rios de alta sinuosidade como aqueles com índice superior a 1,5 e de baixa sinuosidade os com índice inferior a 1,5, a Bacia do Ribeirão Cachoeira foi considerada de alta sinuosidade.

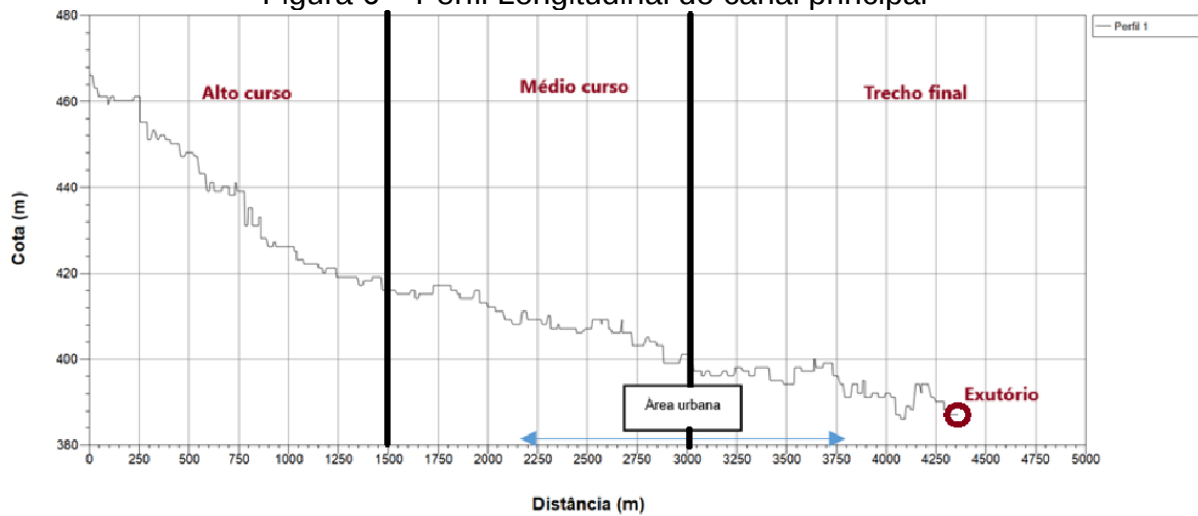
Além disso, de acordo com Martins *et al.* (2020) O índice de sinuosidade de 2,01 encontrado no estudo, classifica o Rio Verdinho como tortuoso, conforme a classificação de Stipp, Campos e Caviglione (2010), que avalia rios com índice de sinuosidade superior a 2,0 como sinuosos, podendo acumular sedimentos, agravados por ação antrópica. O resultado encontrado para a bacia hidrográfica do Córrego Boa Esperança sugere que o canal principal é retilíneo e a velocidade de escoamento é alta, portanto, favorável a erosões.

Quanto à relação de relevo da bacia hidrográfica do córrego Boa Esperança, o valor encontrado foi de 0,02. Autores como Vale e Bordalo (2018) encontraram o valor de 0,002 para a Bacia Hidrográfica do Rio Apeú, e classificaram o valor como baixo, sendo a menor velocidade da água no sentido do maior comprimento da bacia. Também, Fiorese e Torres (2019) obtiveram o resultado de 0,047 para a relação de relevo e o classificaram como baixo valor.

A relação de relevo está diretamente relacionada ao desnível entre a cabeceira e o exutório de uma bacia hidrográfica. Quanto maior for o valor da relação de relevo, maior será o desnível, o que leva a uma maior declividade média da bacia. Essa maior declividade pode intensificar os processos erosivos e aumentar a velocidade do escoamento superficial, influenciando a dinâmica da drenagem e a morfologia da bacia. De acordo com Piedade (1980), a relação de relevo pode ser classificada da seguinte maneira: é considerado um valor baixo entre 0,00 a 0,10; médio entre 0,11 a 0,30; e alto entre 0,31 a 0,60.

A Figura 6 apresenta o perfil longitudinal do canal principal, por meio dele é possível verificar que há uma amplitude altimétrica de aproximadamente 75,00 metros e que ele se estende por aproximadamente 4,35 quilômetros.

Figura 6 – Perfil Longitudinal do canal principal



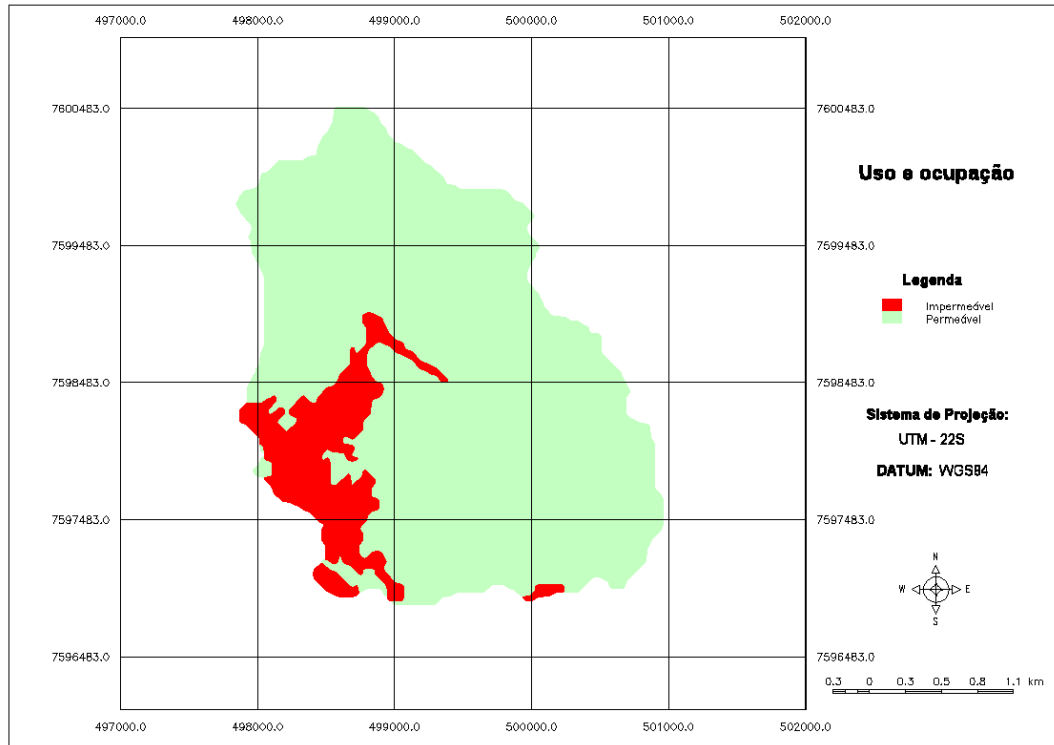
Fonte: Elaborado pelo autor.

O alto curso do canal principal apresenta uma declividade de 0,033 m/m enquanto o médio curso e o trecho final apresentam uma declividade de 0,009 m/m e 0,012 m/m, respectivamente. Próxima a nascente do canal, há uma perda de altitude acentuada que favorece a velocidade de escoamento, tornando-se mais suscetível a erosões. A área urbana se inicia perto da metade do médio curso e vai até próximo à metade do trecho final, nesse local as declividades são menores o que diminui a velocidade de escoamento e favorece a suscetibilidade a enchentes e inundações.

4.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

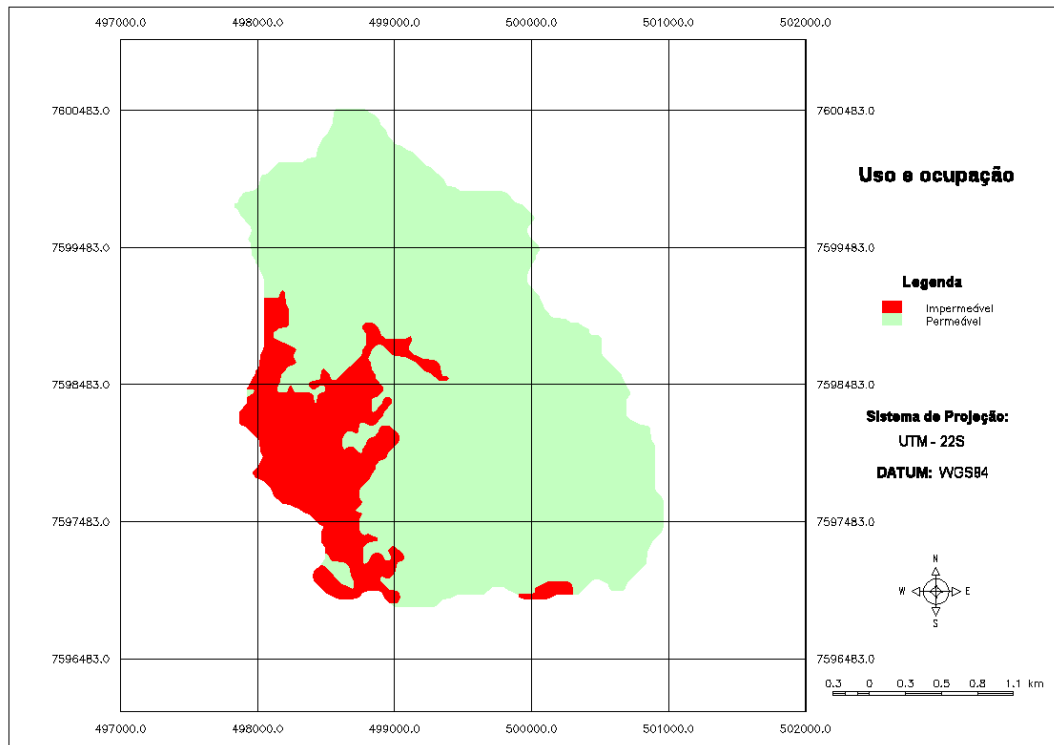
Para a análise de uso e ocupação do solo, foram obtidas 4 imagens classificadas conforme Figura 7 à Figura 10.

Figura 7 – Uso e ocupação do ano de 1991



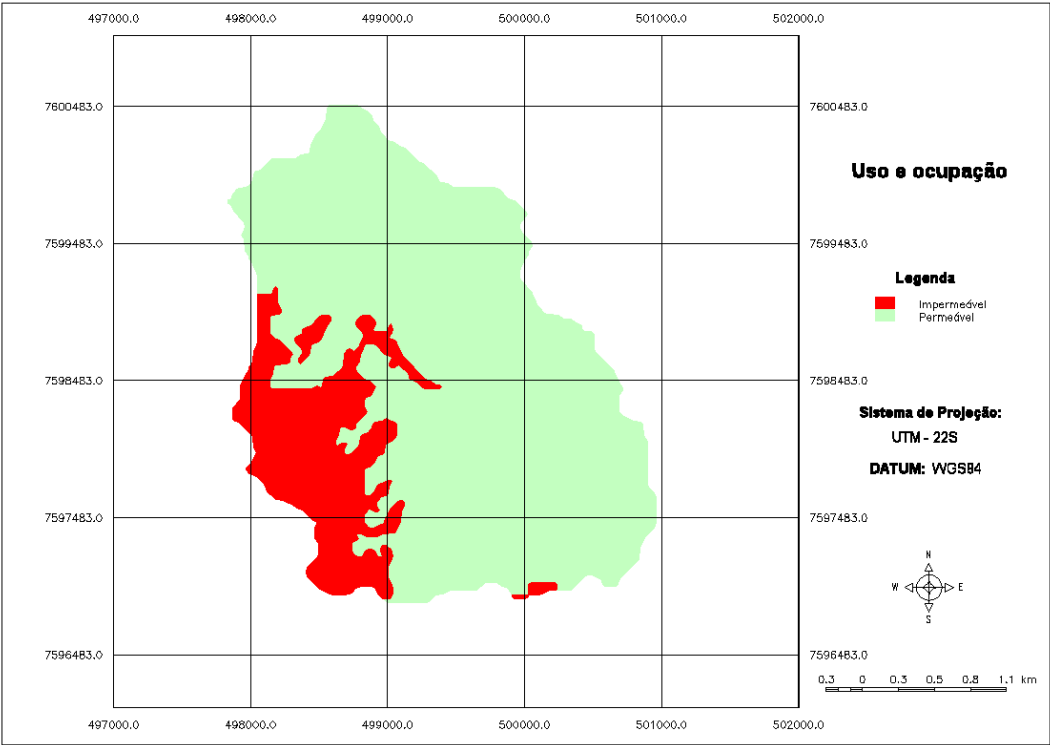
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8 – Uso e ocupação do ano de 2002



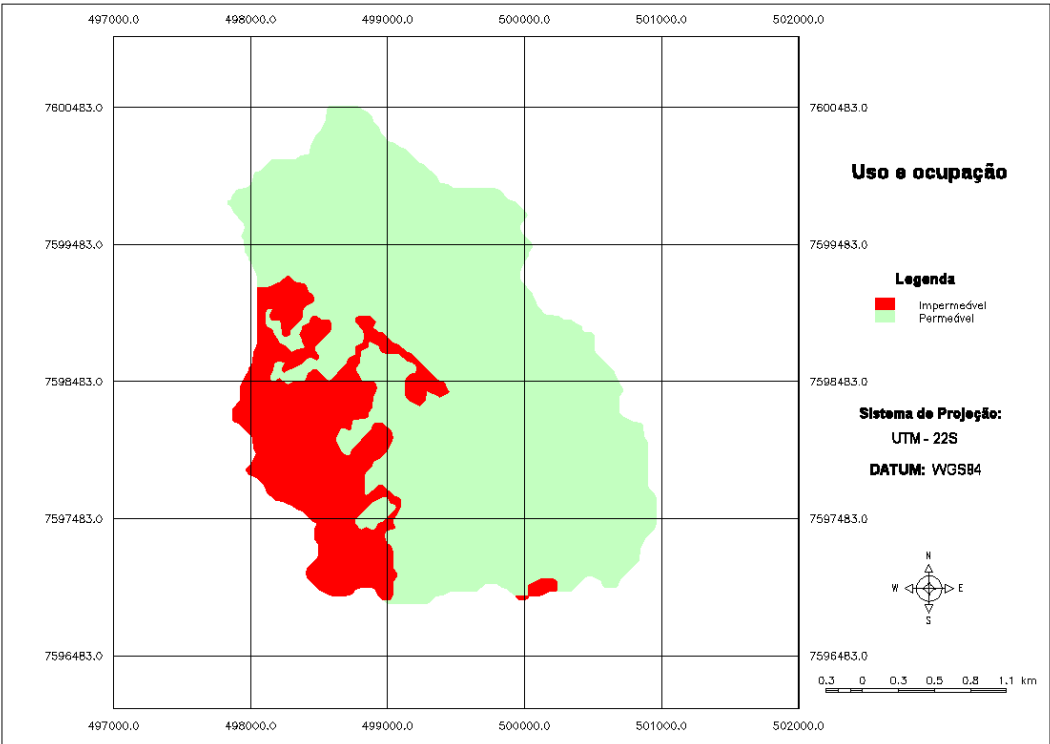
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9 - Uso e ocupação do ano de 2011



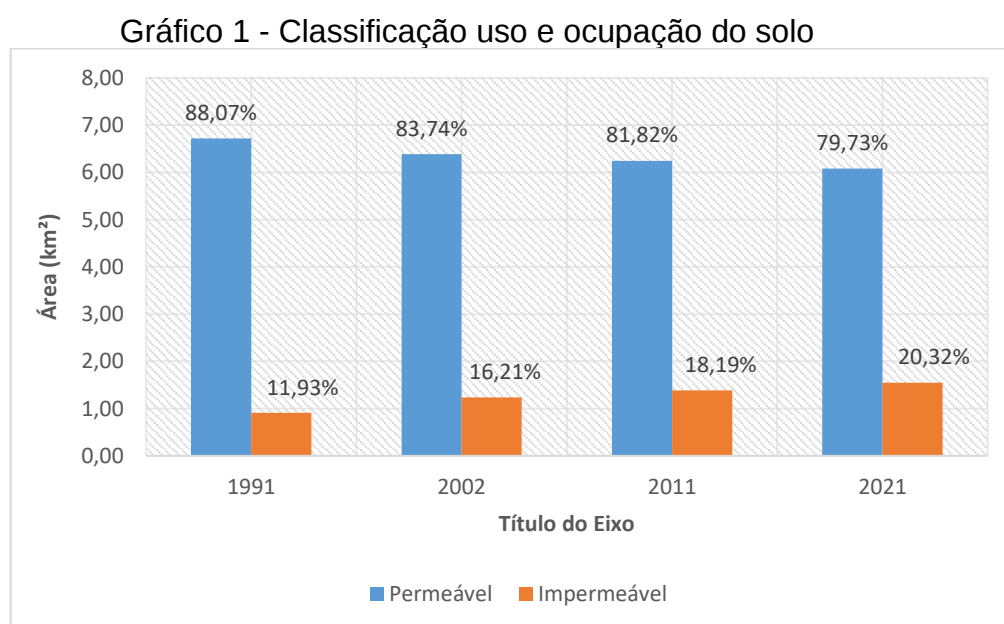
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 10 - Uso ocupação do ano de 2021



Fonte: Elaborado pelo autor.

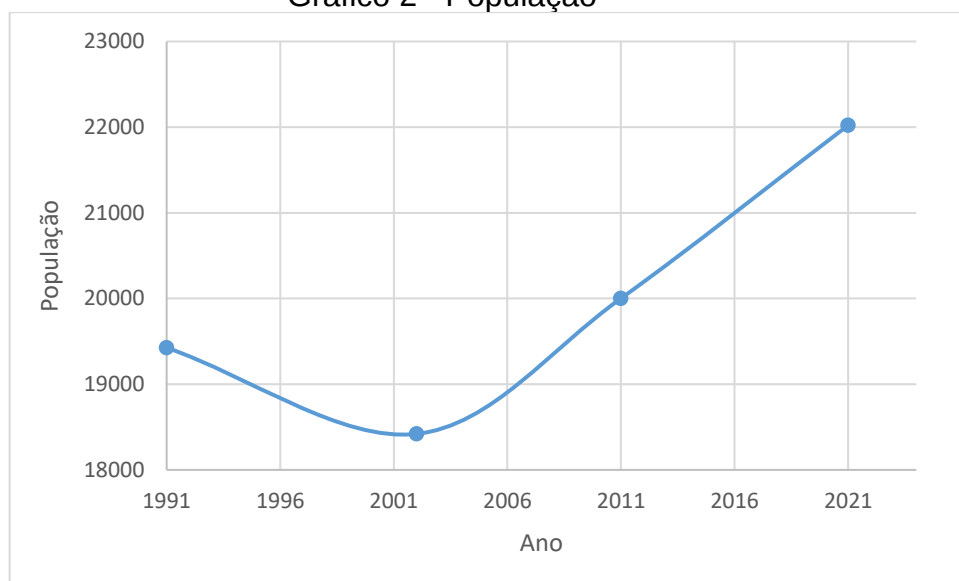
Ao analisar as imagens classificadas obtidas, foi possível observar que: Em 1991, a área permeável era de 88,07% da área total, enquanto a área urbana representava 11,93%. Em 2002, a área permeável diminuiu, enquanto a área impermeável cresceu significativamente, a primeira foi reduzida para 83,74%, e a segunda aumentou para 16,21%, mostrando uma mudança no uso e cobertura do solo. Em 2011, a área permeável correspondia a 81,82%, e a área impermeável passou a representar 18,19%. Já em 2021, a primeira diminuiu para 79,73%, enquanto a segunda aumentou para 20,27%. Todos os dados foram colocados no Gráfico 1 abaixo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante os 30 anos e na área estudada da bacia, houve uma expansão de 8,34% da área impermeável em relação à área total da bacia e igual redução das áreas permeáveis. O crescimento da área urbana é evidenciado pelas novas ruas e lotes construídos para habitação, como por exemplo os loteamentos Jardim Bela Vista, Jardim Paulista e Jardim América que refletem a expansão da cidade para atender à demanda residencial. Houve um aumento de 13,34% da população no período estudado, conforme o Gráfico 2.

Gráfico 2 - População



Fonte: Elaborado pelo autor.

Fatores como a inauguração da empresa Yessinergy do Brasil Agroindustrial Ltda (Yes) que atua na produção de aditivos nutricionais para alimentação animal podem ter fomentado a demanda residencial e gerando novos empregos. Além disso, a aprovação do Plano Diretor Turístico em 2008 pode ter aumentado a visibilidade do município, atraindo mais visitantes e investimentos na infraestrutura da cidade, gerando novos empregos, cargos e oportunidades de negócios. De acordo com os dados do IBGE (2024), o município de Lucélia tem a previsão de crescimento de 1,50% para o ano de 2024.

Ao se analisar o plano diretor do município, que está de acordo com a Lei Municipal nº. 4.287 de 07 de maio de 2012 (Lucélia, 2012), não foram encontradas áreas específicas ou macrozonas planejadas para a expansão urbana dentro da microbacia de interesse, o que pode levar ao crescimento desordenado da malha urbana. Esse crescimento sem controle pode resultar na ocupação de áreas ambientalmente vulneráveis, como margens de cursos d'água ou regiões com alta declividade, agravando problemas como erosões, além de aumentar a impermeabilização em áreas que já estão sujeitas naturalmente a inundações.

No entanto, o município apresenta um projeto de arborização urbana em atendimento a Lei Municipal nº. 4.030, de 03 de agosto de 2009 (Lucélia, 2009) e

assim, estabelece a separação de 25% da área total para os novos loteamentos visando o plantio de árvores, o que já demonstra um interesse pela preservação ambiental. Essa medida, pode aumentar a infiltração das águas pluviais, reduzindo possibilidade de inundações. Para que haja mais sucesso em seus efeitos, poderia ser incluída a criação de corredores ecológicos, ampliação de áreas verdes públicas além de um programa de recuperação da margem de rios. O plano diretor turístico do município prevê a criação de um projeto denominado “Corredor Verde” onde é discutido a plantação de árvores nativas da região proporcionando um espaço de contemplação da paisagem, além de tornar a temperatura mais amena, melhora a drenagem urbana.

Vale ressaltar também que o município possui um plano de saneamento básico em atendimento a Lei Municipal nº 5.165, de 18 de setembro de 2023 (Lucélia, 2023), o que representa um avanço importante na gestão de recursos hídricos e resíduos, promovendo, principalmente, a existência de uma infraestrutura drenagem e manejo das águas pluviais, reduzindo a suscetibilidade a enchentes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A declividade média da bacia aponta para um terreno classificado como suave-ondulado e ondulado, que, em geral, não é suscetível a inundações, caso fosse classificado como forte ondulado ou montanhoso, haveria maior probabilidade de acúmulo de água nas regiões mais baixas.

O alto valor da densidade de drenagem indica que a bacia não tem muito poder de infiltração e possui maior suscetibilidade a enchentes. Em relação ao formato da bacia, os parâmetros morfométricos como coeficiente de compacidade e fator de forma, indicaram que a bacia possui formato mais irregular e estreito, dessa forma, o tempo de concentração da água tende a aumentar, diminuindo as chances de inundações. Ressalta-se que o valor do coeficiente de compacidade está próximo ao limite que classifica a bacia como alta suscetibilidade a enchentes, assim como o valor do fator de forma, próximo ao limite que classifica como média suscetibilidade a enchentes.

O médio valor da razão de relevo indica maior tendência a erosões na bacia hidrográfica. O resultado do índice de sinuosidade indica maior chance do aumento da velocidade de escoamento da água e, por consequência, maior suscetibilidade a erosões, assim como em áreas próximas à nascente do canal principal, onde há maior declividade. Já em áreas próximas a malha urbana (médio curso e trecho final) a tendência é uma velocidade menor do escoamento da água, tornando o local mais propício a inundações.

Em relação à análise do uso e ocupação do solo da bacia, o aumento da área urbana é consequência da implementação de novos loteamentos como Jardim Bela Vista, Jardim Paulista e Jardim América, o que intensifica a impermeabilização do solo. É preciso que haja um planejamento e análise, por parte do município, para a criação de zonas com qualificação urbana, para evitar o crescimento urbano desordenado, evitando, como por exemplo, áreas muito próximas aos rios, pois, em caso de chuvas torrenciais, esses locais são mais propícios ao acúmulo de água e inundações.

O uso de técnicas do geoprocessamento e sensoriamento remoto possibilitou a delimitação da bacia, geração de mapas de declividade e cálculos de parâmetros morfométricos, além de tornar possível a análise das imagens de satélite Landsat e confecção dos seus respectivos mapas de classificação, facilitando a análise.

6 CONCLUSÃO

Em relação a morfometria da microbacia do Córrego Boa Esperança, a densidade de drenagem (Dd) apresentou valor de 2,35 km/km², enquanto o coeficiente de compacidade (Kc) e fator de forma (Kf) apresentaram os valores de 1,26 e 0,47, respectivamente, indicando que a microbacia possui média suscetibilidade natural a enchentes em casos de chuvas torrenciais.

Já a análise do uso e ocupação do solo, indicou que houve um aumento de 8,34% da área impermeável em relação a área total da bacia, o que reduz a capacidade de infiltração da microbacia, além disso houve o crescimento de 13,34% da população durante o intervalo de 30 anos.

Diante do exposto, o conjunto dos resultados da análise da morfometria e uso e ocupação do solo, é possível afirmar que a microbacia do Córrego Boa Esperança apresenta média suscetibilidade a enchentes, sendo necessário um planejamento e monitoramento de possíveis novos avanços da malha urbana próximo ao canal principal.

Com a inclusão de macrozonas planejadas para o crescimento urbano no plano diretor do município, a integração do projeto de arborização em um contexto mais amplo e a articulação com o plano de saneamento básico já existente, será possível mitigar os impactos ambientais e diminuir o risco de enchentes e inundações.

O estudo apresentou alguns dos parâmetros e características sobre o comportamento da microbacia e sua relação com a ação antrópica, auxiliado pelo sensoriamento remoto e o geoprocessamento, contribuindo para projetos futuros de gestão e planejamento da unidade ambiental, além do crescimento municipal.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, B.; SOARES, J.; SILVA, J. Análise da morfometria e densidade vegetal do fragmento florestal do igarapé da vovó-Manaus-AM. in: **Geotecnologias: análises, técnicas e aplicações em pesquisa**. Editora Científica Digital, 2024. p. 8-24.
- ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do tanque mg baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, Ouro Preto, Mg, v. 33, n. 2, p. 117-124, 1 jun. 2006.
- BARBOSA, J. P. M. Classificação climática do estado de são paulo através do método de köppen: análise critica e aplicação. In: **Congresso brasileiro de agrometeorologia, xiv**. 2005.
- BARRELLA, W.; JUNIOR, M. P.; SMITH, W. S.; MONTANG, L. F. de A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho; H. F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. V. 2, p. 187-207 cap. 12, 2001.
- BELTRAME, A. V. Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p.
- Bertotti, L. G. Caracterização dos aspectos fisiográficos da bacia hidrográfica do rio Xarquinho-PR por meio de técnicas de geoprocessamento visando à representação do espaço geográfico. **Revista Eletrônica Casa de Makunaima**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 43–63, 2024.
- BORGO, B. A. **Análise conjunta da Morfometria e do Uso e Ocupação do solo na Microbacia do Córrego Minguta, Catanduva-SP**. 2023. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/1bbb6afc-acee-4d97-8a24-2fe184b3152f>. Acesso em: 20 jun. 2024.
- BURROUGH, P. A. & MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems. Spatial Information Systems and Geostatistics**. Oxford University, Oxford, 1998.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, JS de. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos: INPE, 1996.
- CAMPANHARO, W. A. **Diagnóstico físico da bacia do rio Santa Maria do Doce-ES**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.
- CAMPOS, S.; UZÓ, M.; CAMPOS, M.; PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, B. T.; Caracterização morfométrica da microbacia do rio Bauru/SP obtida por técnicas de geoprocessamento. **Revista Interespaço - Revista de Geografia e Interdisciplinalidade**, Grajaú/MA, v.1, n.3, p.222-234, 2015.

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

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, n. 18, p. 35-64, 1969.

CUNHA, J.E. de B.L.; RUFINO, I.A.A.; SILVA, B.B.; CHAVES, I. de B. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 539-548, 2012.

CUNHA, John E. *et al.* Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 539-548, 2012.

DAINESE, R. C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal do uso da terra e na comparação entre classificação não-supervisionada e análise visual**. 001. 210 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Engenharia Agrônômica, Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu, 2001.

DE SALIS, H. H. C. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego do Marinheiro, Sete Lagoas-MG. **Boletim de Geografia**, 2019.

FIGUEIREDO, C. H. U.; LEITE, V. R. Dinâmica do uso e cobertura do solo na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Estrela do Norte no Município de Castelo, estado do Espírito Santo. **Revista Agrarian Academy**, Jandaia-GO, n. 10, p. 52-65, 2018. Centro Científico Conhecer.

GOOGLE, Google Earth, website, <http://earth.google.com/>, Acesso em: 01 dez. 2023.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 472.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hidrological approach to quantitative morphologi. **Bulletin of the Geological Society of America**, 56. 1945. p. 275- 310.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA . **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024

LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C. Estimativa do potencial de recarga na Sub-bacia das Posses, Extrema (MG), em função dos atributos fisiográficos, pedológicos e topográficos. **Geociências**, v. 32, n. 1, p. 51-62, 2013.

LIMA, W. de P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: Esalq/Depto de Silvicultura, 1986.

LIMA, W. de P.; ZAKIA, M. J. B. **Hidrologia de matas ciliares**. In: Matas ciliares: conservação e recuperação. 1 ed. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2000.

LUCÉLIA (Município). Lei nº. 4.030, de 3 de agosto de 2009. **Dispõe sobre a obrigatoriedade de implantação de Projeto de Arborização Urbana nos novos parcelamentos do solo.** Lucélia, SP: Diário Oficial: 2009.

LUCÉLIA (Município). Lei nº 4.287, de 7 de maio de 2012. **Que institui o Plano Diretor da cidade de Lucélia.** Lucélia, SP: Diário Oficial: 2012.

LUCÉLIA (Município). Lei nº. 5.165, de 18 de setembro de 2023. **Institui o Plano Municipal de Saneamento Básico e dá outras providências.** Lucélia, SP: Diário Oficial: 2023.

MACEDO, R. R.; MENDES, R. L. R.; COSTA, T. Sistema de informação geográfica (sig) aplicado a gestão de recursos naturais. atlas do aproveitamento de água da chuva nas ilhas de Belém - iniciativas, demandas e potencialidades. **Geo UERJ**, n. 32, 2018.

MAIA, Bianca Goulart de Oliveira *et al.* **Bacias Hidrográficas da Região de Joinville.** Joinville: Companhia Águas de Joinville – Caj. 60 p. 2020.

MORAIS, V. H.; GIONGO, P. R. Avaliação do uso e ocupação do solo nas variáveis biofísicas por meio do sensoriamento remoto. In: jornada acadêmica da UEG, 10., 2016. Santa Helena de Goiás. **Anais [...]**. Santa Helena de Goiás, 2016. Disponível em: <https://www.anais.ueg.br/index.php/jaueg/issue/view/206>. Acesso em: 3 jan. 2024.

NAGHETTINI, M. C. **Projeto Rio de Janeiro - Estudo de chuvas intensas no estado do Rio de Janeiro.** Belo Horizonte: Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais, CPRM, 2000. 140 p. (Relatório Técnico).

NOVO, E. M. L. M, **Sensoriamento Remoto.** Curso de Especialização em Geoprocessamento. UFRJ, IGEO, Dep. Geografia, LAGEOP, Rio de Janeiro, 1999, Volume 2, Mídia CD.

PARENTE, D. C. **Uso do geoprocessamento no planejamento urbano: identificação de áreas críticas de alagamento na área urbana de Palmas – TO.** 2024.154f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Palmas, 2024.

PIEDADE, G. C. R. **Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP.** 1980. Tese (Livro Docência) - Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP, Botucatu/SP, 1980.

PIRAJÁ, R. V.; REZENDE FILHO, A. T. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego Ceroula em Mato Grosso do Sul. **Geofronter**, v. 1, n. 5, 2019.

RIZZO, F.A.; SANTOS, A.; SILVA, D.C.C. Técnicas de geoprocessamento aplicadas para análise temporal do microclima na bacia hidrográfica do Córrego do Pequiá, Maranhão. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 44, n. 1, 2024.

SANTOS, A. M. dos.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, p. 195-211, 2012.

SANTOS, L. A. C.; BATISTA, A. C.; NEVES, C. O. M.; CARVALHO, E. V.; SANTOS, M. M.; GIONGO, M. Análise multitemporal do uso e cobertura da terra em nove municípios do Sul do Tocantins, utilizando imagens Landsat. **Revista Agro ambiente On-line**, v. 11, n. 2, p. 111-118, 2017.

SCHLINDWEIN, J. R.; DURANTI, R. R.; CEMIN, G.; FALCADE, I. Mapeamento do uso e cobertura do solo do município de Caxias do Sul (RS) através de imagens do satélite CBERS, **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 1103-1107.

SILVA, A. M.; MELLO, C. R. **Bacia hidrográfica**. Lavras: UFLA, 2015. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/355909800/Bacia-Hidrografica-Ufla>>. Acesso em: 8 jan. 2024.

SOUSA, P.H. **O uso do geoprocessamento no monitoramento das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do riacho estrema no município de Grajaú, Maranhão**. 2024. 34 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Naturais/Químicas, Universidade Federal do Maranhão, Grajaú, 2024.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO. SPRING: **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403.

STRAHLER, A.N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. Trans Am Geophys Union n.38, p.913-920, 1957.

TEODORO, V. L. I.; 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 Brasileira Multidisciplinar**, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007.

TORRES, D.R. **Análise multitemporal do uso da terra e cobertura florestal com dados dos satélites Landsat e Alos**. 2011. 96p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/8688>. Acesso em: 09 jun. 2024.

USGS - United State Geological Survey. Earth Explorer, 2023. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 01 dez. 2023.

VALE, J. R. B.; BORDALO, C. A. L. Caracterização morfométrica e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Apeú, **Amazônia Oriental**. Formação, 27, (27), 313-335 [em linha]. 2020.

VALLE JUNIOR, R. F. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. 2008. 222 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2008.

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