

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA - CCN
CAMPUS LAGOA DO SINO
ENGENHARIA AMBIENTAL

**ANÁLISES MORFOMÉTRICAS E FISIAGRÁFICAS DE SUB-BACIAS
HIDROGRÁFICAS NA BACIA ALTO PARANAPANEMA**

ANA CAROLINA DE GODOY

BURI - SP

2025

ANA CAROLINA DE GODOY

**ANÁLISES MORFOMÉTRICAS E FISIAGRÁFICAS DE SUB-BACIAS
HIDROGRÁFICAS NA BACIA ALTO PARANAPANEMA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências da Natureza (CCN) da Universidade Federal de São Carlos, para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Jorge Luis Rodrigues Pantoja Filho

Buri - SP

2025

GODOY, Ana Carolina de. **ANÁLISES MORFOMÉTRICAS E FISIAGRÁFICAS DE SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS NA BACIA ALTO PARANAPANEMA**. 2025. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Ambiental, Centro de Ciências da Natureza - Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, Lagoa do Sino - SP, 2025.

Godoy, Ana Carolina de

Análises Morfométricas E Fisiográficas De Sub-Bacias Hidrográficas Na Bacia Alto Paranapanema / Ana Carolina de Godoy -- 2025. 72f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri
Orientador (a): Jorge Luis Rodrigues Pantoja Filho
Banca Examinadora: Andre Marcondes Andrade Toledo, Vinicius Rainer Boniolo
Bibliografia

1. Hidrologia. 2. Caracterização morfométrica. 3. Recursos hídricos. I. Godoy, Ana Carolina de. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)


DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Folha de aprovação


Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso do(a) candidato(a) **Ana Carolina de Godoy**, realizada em 28/01/2025:

 Documento assinado digitalmente
JORGE LUIS RODRIGUES PANTOJA FILHO
Data: 28/01/2025 12:11:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jorge Luis Rodrigues Pantoja Filho - Orientador
Centro de Ciências da Natureza - UFSCar - Campus Lagoa do Sino

 Documento assinado digitalmente
ANDRE MARCONDES ANDRADE TOLEDO
Data: 29/01/2025 09:50:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Andre Marcondes Andrade Toledo
Centro de Ciências da Natureza - UFSCar - Campus Lagoa do Sino

 Documento assinado digitalmente
VINICIUS RAINER BONIOLO
Data: 28/01/2025 12:15:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eng. Vinicius Rainer Boniolo
Mestrando no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - UFSCar - Sorocaba

Agradecimentos

Gostaria de agradecer inicialmente aos meus pais, por me apoiarem nesta jornada. Sei que não foi fácil e muitas vezes tiveram que fazer concessões na vida de vocês para que eu pudesse fazer algo. Obrigada por sempre acreditarem em mim e me incentivarem a seguir em frente.

Agradeço também aos meus professores, que dedicaram seu tempo, conhecimento e sabedoria para me guiar ao longo dessa caminhada. Cada ensinamento, cada explicação, cada desafio proposto me fez crescer não só como profissional, mas como ser humano. Agradeço pela paciência, pelos conselhos, pela inspiração e, principalmente, pela confiança em meu potencial.

E aos meus amigos, que estiveram comigo em todos os momentos, sempre estando presentes nos momentos de alegrias e nos momentos difíceis. Vocês foram de extrema importância nessa minha jornada. Obrigada, por me mostrarem que a vida fica mais bonita quando compartilhada com pessoas tão importantes. Por fim, gostaria de agradecer a mim, por não ter desistido e ter persistido neste sonho .

RESUMO

A água é um recurso essencial para a vida, ocupando um papel vital em ecossistemas e atividades antrópicas. Devido ao uso inadequado dos recursos hídricos, ao crescimento populacional e ao planejamento ineficiente, a água vem se tornando um recurso escasso. O estudo das características morfométricas dessas bacias é crucial para a gestão sustentável dos recursos hídricos, identificação de áreas vulneráveis e prevenção de desastres relacionados à água, como secas e enchentes. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo analisar 12 sub-bacias de quatro diferentes tipos de matriz da paisagem presentes na UGRHI 14 - Alto Paranapanema: floresta, pastagem, agricultura e área urbana. As análises levaram em consideração os aspectos fisiográficos, morfométricos e uso do solo, utilizando parâmetros como: fator de forma (Kf); coeficiente de compacidade (Kc); índice de circularidade (Ic); frequência da rede de drenagem (Dr); sinuosidade do rio principal (Sin); densidade de drenagem (Dd); razão de textura (T); declividade média da bacia (H); relação do relevo (Rr); razão de alongação (Re), Extensão média do escoamento superficial (I) e por fim, o índice de rugosidade (Ir).

Palavras-chave: Alto Paranapanema; morfometria, bacias hidrográficas; hidrologia.

RESUMO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA

Water is an essential resource for life, playing a vital role in ecosystems and anthropogenic activities. Due to the improper use of water resources, population growth, and inefficient planning, water has become a scarce resource. The study of the morphometric characteristics of these basins is crucial for the sustainable management of water resources, identification of vulnerable areas, and prevention of water-related disasters such as droughts and floods. Thus, this study aims to analyze 12 sub-basins of four different landscape matrix types in the UGRHI 14 - Alto Paranapanema: forest, pasture, agriculture, and urban area. The analysis considered physiographic, morphometric, and land use aspects, using parameters such as: form factor (Kf); compactness coefficient (Kc); circularity index (Ic); drainage network frequency (Dr); sinuosity of the main river (Sin); drainage density (Dd); texture ratio (T); average basin slope (H); relief ratio (Rr); elongation ratio (Re), average surface runoff extension (l), and finally, the roughness index (Ir).

Keywords: Alto Paranapanema; morphometry; watersheds; hydrology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1: Ciclo hidrológico. | 2 |
| Figura 2: Matriz e funcionamento do SINGREH. | 7 |
| Figura 3: Regiões hidrográficas brasileiras. | 8 |
| Figura 4: UGRHI do estado de São Paulo. | 9 |
| Figura 5: Precipitação no Alto Paranapanema. | 14 |
| Figura 6: Hierarquia fluvial. | 25 |
| Figura 7: Forma de bacias. | 26 |
| Figura 8: Fluxograma de geoprocessamento | 29 |

Lista de Mapas

| | |
|--|----|
| Mapa 1: Localização da UGRHI 14. | 13 |
| Mapa 2: Uso e ocupação do solo na UGRHI - 14. | 15 |
| Mapa 3: Formato sub-bacia Floresta 1. | 35 |
| Mapa 4: Formato sub-bacia Floresta 2. | 35 |
| Mapa 5: Formato sub-bacia Floresta 3. | 36 |
| Mapa 6: Declividade Floresta 1. | 38 |
| Mapa 7: Declividade Floresta 2. | 38 |
| Mapa 8: Declividade Floresta 3. | 39 |
| Mapa 9: Uso e ocupação do solo para Floresta 1. | 41 |
| Mapa 10: Uso e ocupação do solo para Floresta 2. | 41 |
| Mapa 11: Uso e ocupação do solo para Floresta 3. | 42 |
| Mapa 12: Formato sub-bacia de Área Urbana 1. | 45 |
| Mapa 13: Formato sub-bacia de Área Urbana 2. | 45 |
| Mapa 14: Formato sub-bacia de Área Urbana 3. | 46 |
| Mapa 15: Declividade Área Urbana 1. | 48 |
| Mapa 16: Declividade Área Urbana 2. | 48 |
| Mapa 17: Declividade Área Urbana 3. | 49 |
| Mapa 18: Uso e Ocupação do solo em Área Urbana 1. | 51 |
| Mapa 19: Uso e Ocupação do solo em Área Urbana 2. | 51 |
| Mapa 20: Uso e Ocupação do solo em Área Urbana 3. | 52 |
| Mapa 21: Forma das sub-bacias de Pastagem 1. | 54 |
| Mapa 22: Forma das sub-bacias de Pastagem 2. | 55 |
| Mapa 23: Forma das sub-bacias de Pastagem 3. | 55 |
| Mapa 24: Declividade sub-bacia de Pastagem 1. | 57 |
| Mapa 25: Declividade sub-bacia de Pastagem 2. | 58 |

| | |
|---|----|
| Mapa 26: Declividade sub-bacia de Pastagem 3. | 58 |
| Mapa 27: Uso e Ocupação do solo em sub-bacia de Pastagem 1. | 60 |
| Mapa 28: Uso e Ocupação do solo em sub-bacia de Pastagem 2. | 60 |
| Mapa 29: Uso e Ocupação do solo em sub-bacia de Pastagem 3. | 61 |
| Mapa 30: Forma de sub-bacia de Agricultura 1. | 63 |
| Mapa 31: Forma de sub-bacia de Agricultura 2. | 64 |
| Mapa 32: Forma de sub-bacia de Agricultura 3. | 64 |
| Mapa 33: Declividade da sub-bacia de Agricultura 1. | 66 |
| Mapa 34: Declividade da sub-bacia de Agricultura 2. | 67 |
| Mapa 35: Declividade da sub-bacia de Agricultura 3. | 67 |
| Mapa 36: Uso e Ocupação do solo na sub-bacia de Agricultura 1. | 69 |
| Mapa 37: Uso e Ocupação do solo na sub-bacia de Agricultura 2. | 69 |
| Mapa 38: Uso e Ocupação do solo na sub-bacia de Agricultura 3. | 70 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Uso e Ocupação do solo na UGRHI - 14 | 15 |
| Tabela 2: Classificação do Índice de Compacidade (Kc). | 16 |
| Tabela 3: Classificação do Fator de Forma (Ff). | 17 |
| Tabela 4: Classificação do Índice de Circularidade (Ic). | 18 |
| Tabela 5: Classificação da Densidade Hidrográfica (Dh). | 19 |
| Tabela 6: Classificação Densidade de Drenagem. | 21 |
| Tabela 7: Classificação Índice de Rugosidade. | 22 |
| Tabela 8: Classificação do Índice de Textura. | 23 |
| Tabela 9: Classificação da Razão de Relevo. | 24 |
| Tabela 10: Parâmetros utilizados. | 27 |
| Tabela 11: Classificação de relevo. | 30 |
| Tabela 12: Área de drenagem, perímetro e comprimento axial para Floresta | 32 |
| Tabela 13: Parâmetros morfométricos para sub-bacia de Floresta 1, 2 e 3. | 33 |
| Tabela 14: Uso e Ocupação do Solo em sub-bacias de Floresta. | 40 |
| Tabela 15: Área de drenagem, perímetro e comprimento axial | 42 |
| Tabela 16: Parâmetros morfométricos para sub-bacias de Área Urbana. | 43 |
| Tabela 17: Uso e Ocupação do Solo em sub-bacias de Área Urbana. | 50 |
| Tabela 18: Área de drenagem, perímetro e comprimento axial. | 52 |
| Tabela 19: Parâmetros para sub-bacias de Pastagem 1, 2 e 3. | 53 |
| Tabela 20: Uso e Ocupação do Solo em sub-bacias de Pastagem. | 59 |
| Tabela 21: Área de drenagem, perímetro e comprimento axial. | 61 |
| Tabela 22: Parâmetros para sub-bacias de Agricultura 1, 2 e 3. | 62 |
| Tabela 23: Uso e Ocupação do Solo em sub-bacias de Agricultura. | 68 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

| | |
|---------|---|
| ANA | Agência Nacional das Águas |
| APP | Área de Preservação Permanente |
| BH | Bacia Hidrográfica |
| CBH | Comitê de Bacias Hidrográficas |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| GRASS | Geographic Resources Analysis Support System |
| QGIS | Quantum GIS |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IGC | Instituto Geográfico e Cartográfico |
| SIG("s) | Sistema(s) de Informação(ões) Geográfica(s) |
| SIGRH | Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos |
| SINGREH | Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos |
| SRTM | <i>Shuttle Radar Topography Mission</i> |
| UGRHI | Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos |
| ALPA | Alto Paranapanema |
| UNESCO | Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura |
| PNRH | Política Nacional de Recursos Hídricos |
| CNRH | Conselho Nacional de Recursos Hídricos |
| NEEDS | Núcleo de Estudos em Ecologia Espacial e Desenvolvimento Sustentável |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. Introdução..... | 1 |
| 1.1. Objetivo..... | 3 |
| 1.1.1. Geral..... | 3 |
| 1.2. Fundamentação teórica..... | 4 |
| 1.2.1. A bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão de recursos hídricos.... | 4 |
| 1.2.2. Unidade De Gerenciamento De Recursos Hídricos (UGRHI)..... | 5 |
| 1.2.3. A Influência Do Uso Do Solo Em Bacias Hidrográficas..... | 10 |
| 1.2.4. A Importância De Índices Morfométricos Para Estudos Ambientais..... | 11 |
| 2. Materiais e métodos..... | 12 |
| 2.1. Área de estudo..... | 12 |
| 2.2. Propriedades geométricas..... | 16 |
| 2.2.1. Coeficiente de Compacidade de Gravélius (Kc)..... | 16 |
| 2.2.2. Fator de Forma (Ff)..... | 17 |
| 2.2.3. Índice de Circularidade (Ic)..... | 17 |
| 2.2.4. Número dos Canais (Nu)..... | 18 |
| 2.2.5. Densidade Hidrográfica (Dh)..... | 18 |
| 2.2.6. Sinuosidade do Curso D'água Principal (Is)..... | 19 |
| 2.2.7. Densidade de Drenagem (Dd)..... | 20 |
| 2.2.8. Índice de Rugosidade..... | 21 |
| 2.2.9. Declividade do Rio Principal (Ieq)..... | 22 |
| 2.2.10. Extensão média do escoamento superficial (L)..... | 22 |
| 2.2.11. Razão de textura (Rt)..... | 23 |
| 2.2.12. Razão de Relevo (Rr)..... | 24 |
| 2.3. Ordem dos rios..... | 24 |
| 2.4. Forma da bacia..... | 25 |
| 2.5. Delineamento matemático..... | 26 |
| 2.6. Delineamento experimental..... | 28 |
| 2.6.1. Geoprocessamento..... | 28 |
| 2.6.2. Declividade do terreno..... | 30 |
| 2.6.3. Mapa de uso e ocupação do solo..... | 31 |
| 3. Resultados..... | 31 |
| 3.1. Matriz da paisagem: Florestal..... | 31 |
| 3.1.1. Probabilidade e magnitude das cheias com base na forma..... | 34 |
| 3.1.2. Processos erosivos..... | 36 |
| 3.1.3. Hidrodinâmica no corpo d'água..... | 37 |
| 3.1.4. Uso e ocupação do solo..... | 39 |
| 3.2. Matriz da paisagem: Área Urbana..... | 42 |
| 3.2.1. Probabilidade e magnitude das cheias com base na forma..... | 44 |
| 3.2.2. Processos erosivos..... | 46 |
| 3.2.3. Hidrodinâmica no corpo d'água..... | 47 |
| 3.2.4. Uso e ocupação do solo..... | 49 |
| 3.3. Matriz da paisagem: Pastagem..... | 52 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.1. Probabilidade e magnitude das cheias com base na forma..... | 54 |
| 3.3.2. Processos erosivos..... | 56 |
| 3.3.3. Hidrodinâmica no corpo d'água..... | 56 |
| 3.3.4. Uso e ocupação do solo..... | 59 |
| 3.4. Matriz da paisagem: Agricultura..... | 61 |
| 3.4.1. Probabilidade e magnitude das cheias com base na forma..... | 63 |
| 3.4.2. Processos erosivos..... | 65 |
| 3.4.3. Hidrodinâmica no corpo d'água..... | 65 |
| 3.4.4. Uso e ocupação do solo..... | 68 |
| 4. Considerações finais..... | 70 |
| 4.1. Recomendações para estudos futuros..... | 72 |
| 5. Referências..... | 73 |

1. Introdução

A água é um recurso essencial para a vida na Terra, desempenhando um papel fundamental em todos os ecossistemas e nas atividades humanas. Inicialmente, era frequente encontrar acampamentos humanos localizados em locais onde havia acesso à água, ressaltando assim a importância deste recurso (STEVAUX; LATRUBESSE & MENDONÇA, 2017). Coberta por cerca de 71% de água, a superfície do planeta é predominantemente composta por oceanos, que abrigam a maior parte da água disponível. No entanto, apenas 2,5% de toda a água do mundo é doce, adequada para consumo humano, agricultura e uso industrial. Dessa fração, a maior parte está presa em geleiras e calotas polares, deixando menos de 1% disponível em rios, lagos e aquíferos subterrâneos (MMA, 2019).

Devido ao crescimento populacional desordenado e o mal planejamento das atividades humanas, faz com que este recurso se torne cada vez mais limitado (OLIVEIRA, 2016).

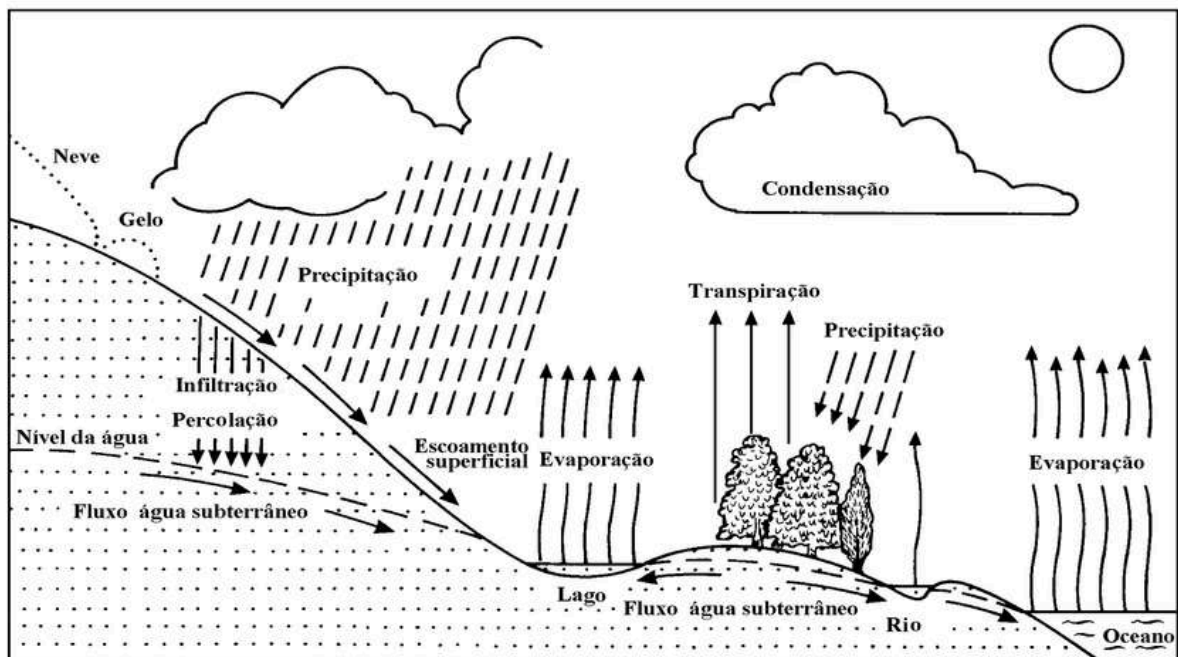
Processos como a impermeabilização do solo, o assoreamento de rios e lagos, e o uso inadequado da água em irrigação, vem sendo alguns dos principais fatores que têm comprometido as fontes de água doce (BARBOSA JÚNIOR, 2022). Segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) a captação de água doce aumentou no século passado, cerca de 3% ao ano, devido ao crescente aumento populacional e ao desenvolvimento da irrigação (KONCAGÜL & TRAN, 2022). Os setores que mais consomem água globalmente são a agricultura, sendo responsável pela retirada de 70% de água doce; em seguida vem a indústria, retirando não mais que 20%; e por último, o setor que apresenta o terceiro maior consumo é o doméstico ou municipais, com menos de 12% (KONCAGÜL; CONNOR & ABETE, 2024).

Entre os fatores que têm comprometido as fontes de água doce, a gestão inadequada das bacias hidrográficas se destaca como uma questão crítica. Essas áreas, responsáveis por armazenar e distribuir a água, são diretamente afetadas por práticas como a impermeabilização do solo e o assoreamento de corpos hídricos, o que compromete a capacidade de retenção e fluxo de água. Dessa forma, a gestão das bacias hidrográficas é essencial não só para garantir o abastecimento de água, mas também para controlar os impactos do consumo excessivo nos setores agrícola,

industrial e doméstico, que juntos representam a maior parte da demanda por água doce (IPEA, 2015).

As bacias hidrográficas podem ser definidas como um conjunto de terras que são drenadas por um corpo hídrico principal e pelas ramificações, seus afluentes. Na Figura 1 a seguir, é possível entender melhor como acontece o ciclo hidrológico, evidenciando como ocorre o movimento da água. Os seus limites podem ser definidos por meio do relevo, onde as áreas mais elevadas desempenham um papel de divisor de águas (SEMIL, 2020). Além disso, os outros pontos de importância para uma bacia hidrográfica são as nascentes, o rio principal (que em grande maioria dá o nome a bacia hidrográfica), os afluentes e a foz (ESTADÃO, 2023).

Figura 1: Ciclo hidrológico.



Fonte: Tucci, 2004.

O estudo de uma bacia hidrográfica se faz necessário visto que suas águas podem ser utilizadas para abastecimento, para irrigação e em algumas ocasiões podem ser usadas para a geração de energia elétrica. Além disso, o seu estudo consegue auxiliar no planejamento urbano e rural, auxiliando no uso sustentável, na preservação dos recursos hídricos e contribuindo para a criação de políticas públicas (TRAJANO *et al.*, 2012).

Neste sentido é de extrema importância o estudo das características morfométricas de uma bacia, visto que a partir dela consegue-se ter uma maior compreensão da hidrologia presente na bacia hidrográfica, além de se ter uma identificação das áreas de vulnerabilidade e de poder monitorar as mudanças que a bacia vem sofrendo, podendo dessa forma evitar que desastres em grande escala, como a que aconteceu no Rio Grande do Sul, venham a ocorrer novamente (LUIZ; KNIERIM & TRENTIN, 2016).

As alterações que uma bacia hidrográfica pode sofrer, são em sua grande maioria impulsionadas pelas mudanças climáticas, visto que eventos extremos, como seca e enchentes, tornam-se mais frequentes, afetando dessa forma a disponibilidade e a qualidade de água (MELLO *et al.*, 2008).

1.1. Objetivo

1.1.1. Geral

Este trabalho tem como objetivo a análise fisiográfica e morfométrica de 12 sub-bacias hidrográficas localizadas na bacia do Alto Paranapanema, presentes no estado de São Paulo. Abordando 4 matrizes da paisagem principais, sendo elas: florestal, pastagem, agricultura e área urbana.

1.1.2. Específico

Com as análises, descrever as características geométricas, hidrográficas, topográficas e o uso e ocupação do solo para as matrizes de análise, observando quais podem ser os impactos por elas sofridos devido aos eventos naturais.

- Obter informações sobre características físicas para entender o movimento e a distribuição da água nas áreas de estudo.;
- Com a morfometria, é possível estabelecer uma gestão sustentável dos recursos hídricos e planejar a prevenção de desastres como inundações e secas;
- Prever cheias e estiagens;
- Planejamento ambiental.

1.2. Fundamentação teórica

1.2.1. A bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão de recursos hídricos

A água se destaca como um dos elementos que se fazem essenciais a incontáveis atividades humanas, assim como é parte importante do meio ambiente e da paisagem. Sendo útil em diversas áreas como irrigação, abastecimento doméstico, geração de energia elétrica, turismo, fazendo assim com que o seu valor seja inestimável (LIMA *et al.*, 2000). Devido a este fator é notável que a escassez de água vem sendo agravada por manejo incorreto e desigualdade social, já que segundo a CETESB (2023) cerca de 35% da população mundial não possui acesso a água potável e 43% não possui saneamento básico. De acordo com a CETESB (2024), a irrigação corresponde a 73% do consumo de água, já a área industrial utiliza 21% e por fim, para a área doméstica são destinados apenas 6% da água.

Diante disto, foi estabelecida no Brasil, em 8 de janeiro de 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), pela Lei nº 9.433, que possui como fundamento que a água é um recurso natural limitado e que a unidade territorial para a implementação de política é a bacia hidrográfica (BRASIL, 1997). Esta política se tornou popular com o nome de Lei das Águas, além de ter estabelecido instrumentos que servissem de apoio para a gestão dos recursos hídricos que são de domínio federal (BRASIL, 2024).

Devido a princípios estipulados na Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente de 1992, após a reunião de preparação para a Rio-92, a ideia de unidade territorial que fosse usada como planejamento do uso de recursos hídricos ganhou força no Brasil por meio das políticas hídricas (SANTOS, 2023).

Para uma gestão prática dos recursos hídricos é preciso uma abordagem que integre aspectos sociais, econômicos e físicos que estão inseridos na bacia hidrográfica. Mesmo possuindo uma gestão prática, os recursos hídricos ainda estão propícios a fatores diversificados, podendo ser em termos de qualidade e quantidade. Mudanças nos cursos de água ou redução de canais de drenagem, podem resultar em cenários preocupantes de negligência ou degradação da unidade territorial (SANTOS, 2023).

Processos antropológicos como a urbanização, podem potencializar processos como inundações e deslizamentos, visto que aumentam os possíveis riscos geomorfológicos. Impactos ambientais como enxurradas, impermeabilização do solo, esgotamento de recursos hídricos, movimento de massas, acúmulo de sedimentos, contaminação do solo, erosão, são alguns dos exemplos associados ao intenso processo de urbanização (SILVA, 2024). Segundo Bledsoe e Watson (2001), a impermeabilização do solo, mesmo que esteja com índices baixos, possui elevada probabilidade de modificar a dinâmica em um canal fluvial, além de elevar a vazão do rio, visto que por causa da impermeabilização do solo, se tem o aumento da quantidade de água presente no canal (MILLER; SHARPE; CASSIDY, 2001).

Bacias hidrográficas, também chamadas de bacias de drenagem ou bacias de contribuição, por sua vez, são entendidas como um local de recepção natural da água advinda de precipitação que convergiu para um único local. Elas são consideradas um ente sistêmico, que delimitam bacias e sub-bacias, por meio do balanço de entrada (chuva) e saída de água (exutório) (SANTOS; PEREIRA, 2024).

De maneira geral, em uma bacia hidrográfica, a topografia e a formação geológica da mesma, direcionam o escoamento da água, fazendo com que ela escoar de um ponto elevado para um corpo de água ou contribuinte, dependendo de sua geografia e relevo (SÃO PAULO, 2023). Neste sentido, o canal principal dá nome à bacia, que por sua vez recebe contribuição dos seus afluentes. Para estabelecer o limite de uma bacia hidrográfica, leva-se em consideração os divisores de água que estão presentes nas áreas mais elevadas da bacia hidrográfica (RIO GRANDE DO SUL, 2024).

1.2.2. Unidade De Gerenciamento De Recursos Hídricos (UGRHI)

Ao se falar sobre consumo de água, sempre se tem em mente os conflitos por ela originados, já que todas as sociedades necessitam da água para sua sobrevivência. O Brasil por sua vez apresenta uma alta oferta de água em seu território, chegando a apresentar 40.000 m³/hab/ano, entretanto a sua distribuição ao longo do território se dá de forma desigual. Fatores como baixa eficiência no fornecimento de água, degradação da qualidade dos corpos hídricos e concentrações desordenadas das demandas são fatores que influenciam para os conflitos pela água no território brasileiro (SANTOS; COSTA, 2023).

Disputas pelo controle da água, pela regulação de territórios e privilégios nas formas mais atuais de produção, são alguns dos tópicos mais abordados, já que em 2019, dos dez produtos mais exportados pelo Brasil, sete deles utilizavam de grande quantidade de água, sendo eles soja, minério de ferro, celulose, milho, carne de bovino, carne de frango e café. Por serem produções competitivas, elas produzem diferentes tipos de impactos, contaminação e poluição dos recursos hídricos, comprometendo o uso para outros tipos de demandas (PEREIRA; SILVA, 2022).

Diante deste cenário de conflitos que ocorrem a anos, foi instaurado em 8 de janeiro de 1997 a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que ficou conhecida como Lei das Águas (lei nº 9.433/97), que trouxe instrumentos para gerir os recursos hídricos que são de domínio federal (BRASIL, 2024). Em conjunto com a lei nº 9.433/97, foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), sendo um conjunto de órgãos e colegiados que buscavam implementar a PNRH (BRASIL, 2024).

O SINGREH tem como principais objetivos a coordenação da gestão integrada das águas; planejar, regular, controlar e recuperar os corpos d'água; tomar medidas administrativas nos conflitos relacionados aos recursos hídricos; e realizar a cobrança pelo uso da água. Na Figura 2 abaixo, é possível ver como estão divididos as formulações de políticas e as implementações dos instrumentos de política. Ele pode operar em âmbito nacional, estadual e a nível de bacia, apresentando formulação da política (por meio de órgãos colegiados ou administração direta) e implementação dos instrumentos de política. Cada um dos tópicos apresenta um órgão que é responsável pela sua aplicação (BRASIL, 2024).

Figura 2: Matriz e funcionamento do SINGREH.



Fonte: BRASIL, 2024.

Um dos principais órgãos é o Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) que é classificado como o “Parlamento das Águas”, já que diferentes grupos de pessoas, que possuem visões e atuações diferentes, se reúnem para discutir o uso da água na bacia. É por meio dessas discussões que são avaliados os diferentes e reais interesses pelo uso das águas em uma bacia hidrográfica. Elas conseguem decidir e cumprir o papel na elaboração das políticas para a gestão das águas nas bacias, com enfoque em locais onde possam apresentar eventos críticos de escassez hídrica, inundações ou qualidade da água (BRASIL, 2024).

Para facilitar a aplicação dos diferentes órgão ou colegiados se fez necessário a divisão hidrográfica do Brasil. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) divide o Brasil em 12 regiões, como pode ser observado na Figura 3, levando em consideração suas características naturais, sociais e econômicas. Neste trabalho, se faz necessária a análise do Estado de São Paulo, onde se apresenta duas regiões, sendo elas a Paraná e a Atlântico Sudeste (BRASIL, 2024).

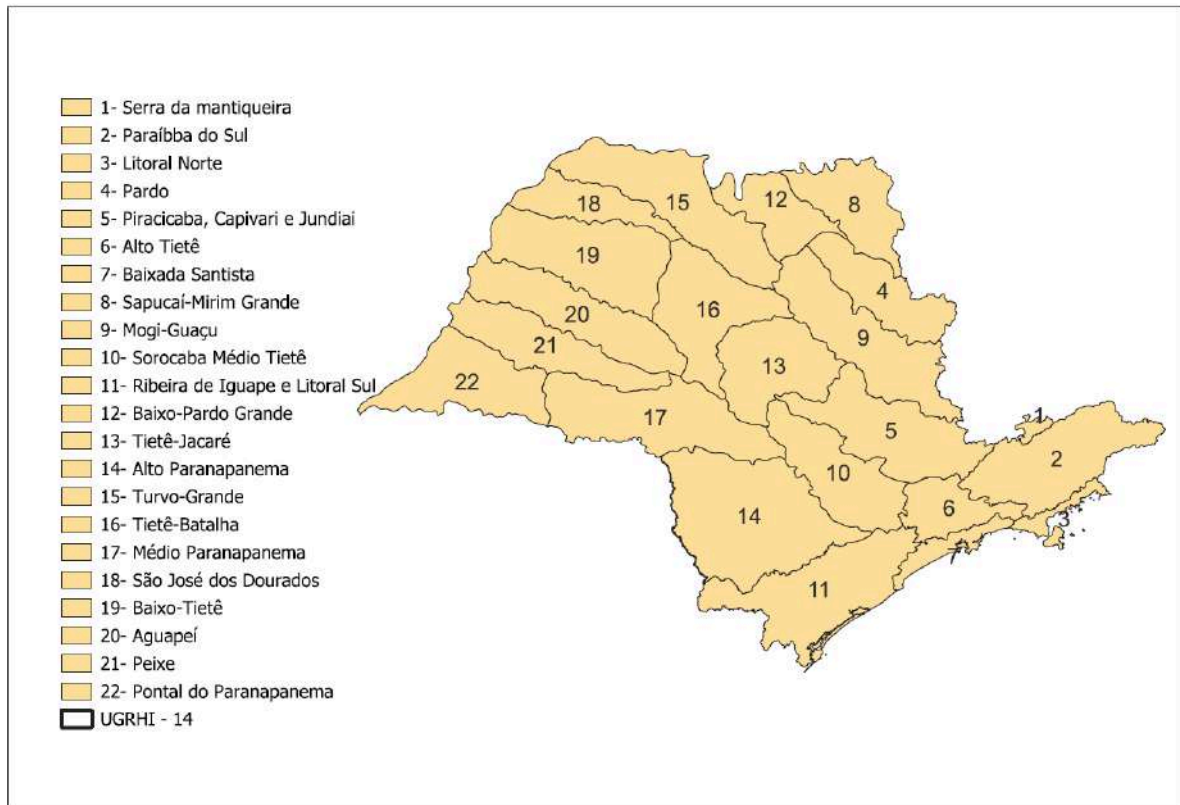
Figura 3: Regiões hidrográficas brasileiras.



Fonte: BRASIL, 2024.

São Paulo por sua vez é dividida em 22 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI), como mostrado na Figura 4, que levou em consideração critérios ambientais, hidrológicos, administrativos e socioambientais. A criação das UGRHI conseguiu melhorar a gestão de recursos hídricos além de direcionar a instalação das CBH, por outro lado apresentou limitações devido a grande extensões dos rios (SÃO PAULO, 2024).

Figura 4: UGRHI do estado de São Paulo.



Fonte: Sigroh, 2024.

Neste trabalho, se faz necessário o estudo da UGRHI 14 - Alpha, já que as bacias hidrográficas estão localizadas nela. A gestão de recursos hídricos no Alto Paranapanema demanda um conhecimento detalhado sobre o comportamento hidrológico das bacias, especialmente para a preservação da qualidade da água e a prevenção de processos erosivos, que afetam diretamente a disponibilidade de água e a biodiversidade local. A delimitação de bacias de 400 a 700 hectares oferece uma amostra representativa da dinâmica hidrográfica, permitindo uma avaliação precisa das potenciais áreas de risco para a ocorrência de inundações, erosão do solo e assoreamento de corpos d'água. Esse conhecimento é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentável, como a implementação de áreas de proteção de mananciais, sistemas de drenagem eficientes e práticas agrícolas mais sustentáveis, alinhadas aos desafios ambientais da região.

1.2.3. A Influência Do Uso Do Solo Em Bacias Hidrográficas

Considerada um dos maiores problemas ambientais globalmente, a erosão do solo tem como principal problema o arrastamento de nutrientes e solos para corpos hídricos. Este processo sofre influência de diversos fatores, entre elas a prática de manejo de solo que é utilizada e a cobertura deste solo. Áreas que possuem deficiência de cobertura vegetal ou solos que são preparados de forma convencional tendem a serem mais aptos a erosão hídrica, uma vez que o impacto causado pela gota de chuva, acaba compactando o solo (SOUZA; MARTINS; OLIVEIRA, 2023).

As erosões podem ser do tipo natural, assim como o nome sugere, de forma natural sem interferência humana; ou podem ser de forma acelerada, ocorrendo de forma rápida e com interferência humana. Os agentes erosivos são água, vento, temperatura e ações biológicas; e as formas de erosão são hídrica ou eólica (SILVA, 1995).

Paralelamente ao processo de erosão, ocorre o ciclo hidrossedimentológico, que pode ser dividido em desagregação, separação ou erosão, transporte, decantação ou sedimentação, depósito e consolidação. A relação de uma bacia a um sedimento é variável, indo desde partes mais planas até as mais elevadas. Os sedimentos que podem ser transportados variam desde pedras, pedregulhos e seixos (sedimentos maiores), até areias grossas, médias e finas (sedimentos de granulometria menores) (SOUZA; LIMA, 2020).

Quando acontece de forma natural, a erosão tem o papel de modelar a paisagem e revigorar o solo. Porém, quando acelerada por processos antrópicos se torna um problema. Dessa forma, a cobertura vegetal possui grande influência em relação a perda de água e solo, visto que ela por sua vez ajuda a reduzir a energia cinética decorrente do contato da gota da chuva com o solo, além de reter e evaporar a água (SOUZA; LIMA, 2020).

Por fim, a erosão do solo expressa-se responsável por diversos problemas ambientais, como assoreamento do leito de rios e inundações. Estes processos erosivos, devem ser conhecidos para que procedimentos de conservação do solo ocorram. O uso inadequado do solo influencia diretamente no planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas, mostrando dessa forma que um bom planejamento das atividades humanas deve ser realizado (SILVA; ALMEIDA, 2015).

1.2.4. A Importância De Índices Morfométricos Para Estudos Ambientais

Na intenção de se explicar questões que envolvam aspectos que tenham relação com as dinâmicas locais e regionais, evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial, a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é uma etapa importante das análises ambientais e hidrológicas (SILVA *et al.*, 2023).

Os índices morfométricos são ferramentas essenciais para a análise e compreensão das características físicas das bacias hidrográficas. Esses índices envolvem a quantificação de aspectos geométricos e morfológicos, como o formato, o tamanho, a topografia e a drenagem de uma bacia. Ao analisar esses parâmetros, é possível obter informações importantes sobre o comportamento hidrológico da área, como o escoamento superficial, a capacidade de armazenamento de água e o risco de erosão. Essa análise torna-se particularmente relevante para a gestão e conservação dos recursos hídricos, além de auxiliar na identificação de áreas suscetíveis a inundações e processos erosivos (DOMINGUES *et al.*, 2020).

Por causa de ações antrópicas, os aspectos naturais de uma bacia hidrográfica sofrem diversas alterações ao longo dos anos. Relevo, fauna, vegetação, hidrografia, uso e ocupação do solo e até mesmo o clima, são alguns dos aspectos fisiográficos que podem sofrer alterações. Essas ações antrópicas estimulam a impermeabilização do solo, a retificação e canalização de corpos d'água (VALE; COSTA; PIMENTEL, 2021)

No contexto ambiental, o uso de índices morfométricos facilita a comparação entre diferentes bacias hidrográficas, permitindo a identificação de padrões e tendências de comportamento hidrológico em diferentes regiões. Além disso, os índices podem fornecer uma visão detalhada da dinâmica das bacias em resposta a variáveis climáticas, como precipitação e temperatura. Esse tipo de análise é importante para a implementação de políticas públicas e estratégias de manejo sustentável dos recursos hídricos, uma vez que permite prever possíveis impactos ambientais decorrentes de alterações no uso do solo ou mudanças climáticas.

Os índices morfométricos também desempenham um papel importante na identificação de áreas vulneráveis dentro das bacias hidrográficas. Bacias com determinados formatos ou características morfológicas, como formas alongadas ou

áreas com baixa densidade de drenagem, podem apresentar maior propensão a inundações ou outros eventos hidrológicos extremos. Com a aplicação desses índices, é possível delinear zonas de risco e planejar intervenções, como a construção de barragens, a recuperação de áreas de recarga e a implementação de sistemas de drenagem eficazes. A gestão eficiente dessas áreas pode contribuir significativamente para a minimização de impactos ambientais negativos, como assoreamento de rios e contaminação de corpos d'água.

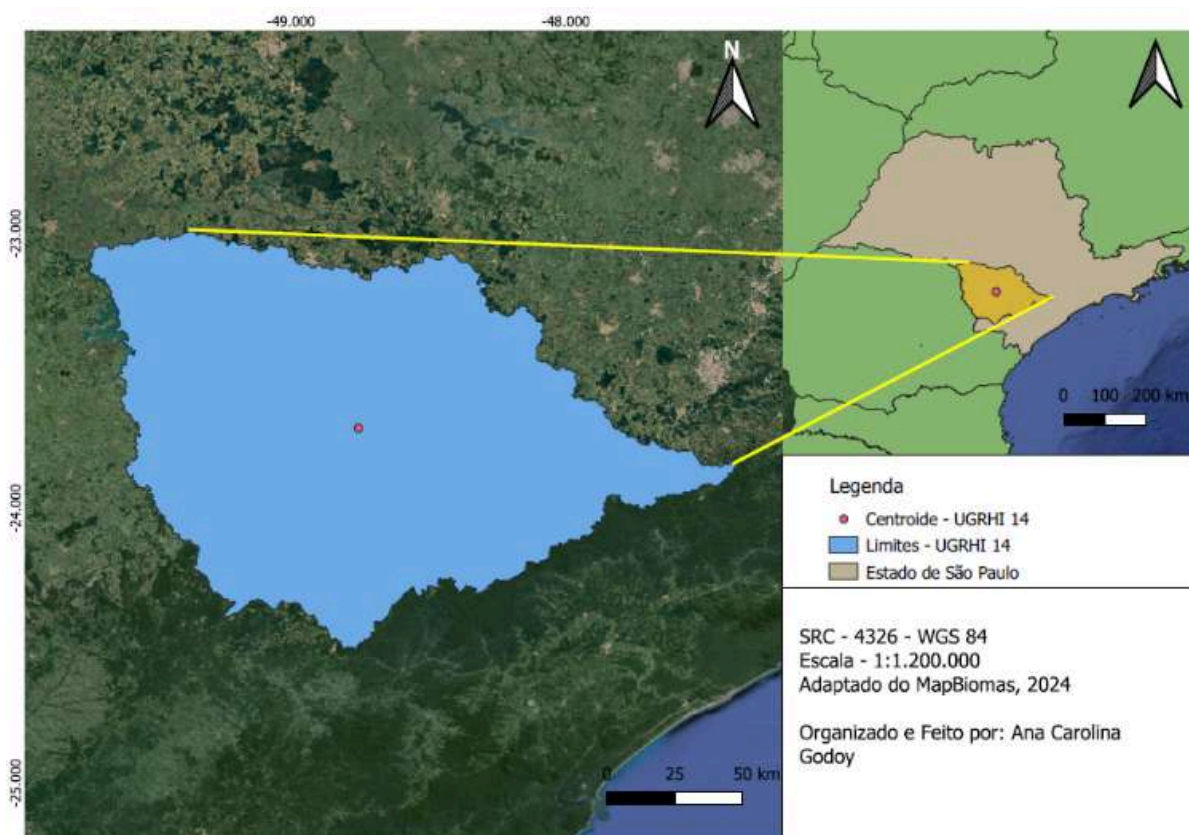
Por fim, a utilização dos índices morfométricos é uma ferramenta valiosa para a avaliação da qualidade ambiental das bacias hidrográficas, pois auxilia na detecção de alterações na paisagem e no uso do solo que podem afetar a hidrodinâmica e a biodiversidade local. O monitoramento contínuo desses índices permite não apenas a análise do estado atual das bacias, mas também a projeção de cenários futuros com base em variáveis preditivas. Dessa forma, os índices morfométricos se consolidam como instrumentos indispensáveis para a tomada de decisões informadas em estudos ambientais, com o objetivo de garantir a sustentabilidade e a preservação dos recursos hídricos para as gerações futuras.

2. Materiais e métodos

2.1. Área de estudo

A área de estudo está situada a sudoeste do Estado de São Paulo e na Bacia do Paranapanema, onde se encontra a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Paranapanema ou UGRHI-14. Além disso, ela faz divisa com as UGRHI's do Médio Paranapanema (17), com a Ribeira de Iguape/Litoral Sul (11), com a Sorocaba Médio Tietê (10). A UGRHI - 14 é composta por 34 municípios, incluindo municípios onde possuem toda a sua área na bacia e aqueles que possuem apenas uma parcela de sua área (CBH-ALPA, 2023). No Mapa 1 a seguir, é possível ver onde é a localização da UGRHI - 14.

Mapa 1: Localização da UGRHI 14.



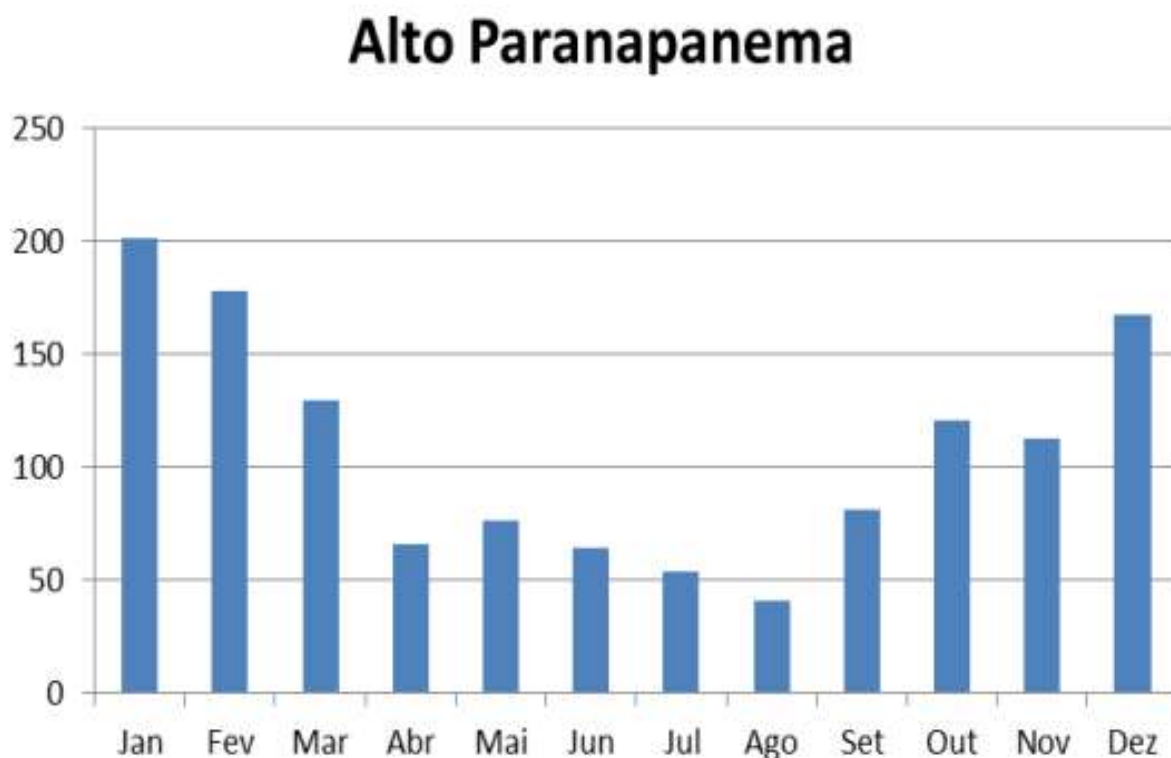
Fonte: Autoria própria, 2024.

A população estimada é de 761 mil, o que corresponde a 1,7% dos habitantes do Estado, possuindo baixa densidade demográfica. A sua área territorial é de 20.738,2 km², o que corresponde a 21,3% do total da Bacia do Rio Paranapanema, se enquadrando assim como a maior do Estado de São Paulo e a sua área de drenagem é 22.689 km², o que corresponde a 9,1% do total do Estado (CBH-ALPA, 2024).

O clima apresentado na região, segundo Koppen, é o tropical úmido, tendendo a não ter estações secas e com médias de temperatura superiores a 18°C. Sua época de maior precipitação ocorre entre março e agosto, ultrapassando 1500 mm anuais; já nos meses secos a sua precipitação fica em 60 mm (EMBRAPA, 2024). A precipitação no Alto Paranapanema pode ser vista pela Figura 5 abaixo. Entretanto, por mais que a região apresente o clima tropical úmido, pode ocorrer pequenas variações ao longo de todo o seu território, sendo as regiões que

apresentam essa pequena variação mais ao interior e a serra de Paranapiacaba (CBH-ALPA, 2016).

Figura 5: Precipitação no Alto Paranapanema.



Fonte: ANA, 2014.

A unidade de gerenciamento é considerada como uma Bacia de Conservação Ambiental, possuindo uma grande variedade de aspectos encontrados nos biomas de Cerrado e de Mata Atlântica. Possui também uma vegetação nativa restante de aproximadamente 568 mil ha, sendo 25% de sua área, porém é relevante citar que a grande parte dessa área são encontradas em locais onde já se tem a proteção legal, o que deixa à mostra a importância desses locais para a conservação dos recursos hídricos e para a manutenção das dinâmicas em ecossistemas (CBH-ALPA, 2023). Como pode ser observado na Tabela 1 a seguir, é possível inferir que 55,16% do total da UGRHI - 14 é voltado para atividades antrópicas, como pastagem, agricultura e silvicultura.

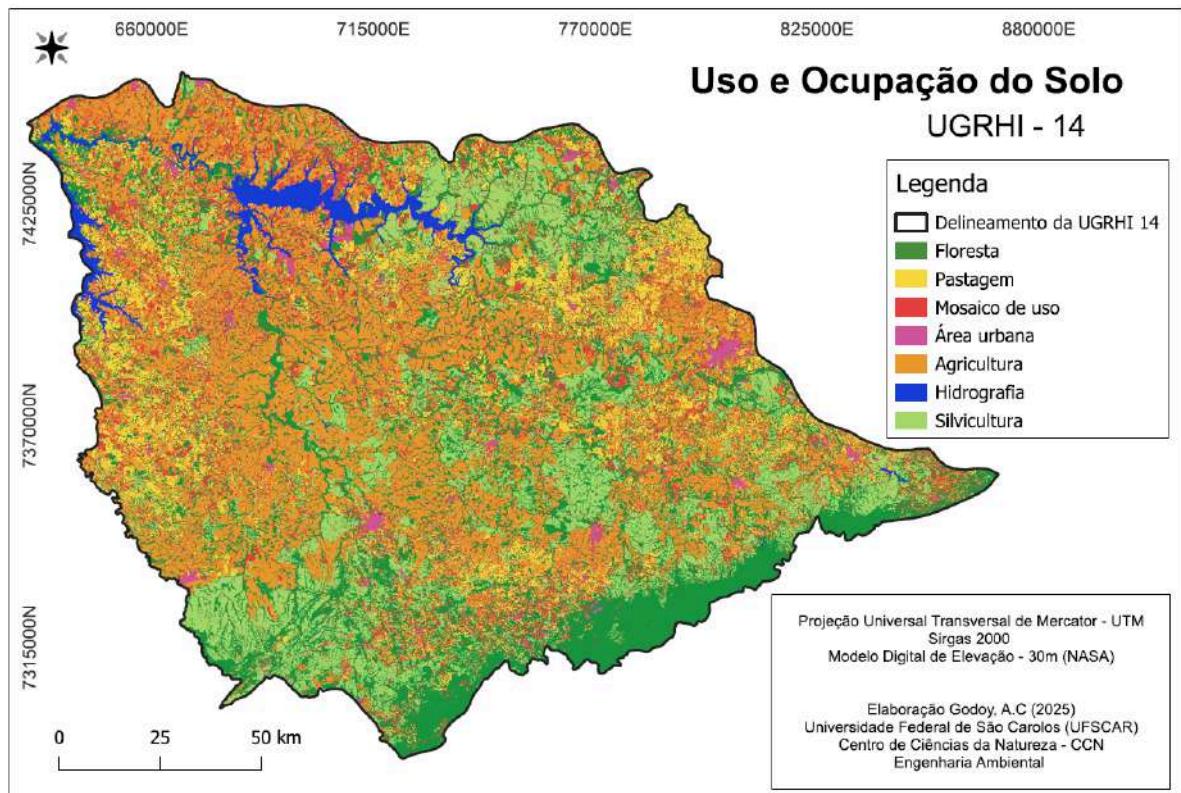
Tabela 1: Uso e Ocupação do solo na UGRHI - 14.

| Uso e Ocupação do Solo | Porcentagem |
|------------------------|-------------|
| Floresta | 25,49 |
| Pastagem | 13,27 |
| Mosaico de uso | 15,38 |
| Área Urbana | 1,08 |
| Agricultura | 25,69 |
| Hidrografia | 2,90 |
| Silvicultura | 16,20 |
| Total | 100 |

Fonte: Autoria própria, 2025.

Pelo Mapa 1 apresentado a seguir, é possível observar como as atividades como floresta, pastagem, área urbana, agricultura, silvicultura e hidrografia estão distribuídas ao longo de todo o território da UGRHI - 14.

Mapa 2: Uso e ocupação do solo na UGRHI - 14.



Fonte: Autoria própria, 2025.

2.2. Propriedades geométricas

2.2.1. Coeficiente de Compacidade de Gravélius (Kc)

Proposto inicialmente por Gravélius, o índice de compacidade apresenta a razão entre o perímetro (P) da bacia e a de um círculo de mesma área (A) que a bacia (km²) (VILLELA; MATOS, 2011).

$$Kc = 0,28 \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde,

K_c = Coeficiente de compacidade de Gravelius (adimensional);

P = Perímetro da bacia estudada (km);

A = Área semelhante à da bacia em formato circular ou de circunferência (km²);

Por sua vez, este coeficiente se apresenta como um número adimensional, variando de acordo com a forma da bacia, independente do tamanho. O coeficiente de compacidade será maior quanto mais irregular a bacia se apresentar (VILLELA; MATOS, 2011).

Dessa forma o Kc assumirá valores sempre maiores que uma unidade ($Kc > 1$), e quanto mais perto de 1 ele estiver mais circular é a bacia e maior é a sua tendência a cheias (VILLELA; MATOS, 2011).

Tabela 2: Classificação do Índice de Compacidade (Kc).

| Propensão a inundação | Coeficiente de compacidade |
|---|----------------------------|
| Bacia com alta propensão a enchentes | 1,00 - 1,25 |
| Bacia com tendência mediana a grandes enchentes | 1,25 - 1,50 |
| Bacia não sujeita a grandes enchentes | > 1,50 |

Fonte: VILLELA; MATOS, 2011.

2.2.2. Fator de Forma (Ff)

O fator de forma (Ff) associa a razão entre a largura média de uma bacia e o comprimento axial da mesma, sendo este comprimento a maior distância entre a foz e o divisor de água. A equação utilizada neste trabalho foi baseada na metodologia de Cardoso *et al.* (2006), que se utiliza de parâmetros conhecidos e apresenta a fórmula apresentada abaixo (EMBRAPA, 2020).

$$Ff = \frac{A}{L^2} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde,

Ff = Fator de forma (adimensional);

A = Área da bacia estudada (km²);

L = comprimento axial (km);

De acordo com Villela e Mattos (1975), quanto mais baixo é o fator de forma menos suscetível a enchentes é a bacia se comparado a outra de tamanho equivalente porém com um fator de forma maior (VILLELA; MATOS, 2011).

Tabela 3: Classificação do Fator de Forma (Ff).

| Interpretação | Variação |
|-----------------------------|-------------|
| Baixa propensão a enchentes | < 0,50 |
| Bacia com média propensão | 0,50 - 075 |
| Propensa a enchentes | 0,75 - 1,00 |

Fonte: VILLELA; MATOS, 2011.

2.2.3. Índice de Circularidade (Ic)

O índice de circularidade apresenta a razão entre a área da bacia e a área de um círculo de igual perímetro desta bacia, sendo um índice correspondente ao Kc. Desta forma, este parâmetro tende a 1 quando sua forma fica mais circular e diminui conforme ela se alonga (MARTINS *et al.*, 2024).

$$Ic = 12,57 \frac{A}{P^2} \quad (\text{Equação 3})$$

No qual,

Ic = Índice de circularidade (adimensional);

A = Área da bacia (km²);

P = Perímetro da bacia (km);

Bacias que apresentam valores de Ic menor que 0,51 tendem a ser mais alongadas, o que por sua vez favorece o escoamento superficial. Já bacias que tenham o Ic igual a 0,51 apresentam baixa probabilidade de ter enchentes rápidas e seu escoamento é moderado. Bacias circulares, apresentam valores de Ic superior a 0,51 e favorece o processo de inundação (BORSATO, 2008).

Tabela 4: Classificação do Índice de Circularidade (Ic).

| Característica | Ic |
|------------------------------------|-------------|
| Favorece o escoamento superficial | < 0,45 |
| Favorece o escoamento moderado | 0,45 - 0,51 |
| Favorece os processos de inundação | > 0,51 |

Fonte: BORSATO, 2008.

2.2.4. Número dos Canais (Nu)

Para se definir quantos canais há em uma bacia hidrográfica, é sugerido utilizar apenas canais de primeira ordem, levando assim a se obter resultados mais condizentes com a realidade do comportamento hidrológico de uma bacia (SILVA *et al.*, 2021).

$$Nu = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + Nu \quad (\text{Equação 4})$$

2.2.5. Densidade Hidrográfica (Dh)

Densidade hidrográfica também pode ser apresentada como densidade de rios (Dr) ou frequência de canais (f). Este parâmetro mostra a relação existente entre

a quantidade de fragmentos de canais e a área total da bacia estudada, tendo a intenção de aferir a frequência e quantidade dos rios que existem em uma determinada área (Rodrigues et al. 2016).

$$Dh = \frac{N}{A} \quad \text{(Equação 5)}$$

Sendo,

Dh = Densidade Hidrográfica

N = Número de rios;

A = Área da bacia estudada;

Neste caso, o número de rios deve ser o total de fragmentos presentes na bacia, sendo eles de primeira ordem, já que “todo e qualquer rio surge de uma nascente”. Além disso, a densidade hidrográfica mostra qual é a capacidade de uma sub-bacia em gerar novos canais, caso possua mais de 2 canais/km², a sub bacia apresenta grande capacidade de gerar novos cursos d’água (Rodrigues et al. 2016).

Tabela 5: Classificação da Densidade Hidrográfica (Dh).

| Característica | Densidade Hidrográfica (rios/km²) |
|-----------------------|---|
| Baixa | < 3 |
| Média | 3 - 7 |
| Alta | 7 - 15 |
| Muito alta | > 15 |

Fonte: Ramos et al. 2021.

2.2.6. Sinuosidade do Curso D’água Principal (Is)

Indica a razão entre o comprimento principal da bacia e a extensão no talvegue, seguindo em linha reta, no canal. Resultados próximos ou inferiores a 1, indica uma tendência de se ter uma bacia com aparência linear; para resultados acima de 2, indica canais com meandros (curvas); e para resultados que estão entre 1 e 2 apresentam leito de transição ao longo do perfil (SANTOS *et al.*, 2012).

$$I_s = \frac{L}{D_v} \quad (\text{Equação 6})$$

Têm-se que,

I_s = Sinuosidade do curso d'água principal;

L = Comprimento do perfil principal (km);

D_v = Comprimento do talvegue do principal (km);

2.2.7. Densidade de Drenagem (Dd)

Para se obter a densidade de drenagem, basta dividir o comprimento total dos canais pela área da bacia.

$$D_d = \frac{L}{A} \quad (\text{Equação 7})$$

No qual,

D_d = Densidade de drenagem;

L = Extensão total dos canais (km);

A = Área da bacia principal (km²);

Densidade de drenagem serve para indicar qual é o nível de desenvolvimento do sistema de drenagem presente na bacia hidrográfica, sendo refletido a sua eficiência. A vazão de saída também pode ser associada com a densidade de drenagem, porém diferentes variáveis podem influenciar, como cobertura vegetal, topografia, resistência a erosão, volume de precipitação, são algumas delas (Oliveira et al. 2019).

Tabela 6: Classificação Densidade de Drenagem.

| Característica Dd | Valor |
|-------------------------------|---------------------|
| Drenagem Pobre | $Dd < 0,5$ |
| Drenagem Regular | $0,5 \leq Dd < 1,5$ |
| Drenagem Boa | $1,5 \leq Dd < 2,5$ |
| Drenagem Muito Boa | $2,5 \leq Dd < 3,5$ |
| Excepcionalmente Bem Drenadas | $Dd \geq 3,5$ |

Fonte: Oliveira et al. 2019.

2.2.8. Índice de Rugosidade

Este índice está relacionado ao potencial de erosão de uma bacia em relação ao escoamento superficial. Quanto menor o valor de I_r , menor será a exposição da bacia à degradação natural; entretanto quanto maior é este parâmetro, maior é o risco de degradação a esta bacia. O índice de rugosidade é uma medida adimensional que representa a diferença entre alturas da foz e o ponto de maior altitude dentro da área delimitada da bacia, mostrando assim o seu desvio médio (SILVA et al., 2023).

$$I_r = D_d \times H \quad \text{(Equação 8)}$$

Em que,

D_d = Densidade de drenagem (km/km²);

H = Amplitude altimétrica (km).

Tabela 7: Classificação Índice de Rugosidade.

| Classificação | Índice de Rugosidade |
|---------------|----------------------|
| Fraca | 0 - 150 |
| Média | 151 - 550 |
| Forte | 551 - 950 |
| Muito forte | > 950 |

Fonte: SILVA et al., 2023.

2.2.9. Declividade do Rio Principal (I_{eq})

A classificação de relevo serve para descrever a relação entre a diferença entre altitudes extremas (maior altitude - menor altitude) (Hm) e o comprimento da bacia, medido na sua maior dimensão (Silva *et al.* 2020). Mostra a influência na demanda total da bacia e a vazão sobre o escoamento superficial da bacia (Olszewski *et al.*, 2011).

$$I_{eq} = \frac{\Delta H}{L} \quad \text{(Equação 9)}$$

Onde,

ΔH = Declividade equivalente (m/km)

H = Amplitude altimétrica do curso d'água principal (m)

L = Comprimento do curso d'água principal (km)

2.2.10. Extensão média do escoamento superficial (L)

Extensão média do escoamento superficial representa a distância que a água da chuva percorreria sobre a superfície da bacia, caso ela se deslocasse diretamente do ponto inicial de precipitação até o ponto mais próximo do leito dentro de um curso de água presente na bacia (Olszewski *et al.*, 2011).

Este índice fornece uma estimativa de qual é a média da distância percorrida pelo escoamento superficial, entretanto a real extensão média do escoamento

superficial pode ser diferente quando se comparado a valores obtidos por equações, já que as equações não levam em conta os fatores topográficos (Olszewski *et al.*, 2011).

$$L = \frac{A}{4L_t} \quad (\text{Equação 10})$$

Onde,

A = Área da bacia hidrográfica (km²)

L_t = Comprimento total de todos os canais (km);

2.2.11. Razão de textura (Rt)

A relação entre o número total de trechos de água e o perímetro da bacia hidrográfica é definido como razão de textura. Este parâmetro recebe influência da capacidade de infiltração do solo (SALIS *et al.*, 2019).

$$Rt = \frac{N}{P} \quad (\text{Equação 11})$$

Têm-se que,

N = Número de rios;

P = Perímetro da área estudada;

Estabelecendo uma comparação entre a textura de drenagem e os valores de textura topográfica, consegue-se utilizar essa análise para caracterização do solo e estabelecer sua classificação.

Tabela 8: Classificação do Índice de Textura.

| Característica | Razão de textura |
|-------------------------------------|------------------|
| Maior distância entre cursos d'água | < 2,5 |
| Distância média entre cursos d'água | 2,5 - 6,2 |
| Baixa distância entre cursos d'água | > 6,2 |

Fonte: Salis *et al.*, 2019.

2.2.12. Razão de Relevo (Rr)

Razão de relevo indica a relação entre a diferença da amplitude máxima (Hm) presente na bacia e a sua extensão máxima (L) ao longo da linha de drenagem principal (SALIS *et al.*, 2019).

$$Rr = \frac{Hm}{L} \quad (\text{Equação 12})$$

No qual,

Hm = Amplitude altimétrica;

L = Comprimento total dos canais;

Tabela 9: Classificação da Razão de Relevo.

| Razão de Relevo | Valores |
|-----------------|-------------|
| Baixa | < 0,10 |
| Média | 0,11 - 0,30 |
| Alta | 0,31 - 0,60 |

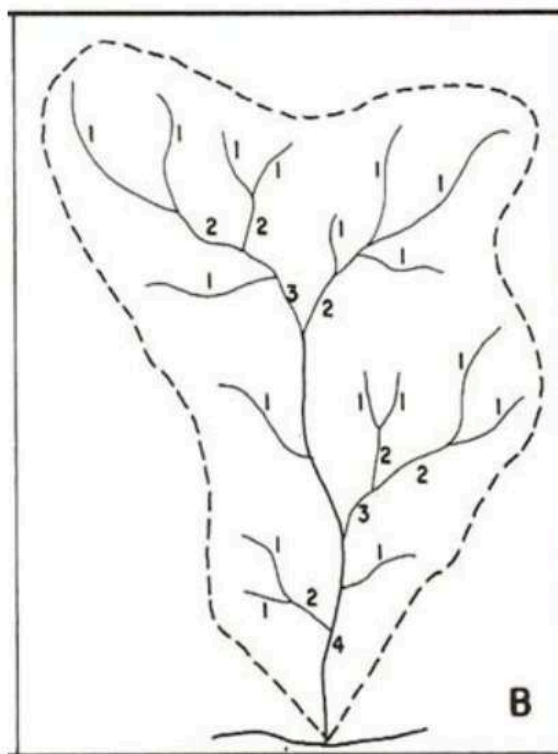
Fonte: Salis *et al.*, 2019.

2.3. Ordem dos rios

Ordem dos rios ou também conhecida como hierarquia fluvial, consiste em classificar um curso d'água específico em relação a uma bacia hidrográfica. Segundo Strahler (1952), os canais menores que não apresentam um contribuinte, são classificados como de primeira ordem; já quando dois canais de primeira ordem se juntam, eles formam um canal de segunda ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem.

Os canais de ordem superior podem receber contribuição de canais com ordem menores, fazendo com que a maior ordem permaneça. A ordem de um rio irá aumentar até atingir a última ordem, que representará a ordem total da bacia. Na Figura 6, é possível analisar como ocorre a hierarquia fluvial.

Figura 6: Hierarquia fluvial.



Fonte: Silva e Almeida, 2012.

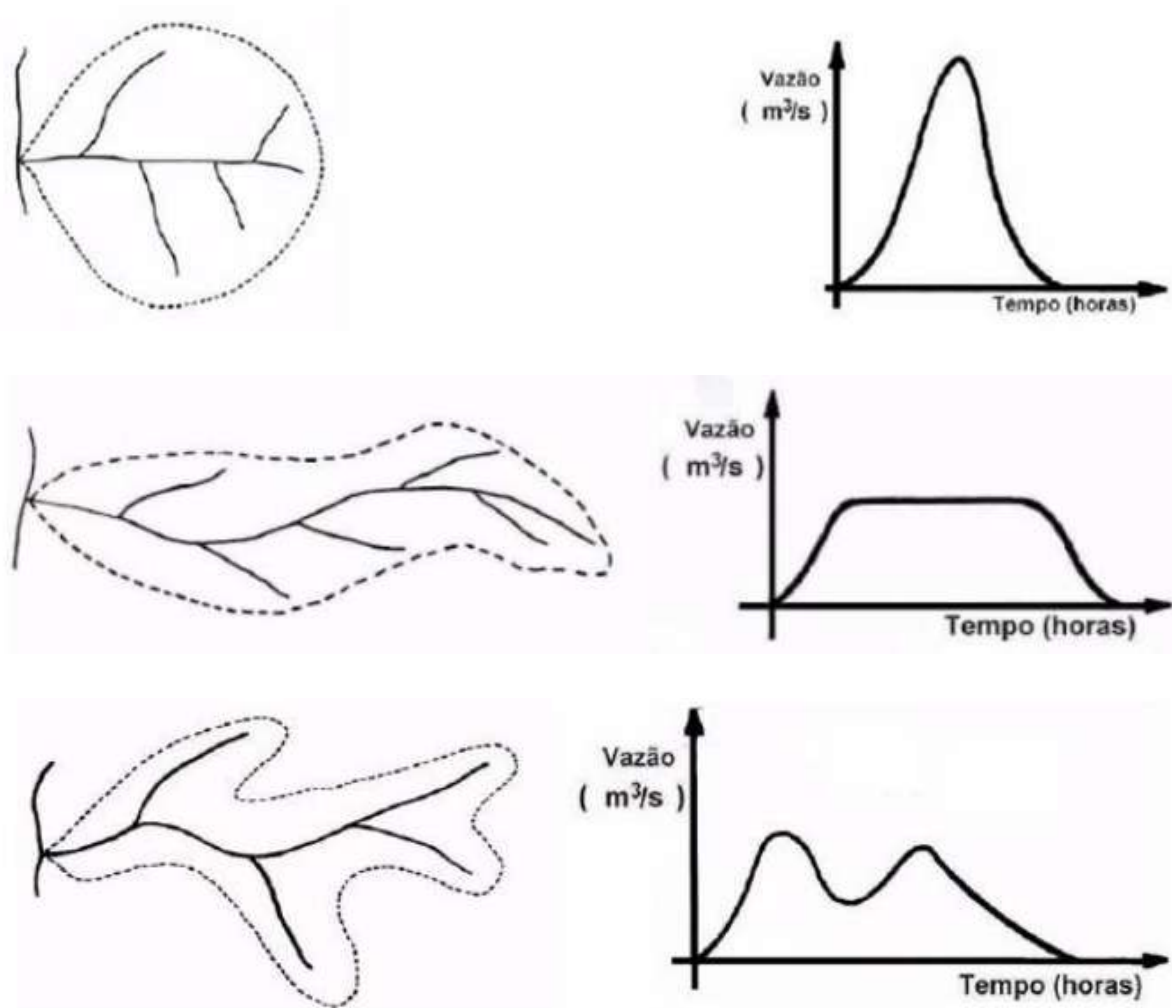
2.4. Forma da bacia

A forma de uma bacia hidrográfica pode ser determinada de acordo com a estrutura geológica do terreno (VILLELA E MATOS, 2011). As diferentes formas podem refletir qual é o comportamento hidrológico presente na bacia. As bacias apresentam três formas principais, sendo elas circular, elíptico, radial ou ramificada, cada uma delas com diferentes características de escoamento e formato (BRASIL, 2019).

Para uma bacia com característica circular é notável que a água escoada apresenta uma tendência a se direcionar para o exército ao mesmo tempo. Já para uma bacia no formato elíptico, a saída encontra-se na ponta que possui maior eixo e a sua área pode ser considerada como a de uma bacia circular; seu escoamento se distribui ao longo do tempo, resultando em uma menor enchente. Por fim, para uma bacia do tipo radial ou ramificada, se apresenta como uma bacia formada por sub-bacias alongadas que tendem a ir para um mesmo curso principal, uma chuva uniforme nesse tipo de bacia, resulta em cheias nas sub-bacias, que se somam (não

ao mesmo tempo) no rio principal; a cheia poderá crescer, estacionar ou diminuir à medida que for recebendo contribuições de outras sub-bacias. Na figura 7 abaixo é possível observar o formato e o comportamento para bacias circulares, elípticas e radiais em sequência (BRASIL, 2019).

Figura 7: Forma de bacias.



Fonte: Brasil, 2019.

2.5. Delineamento matemático

A aplicação dos índices morfométricos geométricos, relevo e drenagem serão abordados a partir das equações já apresentadas anteriormente e condensadas na Tabela 10 abaixo.

Tabela 10: Parâmetros utilizados.

| Parâmetro | Equação | Referência |
|--|----------------|---------------------------------|
| Índice de compacidade | 1 | Cardoso <i>et al.</i> , 2006. |
| Fator de forma | 2 | Trajano <i>et al.</i> , 2012 |
| Índice de circularidade | 3 | Cardoso <i>et al.</i> , 2006. |
| Número de canais | 4 | Santos <i>et al.</i> , 2012. |
| Densidade hidrográfica | 5 | Dias; Cunha, 2017. |
| Índice de sinuosidade | 6 | Santos <i>et al.</i> , 2012. |
| Densidade de drenagem | 7 | Manoel, 2016. |
| Índice de rugosidade | 8 | Trajano <i>et al.</i> , 2012. |
| Declividade do rio principal | 9 | Olszewski <i>et al.</i> , 2011. |
| Extensão média do escoamento superficial | 10 | Olszewski <i>et al.</i> , 2011. |
| Razão de textura | 11 | Salis <i>et al.</i> , 2019. |
| Razão de Relevo | 12 | Salis <i>et al.</i> , 2019. |

Fonte: Autoria própria, 2024.

2.6. Delineamento experimental

2.6.1. Geoprocessamento

Para este estudo, foi necessário delimitar 12 sub-bacias pertencentes à UGRHI - 14. Inicialmente, havia 3393 sub-bacias, que foram obtidas no Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC). Entretanto, devido a grande quantidade de dados a serem analisados, fez-se necessária a delimitação das sub-bacias em um determinado intervalo de área. Este intervalo ia de 400 a 700 hectares, o que delimitou as sub-bacias a um total de 884. Tal fato se justifica porque tais áreas permitem a seleção de unidades de drenagem que são suficientemente grandes para representar a variabilidade dos processos hidrológicos e ambientais, mas não tão extensas a ponto de perderem o foco das características locais.

Pode-se considerar que essas bacias sejam de tamanho médio e portanto apresentam uma dinâmica hidrológica que é mais fácil de monitorar e analisar em termos de comportamento de eventos climáticos extremos, como chuvas intensas. Sendo assim, bacias muito pequenas podem não oferecer variação suficiente para uma análise robusta, enquanto bacias muito grandes poderiam resultar na dificuldade de identificação de características específicas da região de estudo. Aproveitou-se da base de dados do NEEDS - UFSCAR a qual oferece informações detalhadas e geoespaciais sobre a região do Alto Paranapanema, como o formato das bacias, a rede de drenagem, a topografias e outras variáveis.

Com as primeiras delimitações feitas, foi necessário escolher sub-bacias que se encaixassem nas 4 matrizes das paisagens, sendo elas agricultura, pastagem, área urbana e florestal, que seriam o objeto de estudo. Inicialmente, cada matriz contava com mais de 20 sub-bacias selecionadas, que foram reduzidas a 3 sub-bacias em cada matriz da paisagem de estudo que possuíssem áreas semelhantes. Ao trabalhar com três bacias é possível representar de forma eficaz a diversidade de condições ambientais e físicas dentro de uma mesma área, ou seja, a análise em triplicata permite avaliar essas variações de forma mais precisa, fornecendo uma visão mais completa e representativa da região.

Entretanto, devido a divergências entre sub-bacias e hidrografia, foi necessário refazer a hidrografia e as sub-bacias em virtude da incompatibilidade entre as bases de dados do IGC e CETESB. Dessa forma, a delimitação foi feita

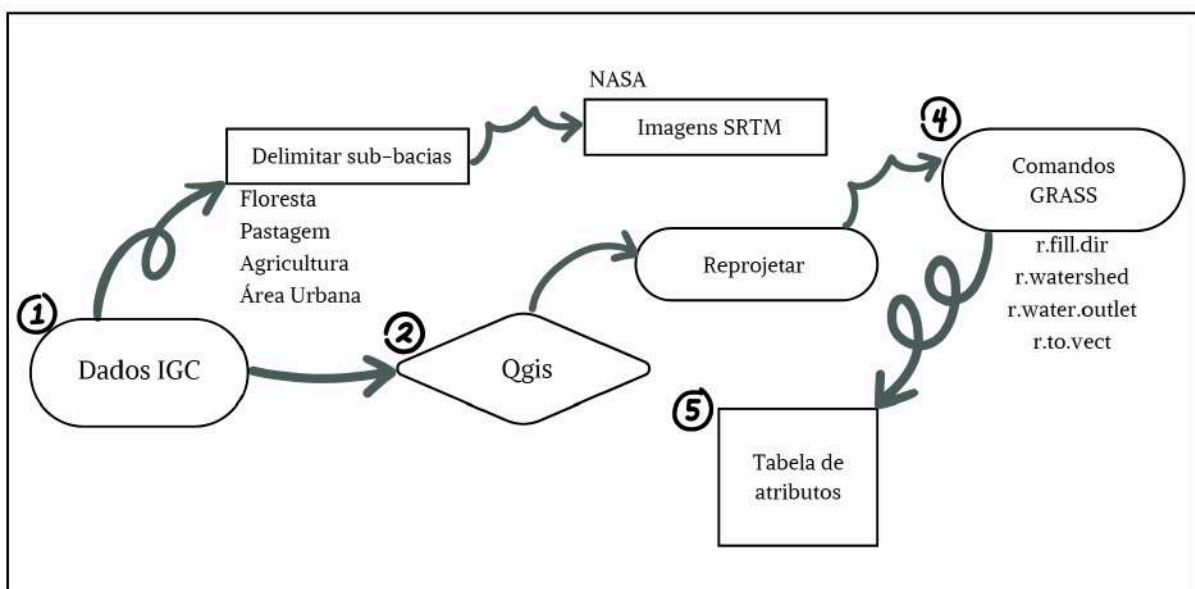
utilizando o QGIS 3.34.4, juntamente com o complemento de processamento Geographic Resources Analysis System (GRASS). Este trabalho foi fundamentado no uso do Modelo de Elevação do Terreno (MDE) intitulado de quadrícula de altitude, sendo necessária a utilização de 6 quadrículas, sendo elas apresentadas abaixo. Essas quadrículas foram desenvolvidas na Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM), sendo cedidas pelo United States Geological Survey (USGS) online.

- S24W048;
- S24W049;
- S24W050;
- S25W048;
- S25W049;
- S25W050.

O MDE pode ser obtido pelo INPE ou pela NASA Earthdata, e possui resolução espacial de 30 x 30 metros, sendo feito no Sistema de Referência de Coordenadas Geográficas (SRC) em SIRGAS 2000 e em seguida projetado para o fuso Universal Transversa de Mercator (UTM) 22S.

Para se obter a delimitação das sub-bacias e as novas hidrografias, foi necessário seguir alguns comandos presentes no complemento GRASS, sendo eles apresentados resumidamente na Figura 8 a seguir.

Figura 8: Fluxograma de geoprocessamento.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Como se tinha um total de 12 sub-bacias a serem analisadas, foi necessário atribuir uma simbologia para cada ao realizar os processos. Onde, a agricultura é representada por A, pastagem é representada por P, área urbana é representado por U e por fim a floresta é representada por F. Cada uma delas vinha acompanhada do número da sub-bacia de análise, este número variava de 1 a 3. Exemplo: A_2 ou P_3.

2.6.2. Declividade do terreno

Em 1979, foi definido pela EMBRAPA seis classificações para descrever o relevo, sendo elas apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 11: Classificação de relevo.

| Discriminação | Declividade | Características |
|----------------------|--------------------|--|
| Plano | 0 a 3% | Topografia plana, desníveis muito pequenos. |
| Suave ondulado | 3 a 8% | Topografia levemente movimentada, possui colinas e montes (elevações entre 50 a 100 m). Possui suaves declives. |
| Ondulado | 8 a 20% | Topografia pouco movimentada, possui conjunto de colinas e montes. |
| Forte ondulado | 20 a 45% | Topografia movimentada, possui colinas e montes (elevações entre 100 a 200 m). |
| Montanhoso | 45 a 75% | Topografia vigorosa, ponduindo em sua maioria formas acidentadas, como: morro e montanha. Possui grandes desníveis. |
| Escarpado | acima de 75% | Apresenta formas abruptas como: aparados, itaimbé, falésias, frentes de cuestras. Fortes declives com vales encaixados. |

Fonte: EMBRAPA, 1979.

Os fatores como encosta e a declividade, são elementos que interferem de forma direta na velocidade que as águas pluviais escorrem. Estes dois fatores se interligam diretamente com a erosão do terreno, visto que quando as gotas de chuva atingem um terreno que não possui proteção, causam erosão por salpicamento ou o efeito “*splash*”. Se este terreno possui pouca declividade, ele irá erodir menos, já que a água percorrerá uma distância menor (RODRIGUES *et al.*, 2010).

2.6.3. Mapa de uso e ocupação do solo

A determinação do uso e ocupação do solo é importante para se entender quais são as características de distribuição no espaço, além de servir como registro de acontecimentos que possam vir a ser analisadas. Com o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), é possível obter informações em diferentes escalas, faixas de cor, sendo de forma confiável e rápida (MARTÍNEZ *et al.*, 2022).

Existem diferentes formas de se classificar o uso e ocupação de um solo, sendo uma delas a classificação supervisionada, que se utiliza de dados visuais para que ocorra a classificação. Neste método, é importante escolher amostras que servirão de treinamento para cada classe que será trabalhada no mapa (EMBRAPA, 2015).

Para este trabalho, as seguintes classes foram escolhidas para serem analisadas: floresta, pastagem, mosaico de usos, área urbana, agricultura, hidrografia, silvicultura. As análises foram baseadas nas informações de cobertura e uso do solo disponibilizado pelo Mapbiomas. A série temporal utilizada foi a mais recente disponibilizada por eles, sendo do ano de 2022.

3. Resultados

3.1. Matriz da paisagem: Florestal

As sub-bacias de Floresta 1, 2 e 3 estão localizadas nos municípios de Pilar do Sul, Apiaí e São Miguel Arcanjo respectivamente. Na tabela 12, é possível verificar quais são as áreas de drenagem, os perímetros e os comprimentos axiais para cada uma das sub-bacias. Pode-se analisar que as 3 sub-bacias apresentam os três fatores ligeiramente próximos.

Tabela 12: Área de drenagem, perímetro e comprimento axial para Floresta.

| Parâmetros | Floresta 1 | Floresta 2 | Floresta 3 | Unidade |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Área de drenagem | 5,97 | 5,89 | 5,98 | km ² |
| Perímetro | 16,72 | 16,22 | 17,2 | km |
| Comprimento axial | 4,11 | 3,22 | 3,97 | km |

Fonte: Autoria própria, 2024.

Com esses valores obtidos anteriormente é possível realizar cálculos de diversos parâmetros morfométricos que são importantes no entendimento de sub-bacias hidrográficas. Na tabela 13 abaixo, encontram-se os valores encontrados para estas sub-bacias de matriz Florestal.

Tabela 13: Parâmetros morfométricos para sub-bacia de Floresta 1, 2 e 3.

| Parâmetros | Floresta 1 | Floresta 2 | Floresta 3 | Unidade |
|--|------------|------------|------------|----------------------|
| Forma | | | | |
| Índice de compacidade (Kc) | 1,91 | 1,87 | 1,97 | adimensional |
| Fator de forma (Ff) | 0,35 | 0,57 | 0,38 | adimensional |
| Índice de circularidade (Ic) | 0,27 | 0,28 | 0,25 | adimensional |
| Hidrografia | | | | |
| Número de canais (Nu) | 10 | 12 | 10 | unidade |
| Densidade hidrográfica (Dh) | 1,67 | 2,04 | 1,67 | rios/km ² |
| Índice de sinuosidade (Is) | 1,40 | 1,63 | 1,46 | adimensional |
| Densidade de drenagem (Dd) | 1,65 | 1,88 | 1,75 | km/km ² |
| Índice de rugosidade (Ir) | 255,12 | 347,97 | 271,71 | adimensional |
| Relevo | | | | |
| Declividade do rio principal (Ieq) | 1,31 | 2,09 | 1,85 | porcentagem |
| Extensão média do escoamento superficial (L) | 0,15 | 0,13 | 0,14 | km |
| Razão de textura (Rt) | 0,60 | 0,74 | 0,58 | rios/km |
| Razão de relevo (Rr) | 0,02 | 0,02 | 0,01 | adimensional |
| Amplitude altimétrica | 155 | 185 | 155 | metros |
| Altura mínima | 715 | 910 | 710 | metros |
| Altura máxima | 870 | 1095 | 865 | metros |
| Elevação do exutório | 717 | 910 | 710 | metros |
| Elevação da nascente | 780 | 1005 | 805 | metros |

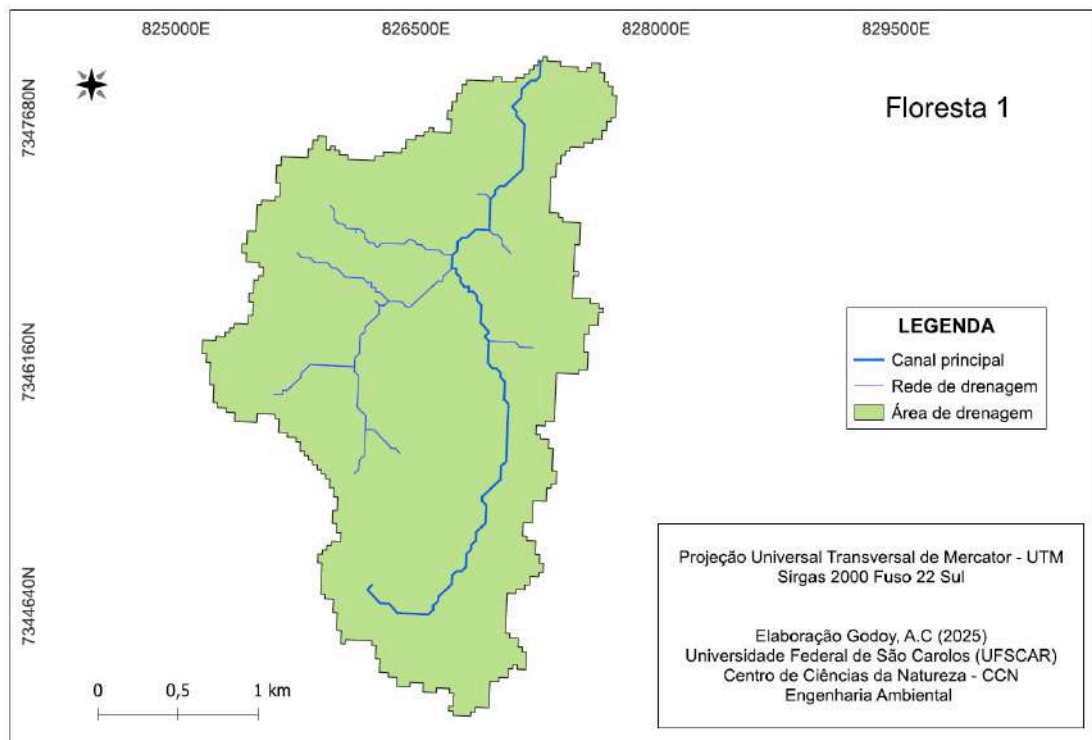
Fonte: Autoria própria, 2024.

3.1.1. Probabilidade e magnitude das cheias com base na forma

Como o valor do coeficiente de compacidade é superior a 1,50 para as três sub-bacias, pode-se inferir que elas não estão sujeitas a sofrerem com grandes enchentes (VILLELA; MATOS, 2011). Entretanto, para o fator de forma, ressalta-se que apenas as sub-bacias 1 e 3 apresentam valores abaixo de 0,50, portanto possuem baixa tendências a enchentes; enquanto para a sub-bacia 2, é possível destacar que a mesma apresenta média propensão a enchentes (EMBRAPA, 2020). Neste sentido, pode-se dizer que, as sub-bacias 1 e 3 possuem baixas chances de sofrerem com enchentes e caso isso ocorra não será uma enchente de grande porte. E para a sub-bacia 2, apresenta chances medianas de sofrer com enchentes, porém caso isso aconteça, a enchente também não será de grande magnitude.

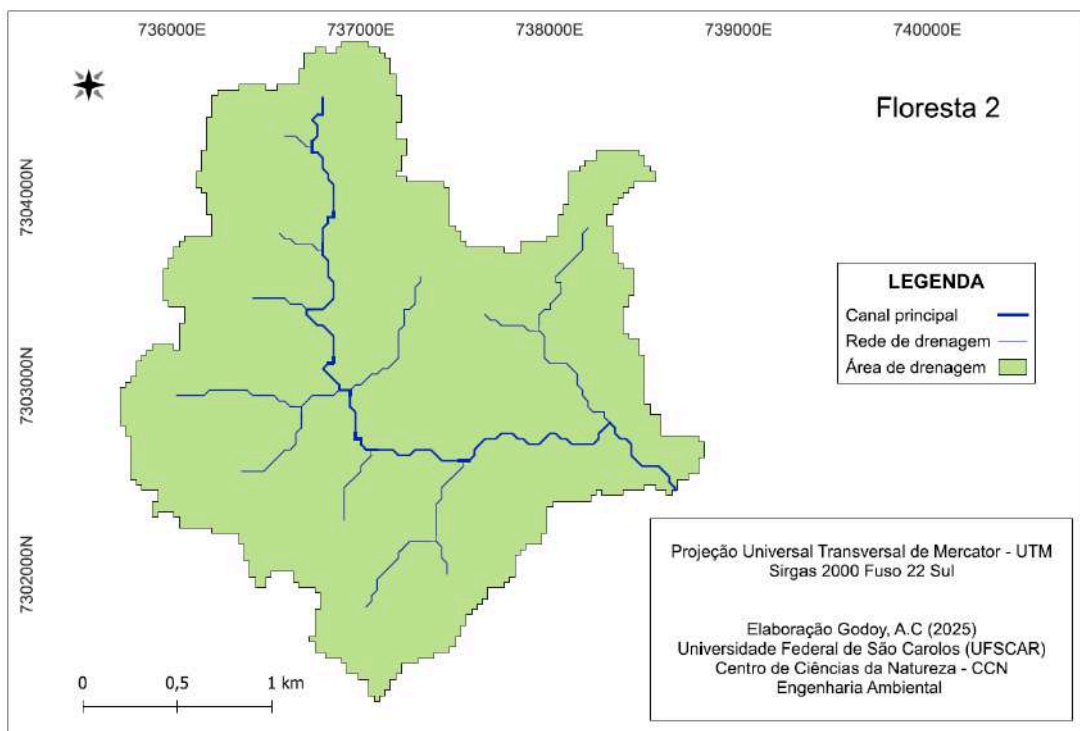
De acordo com os valores encontrados para o índice de circularidade, entende-se que as sub-bacias apresentam tendências a favorecer o escoamento superficial, além de que, a medida que o valor do índice de circularidade se distancia de 1, tem-se o indicativo de que a bacia deixa de ser circular e conforme ela se alonga esse valor tende a diminuir, indicando que eles possuem forma mais alongada (MARTINS *et al.*, 2024). Os Mapas 3, 4 e 5 a seguir, evidenciam o formato mais alongado encontrado para estas sub-bacias.

Mapa 3: Formato sub-bacia Floresta 1.



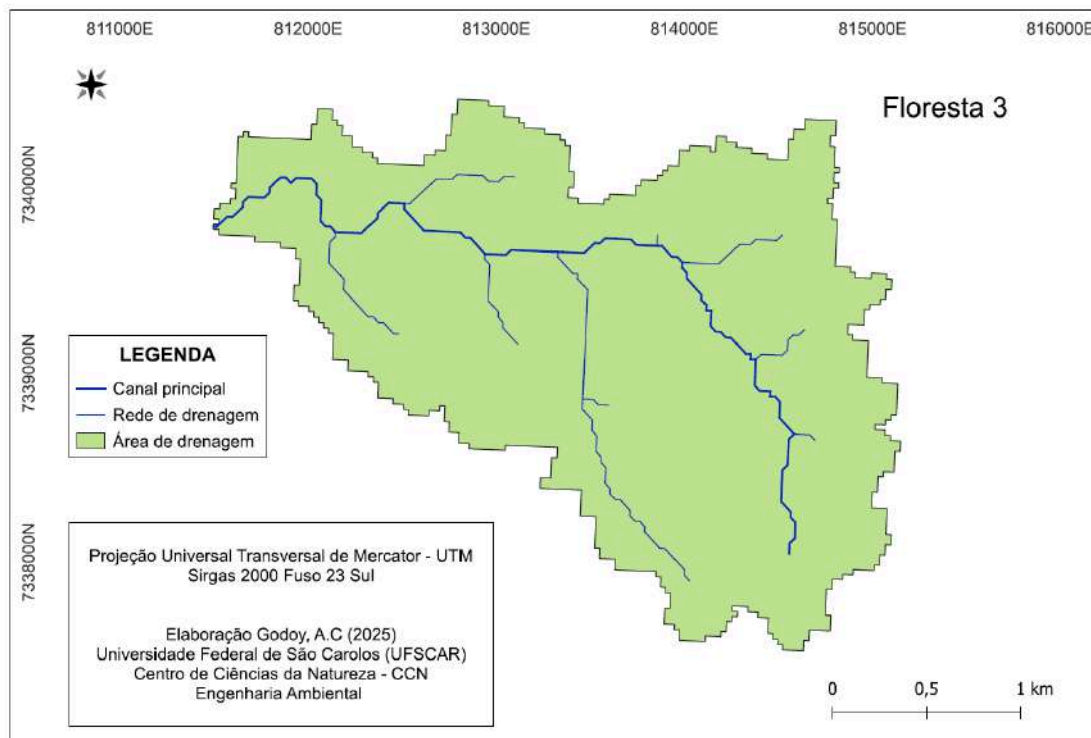
Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 4: Formato sub-bacia Floresta 2.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 5: Formato sub-bacia Floresta 3.



Fonte: Autoria própria, 2025.

3.1.2. Processos erosivos

Apresentando 10 canais ao longo da sub-bacia 1 e 3, e 12 canais para a sub-bacia 2, nota-se que a densidade hidrográfica de todas são classificadas como baixas, resultando em uma baixa capacidade de gerar novos canais (Rodrigues *et al.* 2016). Mesmo apresentando baixa densidade hidrográfica, estas sub-bacias possuem uma boa densidade de drenagem, visto que os valores encontrados estão entre 1,5 e 2,5 km/km² (Oliveira *et al.* 2019). Sendo assim, os riscos de erosão são mitigados, uma vez que a água oriunda da chuva encontra os canais com mais facilidade, percorrendo uma distância menor sobre o solo.

Se considerar que as sub-bacias são de matriz florestal, esses efeitos erosivos são ainda mais atenuados, tendo em vista que a floresta é uma barreira à produção e aos transportes de sedimentos. Isto é visível no índice de rugosidade, visto que o mesmo tem relação com o processo erosivo advindo de um escoamento hídrico superficial, apresentando uma maior degradação em encostas íngremes e longas. Para estas sub-bacias, o índice de rugosidade encontra-se entre 151 e 550, demonstrando que elas apresentam médio potencial erosivo (EMBRAPA, 2020).

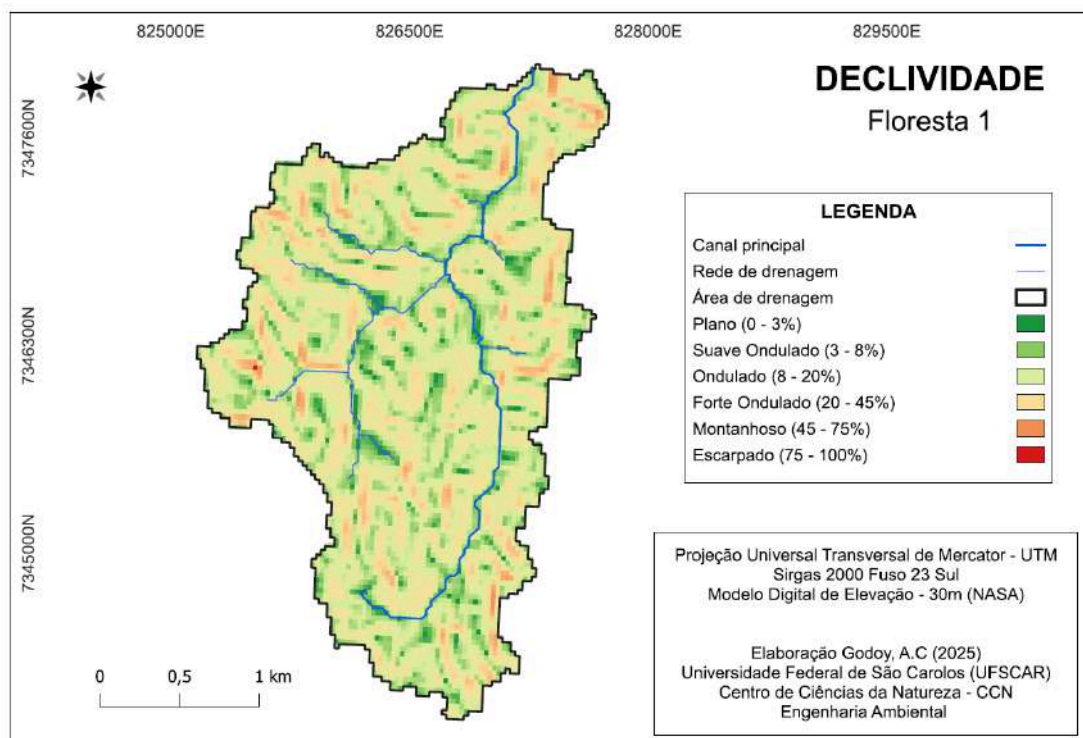
Outro dado de suma importância é a extensão média do escoamento superficial; para a sub-bacia 1, obteve-se o valor de 0,150 km, indicando que uma gota de chuva deve percorrer aproximadamente 150 metros até chegar em algum canal presente nesta sub-bacia. Para a sub-bacia 2, o valor encontrado foi de 0,130 km, o que indica que uma gota de chuva tem que percorrer 130 metros até alcançar um canal nessa sub-bacia. E por fim, para a sub-bacia 3, obteve-se o valor de 0,140km, o que mostra que uma gota de chuva percorre 140 metros até chegar em um canal nesta sub-bacia (Olszewski *et al.*, 2011.). Nesse sentido, pela razão de textura, pode-se dizer que as sub-bacias apresentam uma maior distância entre seus cursos d'água, uma vez que todas apresentam valores inferiores a 2,5 (SALIS *et al.*, 2019).

3.1.3. Hidrodinâmica no corpo d'água

Por apresentarem uma sinuosidade entre 1 e 2, pode-se inferir que as sub-bacias apresentam um leito de transição ao longo do perfil, de uma aparência linear, para uma aparência de canais com meandros; meandros provocam perda de energia localizada da água à medida em que ela escoar pelo rio, diminuindo a energia cinética de chegada ao exutório (SANTOS *et al.*, 2012). De acordo com a EMBRAPA (1979), um terreno que apresenta declividade entre 0 e 3% é um terreno plano, com desníveis pequenos, que é o caso destas sub-bacias, pois a declividade do rio principal encontrado para elas são de 1,31%, 2,09% e 1,85% respectivamente.

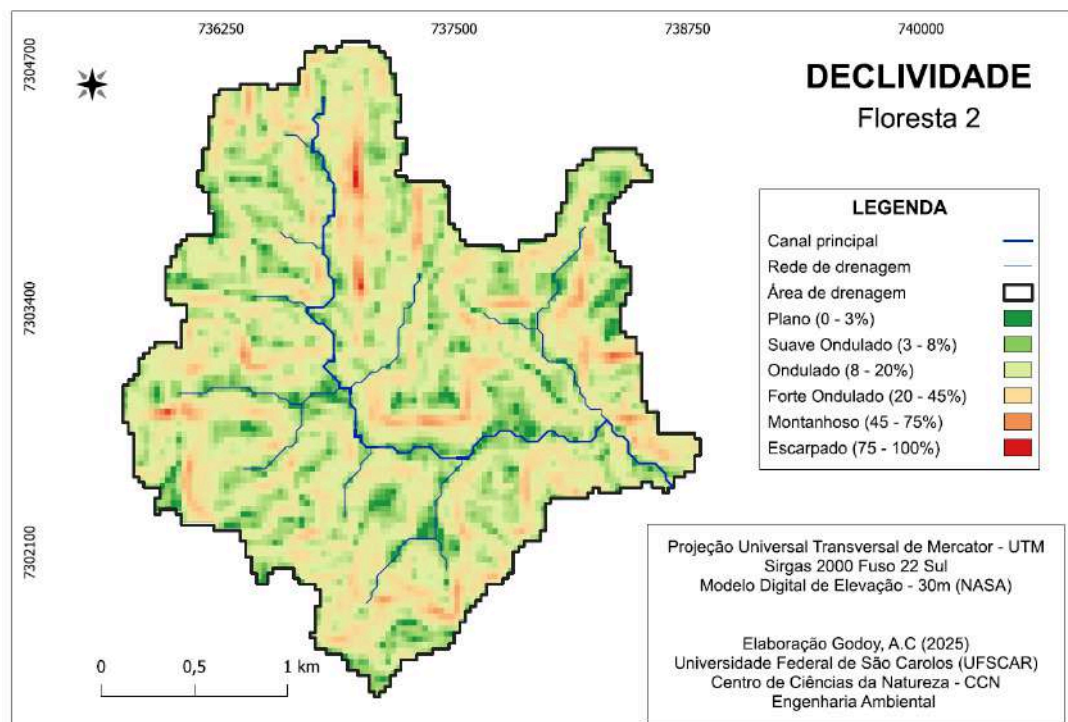
Isto por sua vez indica que a velocidade de escoamento será baixa, uma vez que os rios principais possuem baixa declividade, porém as sub-bacias apresentam uma declividade de Forte Ondulado em suas totalidades, como pode ser observado nos Mapas 6, 7 e 8 apresentadas abaixo . O mesmo pode ser observado pela razão de relevo, visto que todas as sub-bacias obtiveram valores menores do que 0,10, o que indica uma baixa razão de relevo.

Mapa 6: Declividade Floresta 1.



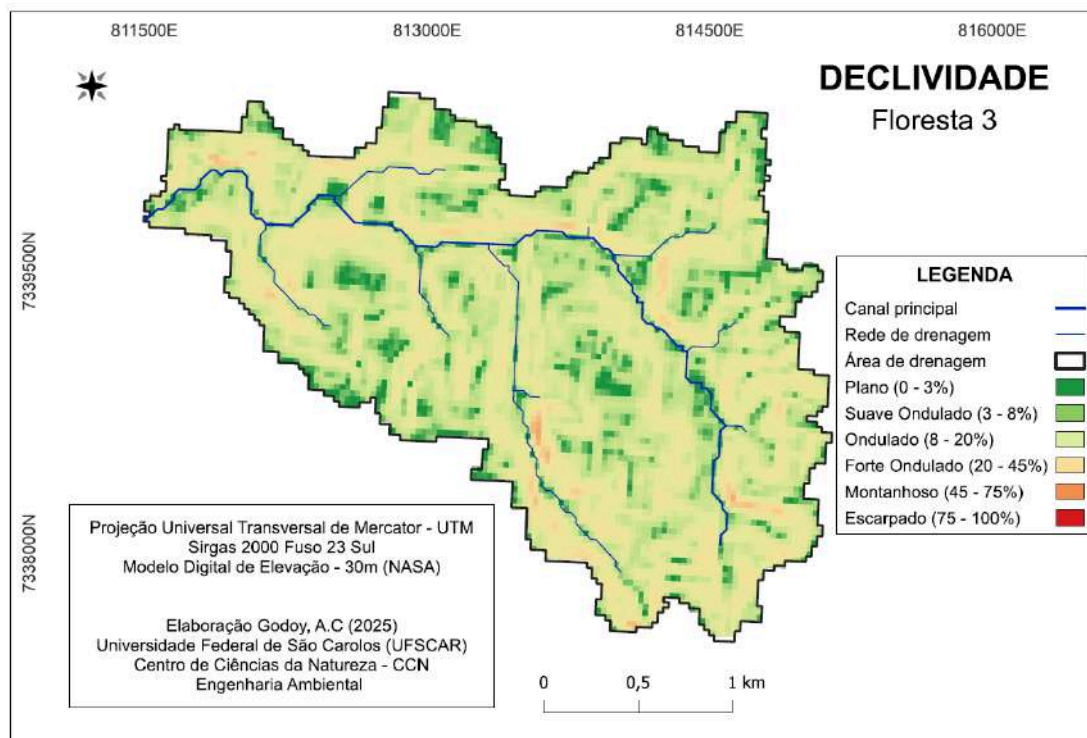
Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 7: Declividade Floresta 2.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 8: Declividade Floresta 3.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Sendo assim, a sinuosidade e a declividade do rio principal convergem para uma mitigação do tempo de concentração, e por consequência, atenuam ainda mais o fenômeno de inundação. Ainda, existe uma relação entre a energia cinética (velocidade) no rio principal com o transporte de sedimentos, ou seja, em rios com baixa energia, a água não é capaz de carrear altas quantidades de sedimento ao exutório, o que pode fazer com que os sedimentos se depositam no leito do rio, provocando fenômenos como o assoreamento. No entanto, como a tendência das sub-bacias é de mitigação dos processos erosivos, conclui-se que esse fenômeno não aconteceria com alto impacto nas sub-bacias analisadas.

3.1.4. Uso e ocupação do solo

Conforme pode-se observar na tabela 14 a, é possível observar que esta Matriz da Paisagem apresenta mais de 98% de sua totalidade, nas três sub-bacias, voltada para Floresta. Dessa forma, entende-se que diferentemente das outras Matrizes, esta será a que menos irá sofrer os impactos decorrentes de fortes ou moderadas chuvas, visto que a vegetação presente na mesma mitiga os impactos causados pela gota de chuva no solo.

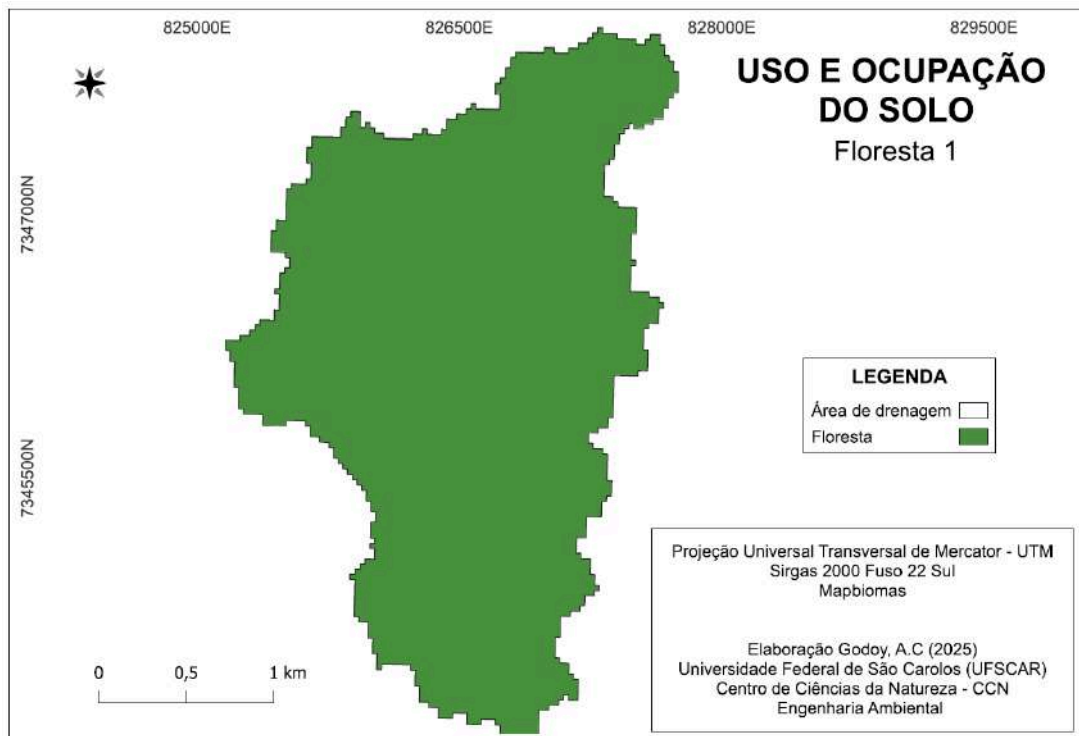
Tabela 14: Uso e Ocupação do Solo em sub-bacias de Floresta.

| Uso e Ocupação do Solo | Bacia | | | Unidade |
|------------------------|------------|------------|------------|---------|
| | Floresta 1 | Floresta 2 | Floresta 3 | |
| Floresta | 100,00 | 98,03 | 99,65 | % |
| Pastagem | - | 1,78 | 0,03 | % |
| Mosaico de Uso | - | - | - | % |
| Área Urbana | - | - | - | % |
| Agricultura | - | - | - | % |
| Hidrografia | - | - | 0,32 | % |
| Silvicultura | | 0,19 | | % |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | % |

Fonte: Autoria própria, 2025.

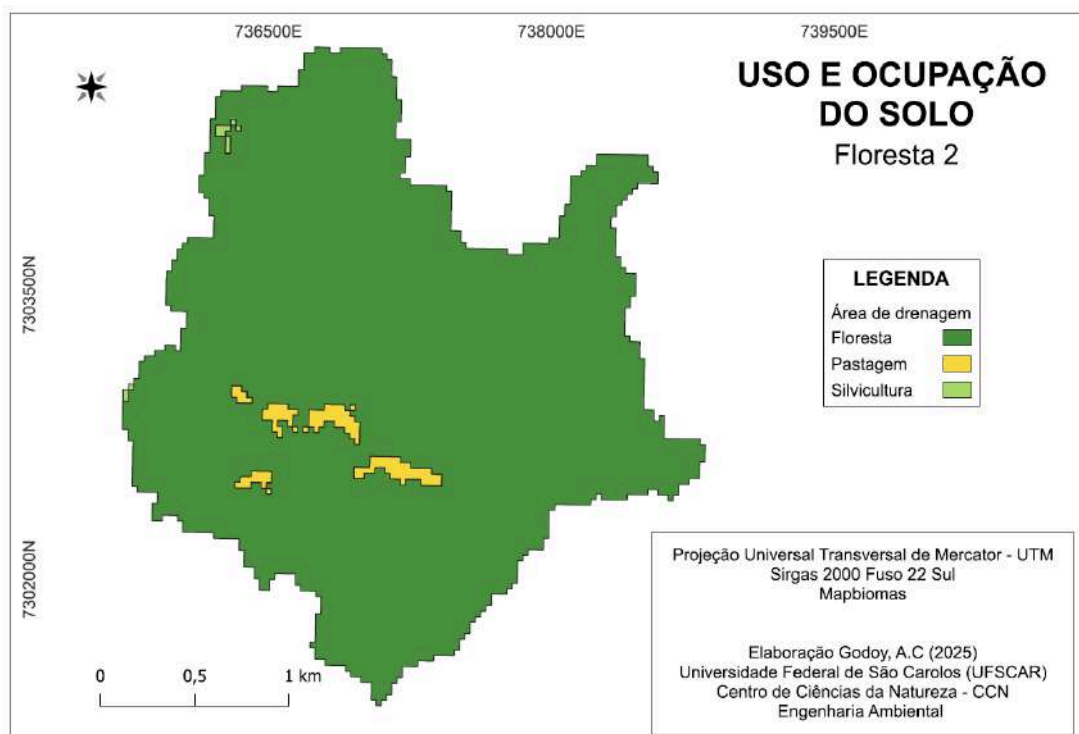
Nos Mapas 9, 10 e 11 a seguir, é possível analisar o uso e ocupação do solo para estas sub-bacias. Ao se analisar os mapas de uso e ocupação do solo e de declividade, é possível observar que, as atividades de floresta possuem mais ocorrência em terrenos onde a declividade é superior a 20% (forte ondulado).

Mapa 9: Uso e ocupação do solo para Floresta 1.



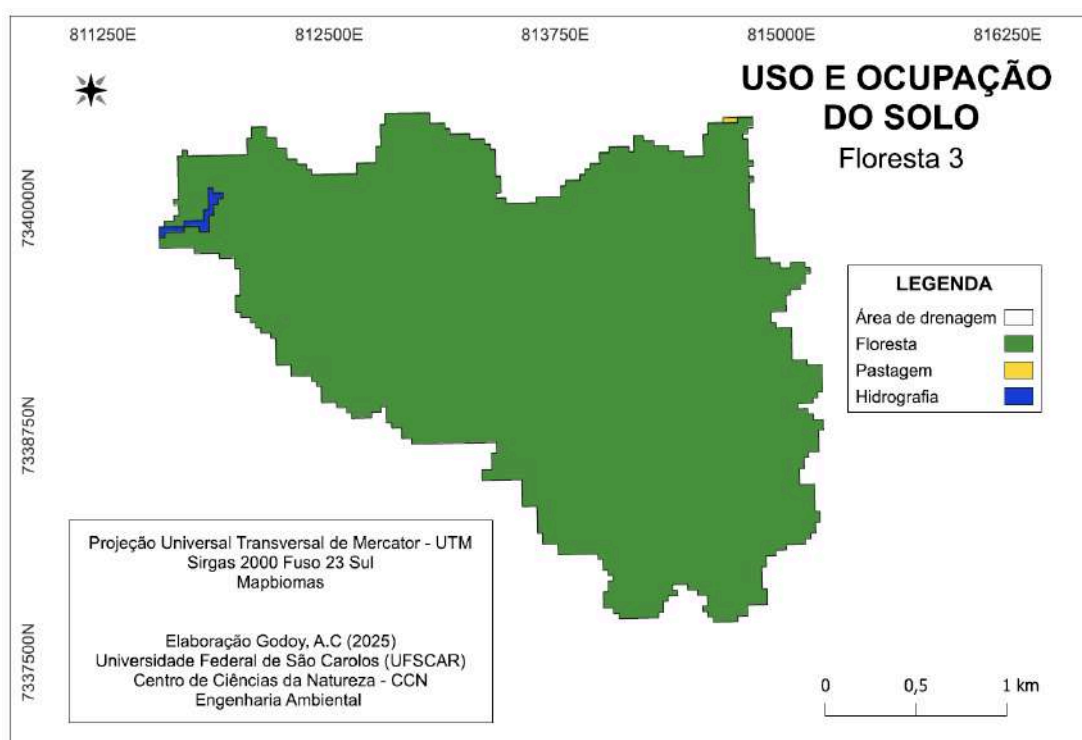
Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 10: Uso e ocupação do solo para Floresta 2.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 11: Uso e ocupação do solo para Floresta 3.



Fonte: Autoria própria, 2025.

3.2. Matriz da paisagem: Área Urbana

Buri, Itapetininga e Itararé são os municípios onde as sub-bacias de Área Urbana estão inseridas, sendo elas respectivamente 1, 2 e 3. Na tabela 15 abaixo pode-se analisar os valores para área de drenagem, perímetro e comprimento axial para cada uma das sub-bacias. Em primeira análise, observa-se que as áreas de drenagem são semelhantes, entretanto os perímetros e comprimentos axiais se divergem.

Tabela 15: Área de drenagem, perímetro e comprimento axial.

| Parâmetros | Área Urbana 1 | Área Urbana 2 | Área Urbana 3 | Unidade |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| Área de drenagem | 5,69 | 5,73 | 5,68 | km ² |
| Perímetro | 16,79 | 17,09 | 18,69 | km |
| Comprimento axial | 3,96 | 4,51 | 5,14 | km |

Fonte: Autoria própria, 2024.

Esses valores são importantes para a realização de outros cálculos além de auxiliarem na caracterização de diferentes parâmetros morfométricos que são importantes para o estudo. Na tabela 16 abaixo é possível encontrar os valores calculados para cada sub-bacia.

Tabela 16: Parâmetros morfométricos para sub-bacias de Área Urbana.

| Parâmetros | Área Urbana 1 | Área Urbana 2 | Área Urbana 3 | Unidade |
|--|---------------|---------------|---------------|----------------------|
| Forma | | | | |
| Índice de compacidade (Kc) | 1,97 | 2 | 2,2 | adimensional |
| Fator de forma (Ff) | 0,36 | 0,28 | 0,21 | adimensional |
| Índice de circularidade (Ic) | 0,25 | 0,25 | 0,2 | adimensional |
| Hidrografia | | | | |
| Número de canais (Nu) | 17 | 7 | 8 | unidade |
| Densidade hidrográfica (Dh) | 2,99 | 1,22 | 1,41 | rios/km ² |
| Índice de sinuosidade (Is) | 1,36 | 1,37 | 1,27 | adimensional |
| Densidade de drenagem (Dd) | 1,82 | 1,55 | 1,42 | km/km ² |
| Índice de rugosidade (Ir) | 245,48 | 131,48 | 163,01 | adimensional |
| Relevo | | | | |
| Declividade do rio principal (Ieq) | 2,2 | 1,23 | 1,61 | porcentagem |
| Extensão média do escoamento superficial (L) | 0,14 | 0,16 | 0,18 | km |
| Razão de textura (Rt) | 1,01 | 0,41 | 0,43 | rios/km |
| Razão de relevo (Rr) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | adimensional |
| Amplitude altimétrica | 135 | 85 | 115 | metros |
| Altura mínima | 585 | 625 | 685 | metros |
| Altura máxima | 720 | 710 | 800 | metros |

| | | | | |
|----------------------|-----|-----|-----|--------|
| Elevação do exutório | 590 | 626 | 685 | metros |
| Elevação da nascente | 692 | 693 | 778 | metros |

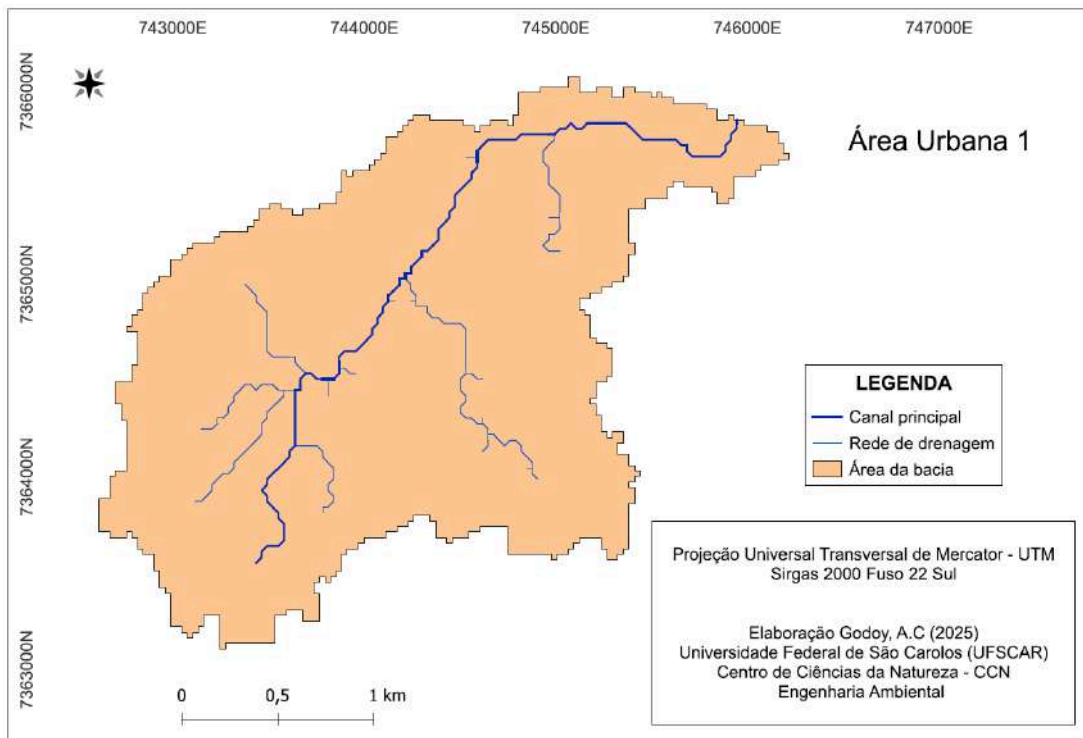
Fonte: Autoria própria, 2024.

3.2.1. Probabilidade e magnitude das cheias com base na forma

As três sub-bacias apresentam o coeficiente de compacidade superior a 1,50 indicando que possuem baixa propensão a sofrerem de grandes enchentes. Adicionalmente, todas apresentam valores para o fator de forma inferior a 0,50 evidenciando que elas possuem baixa chances de sofrerem com enchentes (VILLELA; MATOS, 2011). De forma geral, as possibilidades dessas sub-bacias sofrem com enchentes são baixas e caso isso venha a ocorrer, elas serão de baixa magnitude.

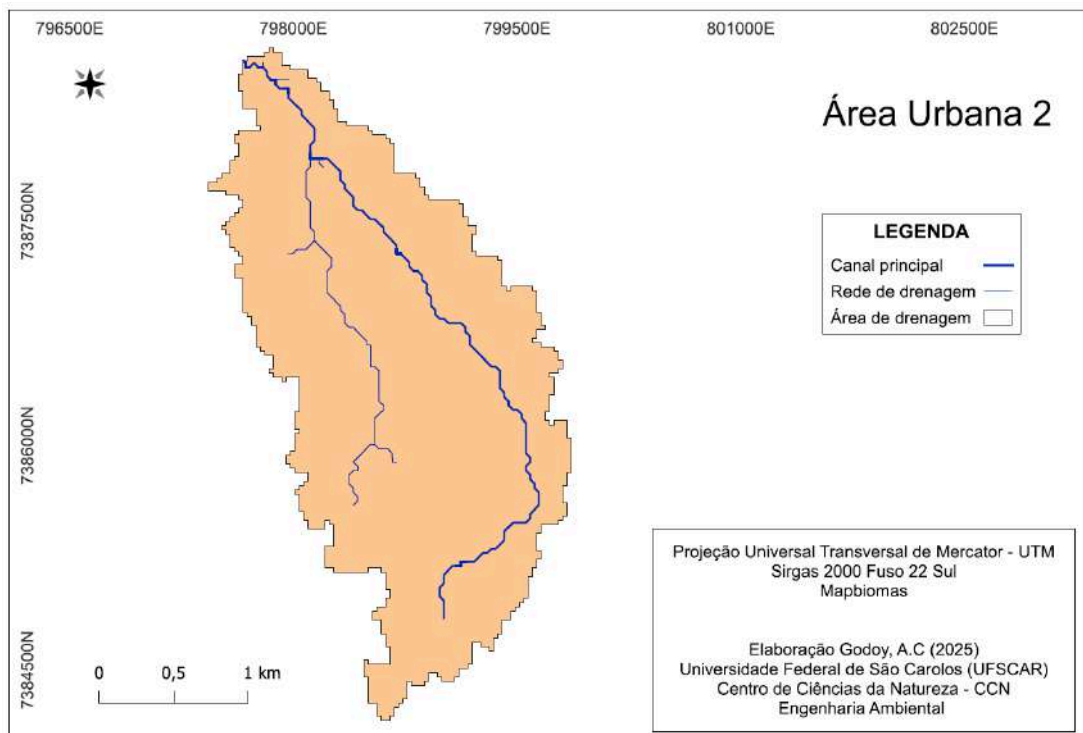
Quanto mais perto de 1 se encontrar o valor do índice de circularidade, mais perto de ser circular uma bacia tem. Entretanto, todas as sub-bacias apresentam resultados inferiores a 0,45 dessa forma então, elas apresentam características mais alongadas e que favorecem o escoamento (BORSATO, 2008). Os Mapas 12, 13 e 14 a seguir mostram os formatos das sub-bacias analisadas, confirmando por sua vez, a forma mais alongada delas.

Mapa 12: Formato sub-bacia de Área Urbana 1.



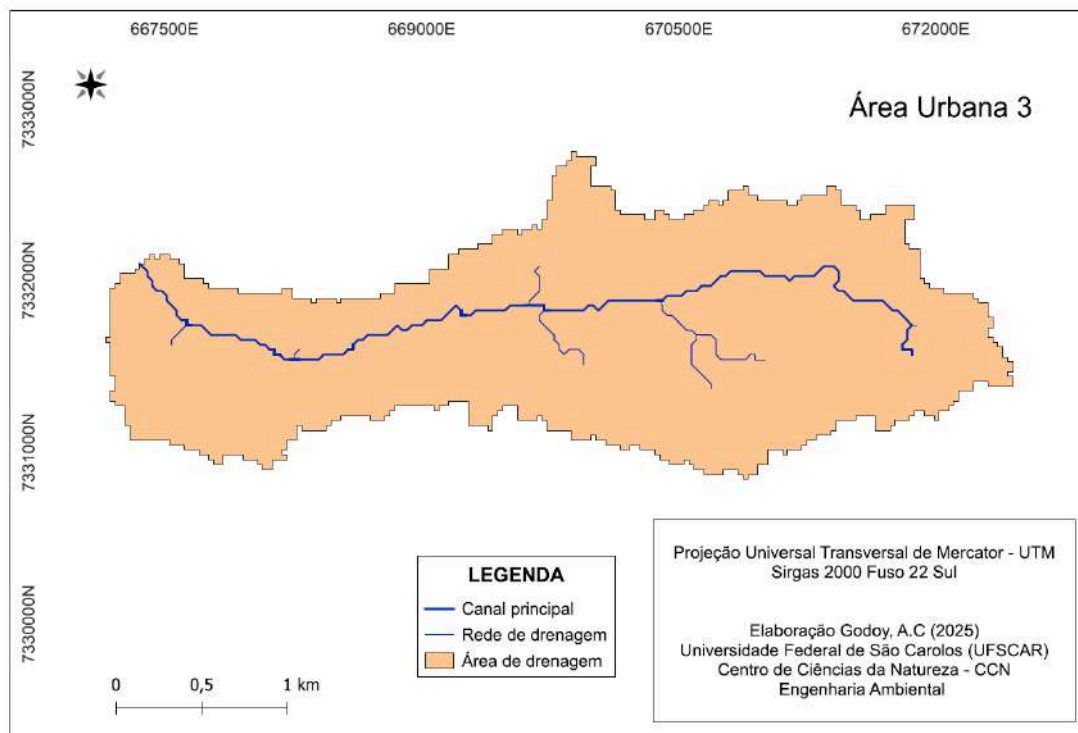
Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 13: Formato sub-bacia de Área Urbana 2.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 14: Formato sub-bacia de Área Urbana 3.



Fonte: Autoria própria, 2025.

3.2.2. Processos erosivos

O número de canais presentes entre elas é variável, sendo 17, 7 e 8, para as sub-bacias de Área Urbana 1, 2 e 3 respectivamente. Para as sub-bacias 2 e 3, tem-se valores de D_h muito distante de 3 rios/km² (1,22 e 1,41 rios/km² respectivamente), o que exemplifica características de baixa densidade hidrográfica; entretanto para a sub-bacia 1, tem-se o valor de 2,99 que se está muito próximo de 3 rios/km², o que já poderia caracterizar a bacia como média densidade hidrográfica (Rodrigues *et al.* 2016).

Para a densidade de drenagem, apenas as sub-bacias 1 e 2 apresentam boa drenagem, apresentando valores superiores a 1,5; porém para a sub-bacia 3, por apresentar um valor inferior a 1,5 o enquadramento dela é de drenagem regular, entretanto, algumas variáveis como topografia, cobertura vegetal e volume de precipitação podem influenciar no resultado e na classificação que essa sub-bacia recebe, visto que o valor encontrado foi de 1,42 (Oliveira *et al.* 2019). Desta forma, os riscos de erosão presentes nesta sub-bacias são reduzidos, já que por sua vez, a

água pluvial alcança os canais de drenagem mais rapidamente, já que percorre uma menor distância sobre o solo.

O índice de rugosidade da sub-bacia 2 é caracterizado como fraco, e o índice para as sub-bacias 1 e 3, recebe classificação de média, indicando dessa forma uma baixa e média capacidade de erosão (SILVA *et al.*, 2023). Entretanto, como essas sub-bacias estão inseridas em uma matriz de área urbana, é possível compreender que, por mais que elas apresentem um índice de rugosidade não favorável à erosão, é possível entender que esta água pluvial não irá ser infiltrada pelo solo e poderá levar sedimentos e sujeira para dentro do leito do rio.

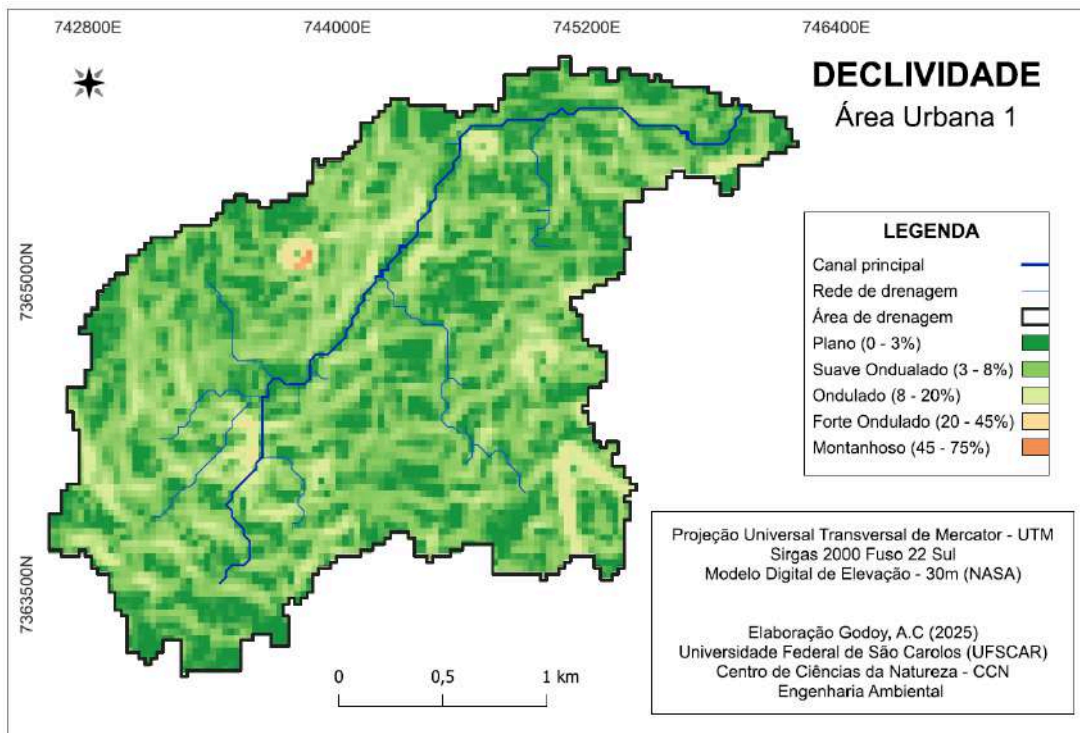
A extensão média do escoamento superficial refere-se à distância que uma gota de chuva tem que percorrer até chegar a um canal dentro dessa sub-bacia. Para a sub-bacia 1 a distância encontrada foi de 140 metros, já para a sub-bacia 2 a distância foi de 160 metros e por fim para a sub-bacia 3 a distância foi de 180 metros. Como os valores obtidos na razão de textura são inferiores a 2,5, tem-se que as sub-bacias apresentam maiores distâncias entre seus cursos de água (Olszewski *et al.*, 2011).

3.2.3. Hidrodinâmica no corpo d'água

Todas as sub-bacias de Área Urbana apresentam valores para o índice de sinuosidade do canal principal entre 1 e 2, neste caso os valores apontam para um leito que está em transição ao longo do seu perfil, podendo ter áreas lineares e outras com meandros. Provocando desta forma perda de energia da água, diminuindo a energia cinética com que a mesma chega ao exutório (SANTOS *et al.*, 2012).

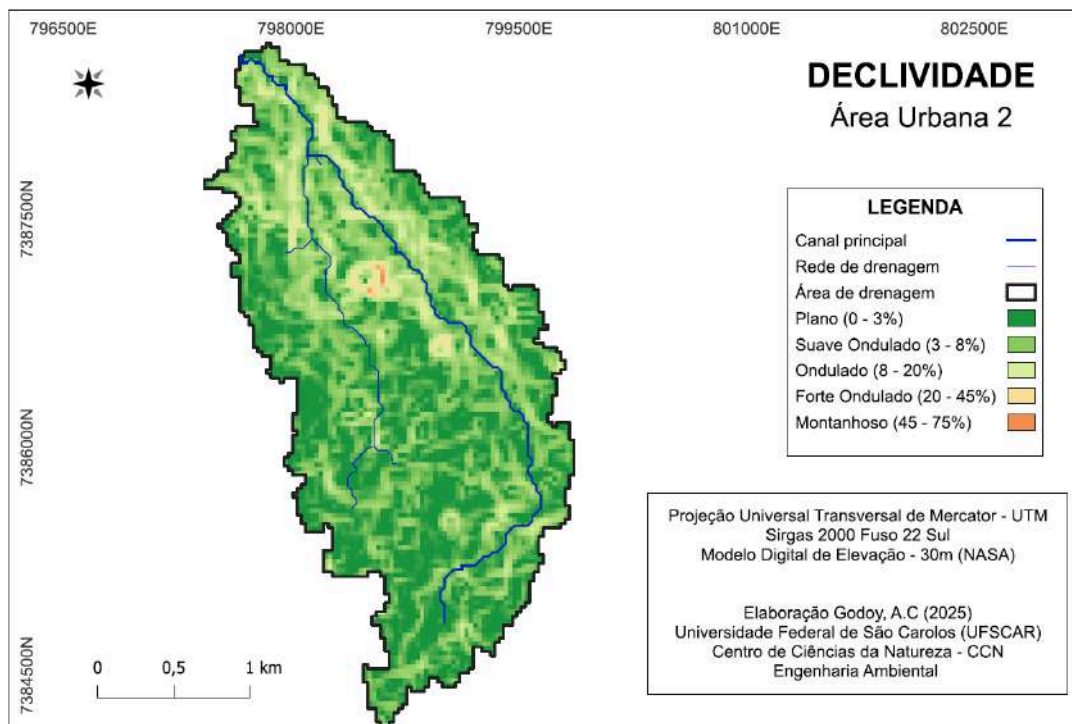
Terrenos que apresentam declividade entre 0 e 3%, como é o caso do canal principal das três sub-bacias de Área Urbana, que são classificados pelo EMBRAPA (1979) como terreno plano, onde podem chegar a apresentar pequenos desníveis. É possível observar que ao longo das sub-bacias, as declividades se mantêm como plano e suave ondulado, apresentando apenas pequenas partes com classificação de ondulado e forte ondulado. Essas mudanças de declividade podem ser analisadas pelos Mapas 15, 16 e 17 a seguir, que mostram este comportamento.

Mapa 15: Declividade Área Urbana 1.



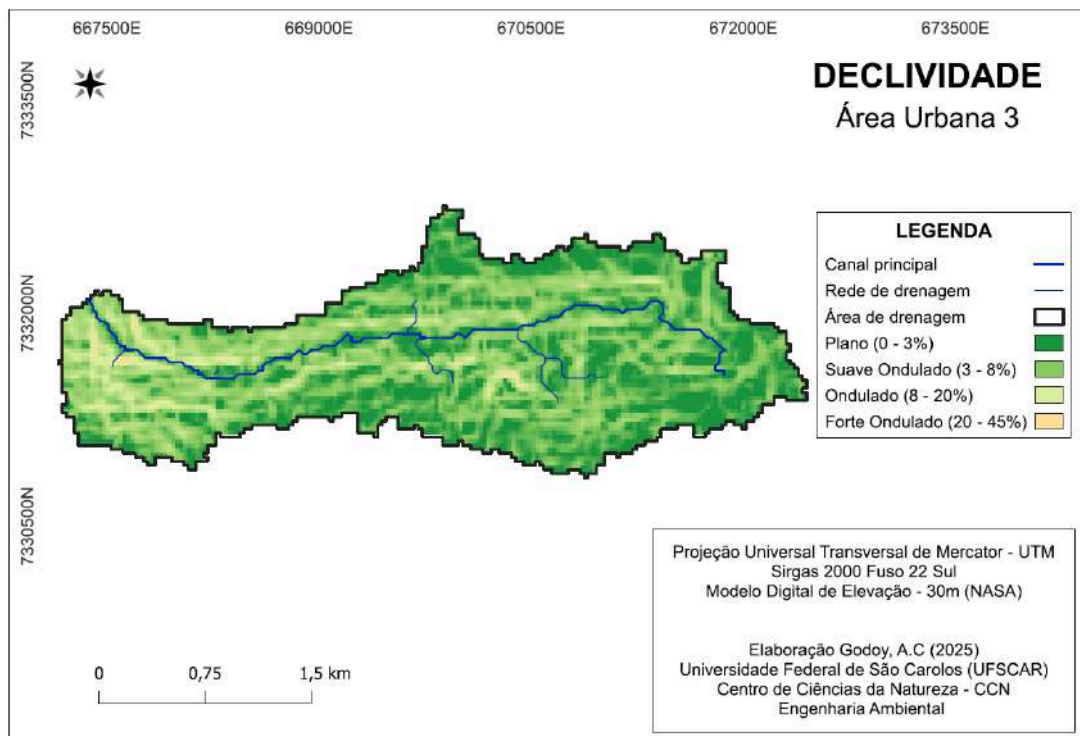
Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 16: Declividade Área Urbana 2.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 17: Declividade Área Urbana 3.



Fonte: Autoria própria, 2025.

O mesmo é confirmado pela razão de relevo, já que elas estão apresentando valores inferiores a 0,10 que acaba por sua vez classificando elas como baixas.

Ao se analisar a sinuosidade e a declividade do rio principal, nota-se que estas sub-bacias possuem uma tendência a mitigar o tempo de concentração, resultando em um abrandamento no processo de inundação. Vale ressaltar que, estas análises levam em consideração um aspecto natural de uma bacia e ações antropológicas podem alterar os acontecimentos, visto se tem baixa cobertura vegetal e impermeabilização do solo em áreas urbanas.

3.2.4. Uso e ocupação do solo

Nesta Matriz da Paisagem é possível notar que apenas as sub-bacias 2 e 3 apresentam mais de 50% de sua totalidade voltada para área Urbana, enquanto a sub-bacia 1, apresenta apenas 40% de sua extensão de Área Urbana. Além disso, é possível notar que ao redor de centros urbanos, encontram-se áreas destinadas à pastagem, agricultura (apresentando mais de 20% da área para essas atividades em cada sub-bacia) e florestas. No mosaico de uso, foi possível encontrar áreas habitadas, áreas de pastagem e agricultura, e áreas com resquícios de floresta

neles. Na tabela 17 abaixo, é possível ver como se dá a distribuição das atividades humanas ao longo das 3 sub-bacias.

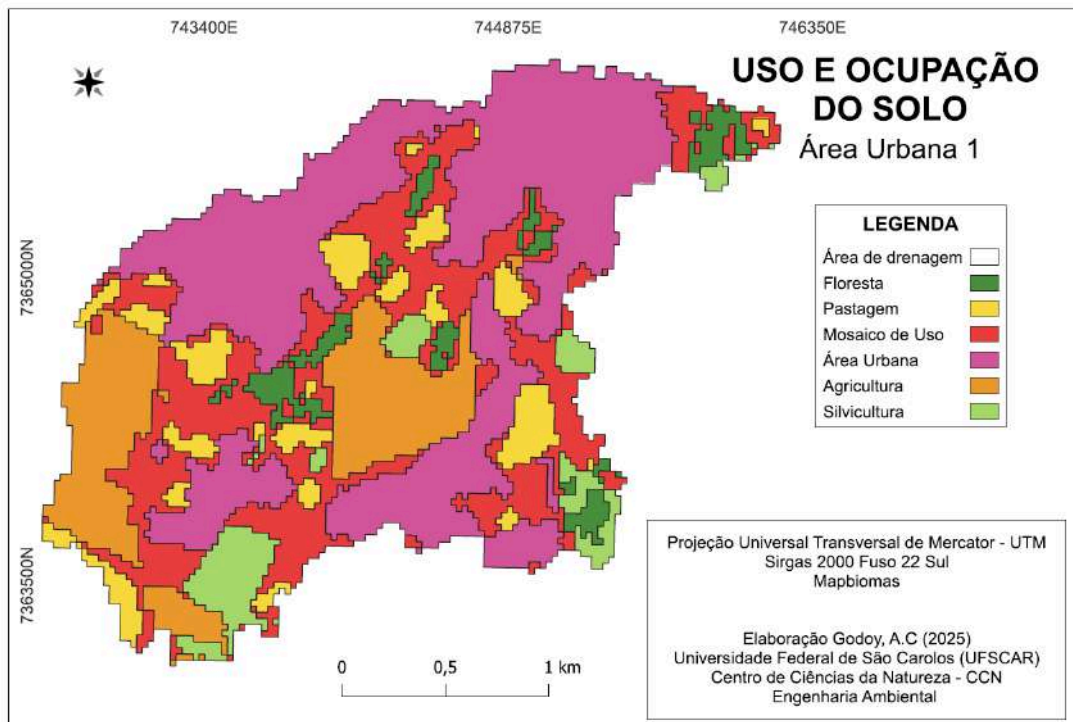
Tabela 17: Uso e Ocupação do Solo em sub-bacias de Área Urbana.

| Uso e Ocupação do Solo | Bacia | | | Unidade |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------|
| | Área Urbana 1 | Área Urbana 2 | Área Urbana 3 | |
| Floresta | 4,57 | 4,05 | 0,79 | % |
| Pastagem | 8,77 | 10,94 | 1,02 | % |
| Mosaico de Uso | 25,31 | 17,04 | 3,70 | % |
| Área Urbana | 40,31 | 52,23 | 69,65 | % |
| Agricultura | 15,23 | 15,74 | 24,84 | % |
| Hidrografia | - | - | - | % |
| Silvicultura | 5,81 | - | - | % |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | % |

Fonte: Autoria própria, 2025.

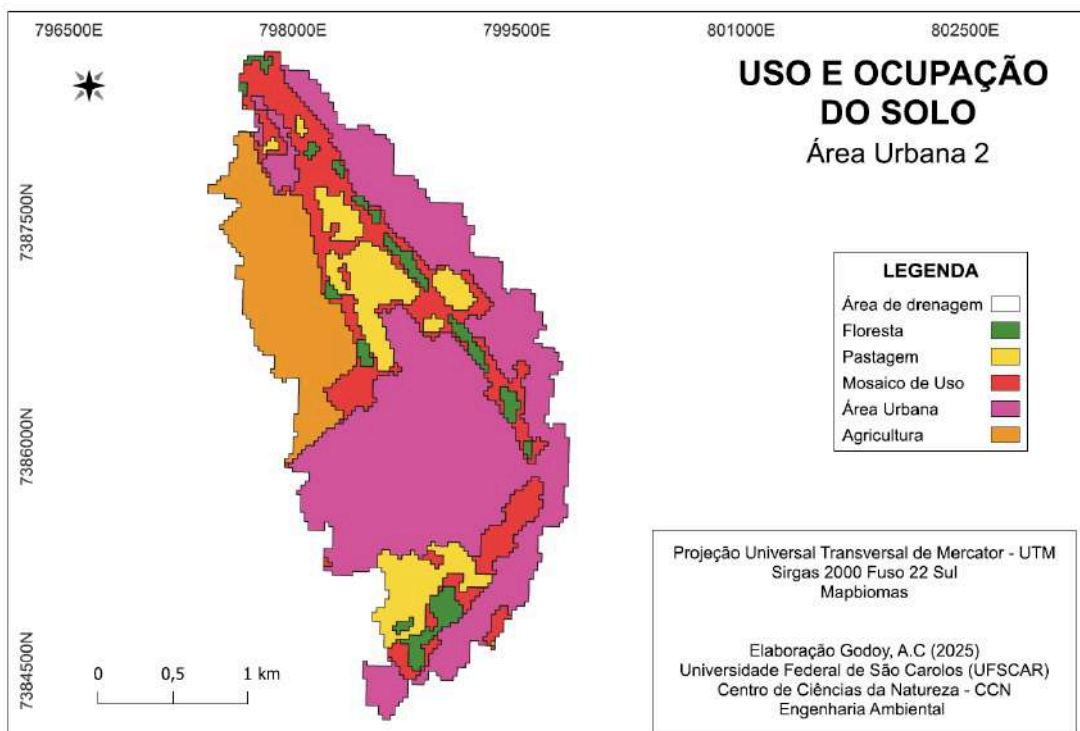
A distribuição do uso e ocupação do solo nestas sub-bacias pode ser visto pelos mapas 18, 19 e 20 a seguir. Ao se observar os mapas de declividade e os de uso e ocupação do solo, é possível notar que as áreas urbanas tendem a estarem em terrenos onde a declividade não ultrapassa 8% (suave ondulado).

Mapa 18: Uso e Ocupação do solo em Área Urbana 1.



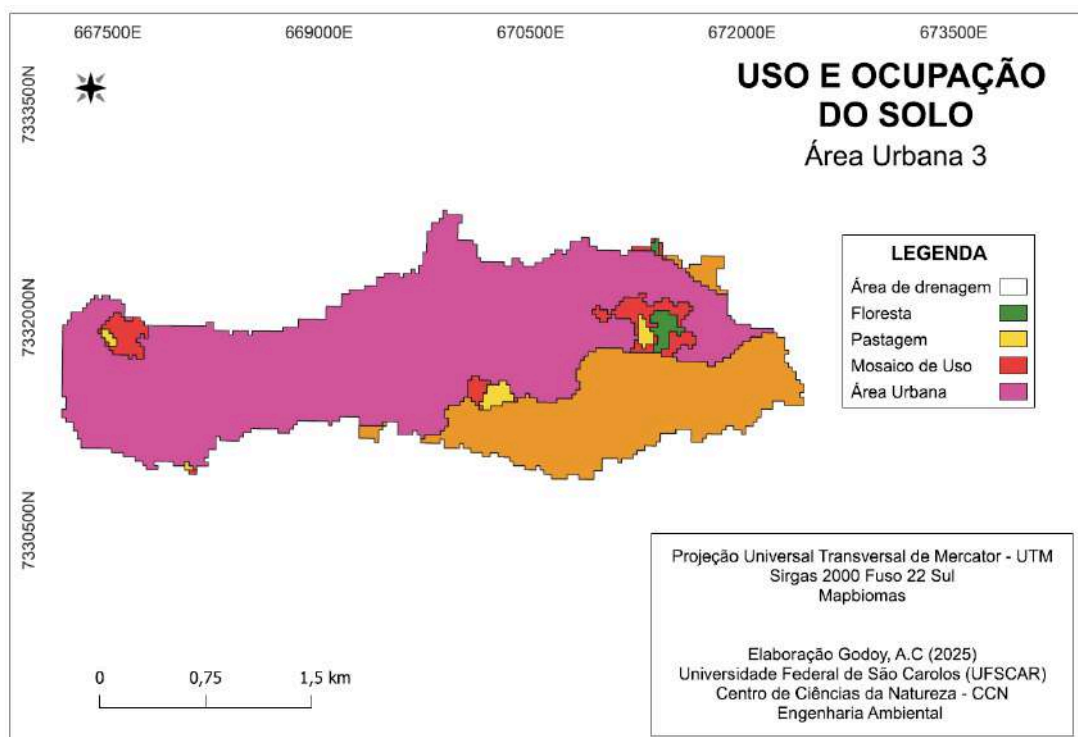
Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 19: Uso e Ocupação do solo em Área Urbana 2.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 20: Uso e Ocupação do solo em Área Urbana 3.



Fonte: Autoria própria, 2025.

3.3. Matriz da paisagem: Pastagem

Itatinga, Guareí, Fartura são os municípios onde as sub-bacias de Pastagem 1, 2 e 3 estão inseridas respectivamente. Na tabela 18 a seguir, é possível observar os valores para área de drenagem, perímetro e os comprimentos axiais referentes a cada uma das sub-bacias.

Tabela 18: Área de drenagem, perímetro e comprimento axial.

| Parâmetros | Pastagem 1 | Pastagem 2 | Pastagem 3 | Unidade |
|-------------------|------------|------------|------------|-----------------|
| Área de drenagem | 5,02 | 5,54 | 5,75 | km ² |
| Perímetro | 13,85 | 14,69 | 16,85 | km |
| Comprimento axial | 3,48 | 3,66 | 4,17 | km |

Fonte: Autoria própria, 2024.

Após a obtenção desses valores é possível realizar os cálculos de outros parâmetros responsáveis pela caracterização dos parâmetros morfométricos. Na tabela 19 abaixo, encontra-se os valores obtidos para esses parâmetros.

Tabela 19: Parâmetros para sub-bacias de Pastagem 1, 2 e 3.

| Parâmetros | Pastagem 1 | Pastagem 2 | Pastagem 3 | Unidade |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| Forma | | | | |
| Índice de compacidade (Kc) | 1,73 | 1,75 | 1,97 | adimensional |
| Fator de forma (Ff) | 0,42 | 0,41 | 0,33 | adimensional |
| Índice de circularidade (Ic) | 0,33 | 0,32 | 0,25 | adimensional |
| Hidrografia | | | | |
| Número de canais (Nu) | 11 | 10 | 11 | unidade |
| Densidade hidrográfica (Dh) | 2,19 | 1,8 | 1,91 | rios/km ² |
| Índice de sinuosidade (Is) | 1,61 | 1,35 | 1,47 | adimensional |
| Densidade de drenagem (Dd) | 1,8 | 1,52 | 1,53 | km/km ² |
| Índice de rugosidade (Ir) | 503,68 | 121,42 | 527,19 | adimensional |
| Relevo | | | | |
| Declividade do rio principal (Ieq) | 5,43 | 1,04 | 5,19 | porcentagem |
| Extensão média do escoamento superficial (L) | 0,14 | 0,16 | 0,16 | km |
| Razão de textura (Rt) | 0,79 | 0,68 | 0,65 | rios/km |
| Razão de relevo (Rr) | 0,03 | 0,01 | 0,04 | adimensional |
| Amplitude altimétrica | 280 | 80 | 345 | metros |
| Altura mínima | 615 | 660 | 540 | metros |
| Altura máxima | 895 | 740 | 885 | metros |
| Elevação do exutório | 615 | 660 | 540 | metros |
| Elevação da nascente | 860 | 703 | 823 | metros |

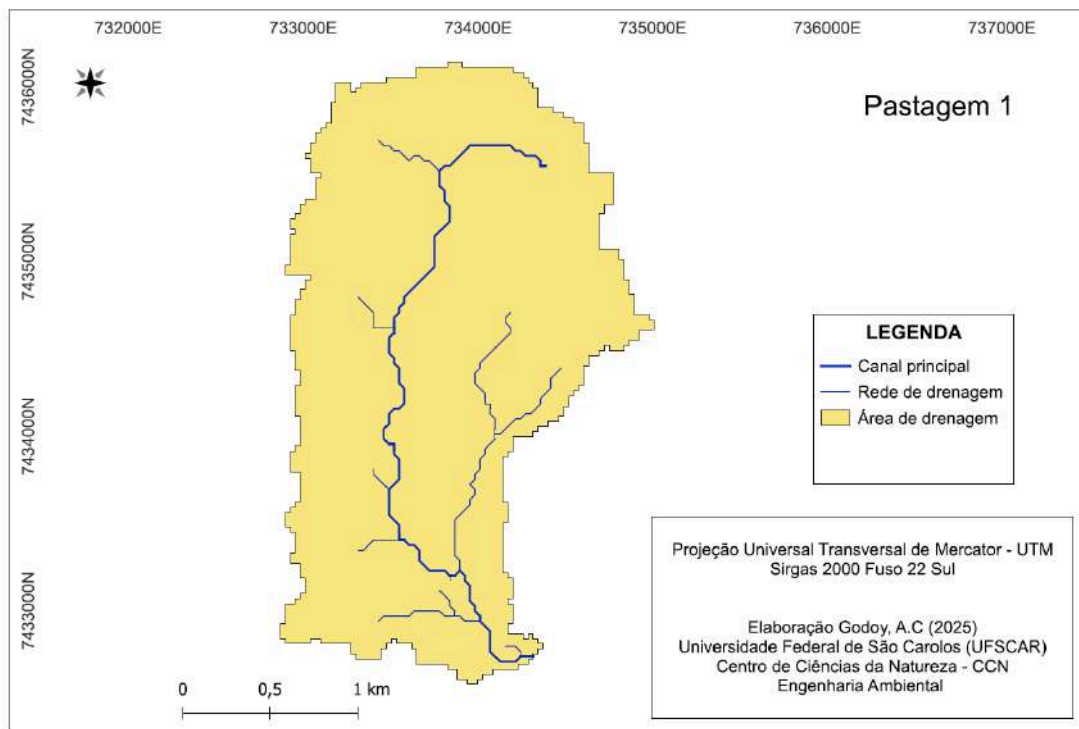
Fonte: Autoria própria, 2024.

3.3.1. Probabilidade e magnitude das cheias com base na forma

Assim como apresentado em outras matrizes da paisagem, esta também apresenta valores para o coeficiente de compacidade superiores a 1,50 e valores para fator de forma inferior a 0.50, evidenciando dessa forma baixa chances a sofrerem com enchentes e caso venha a ocorrer uma enchentes, ela não terá grandes proporções (VILLELA; MATOS, 2011; EMBRAPA, 2020) .

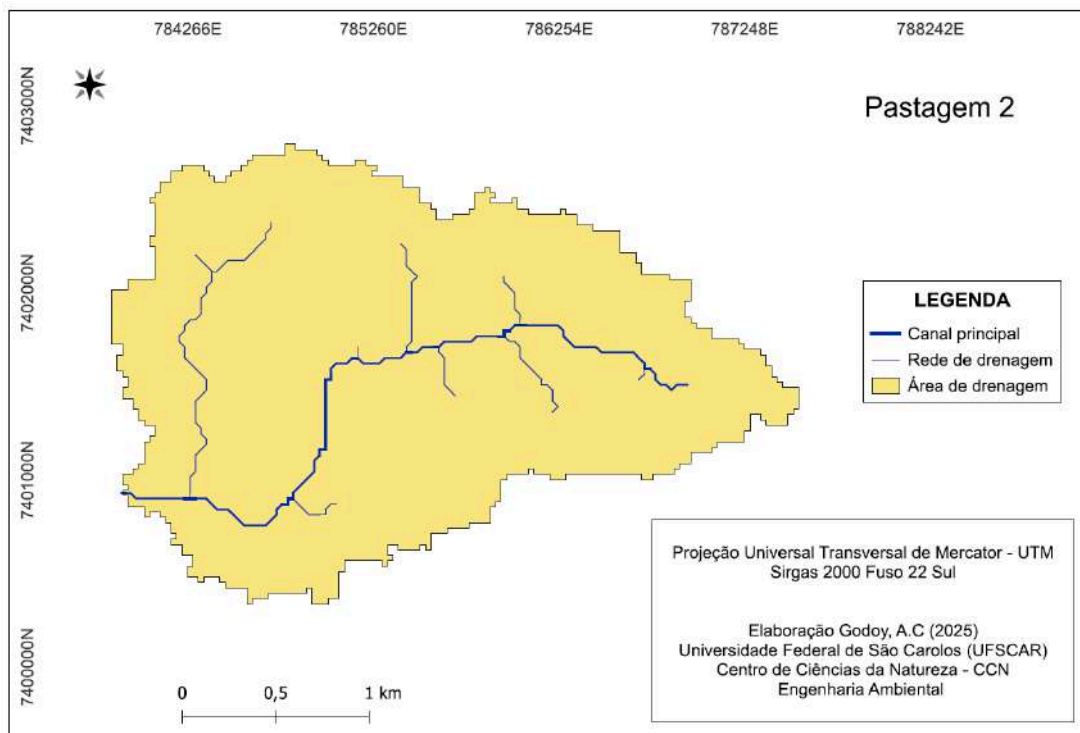
O índice de circularidade se distancia bastante de 1, indicando dessa forma sub-bacias mais alongadas, como pode ser visto nos Mapas 21, 22 e 23 apresentados abaixo, e com um maior favorecimento ao escoamento superficial (MARTINS *et al.*, 2024).

Mapa 21: Forma das sub-bacias de Pastagem 1.



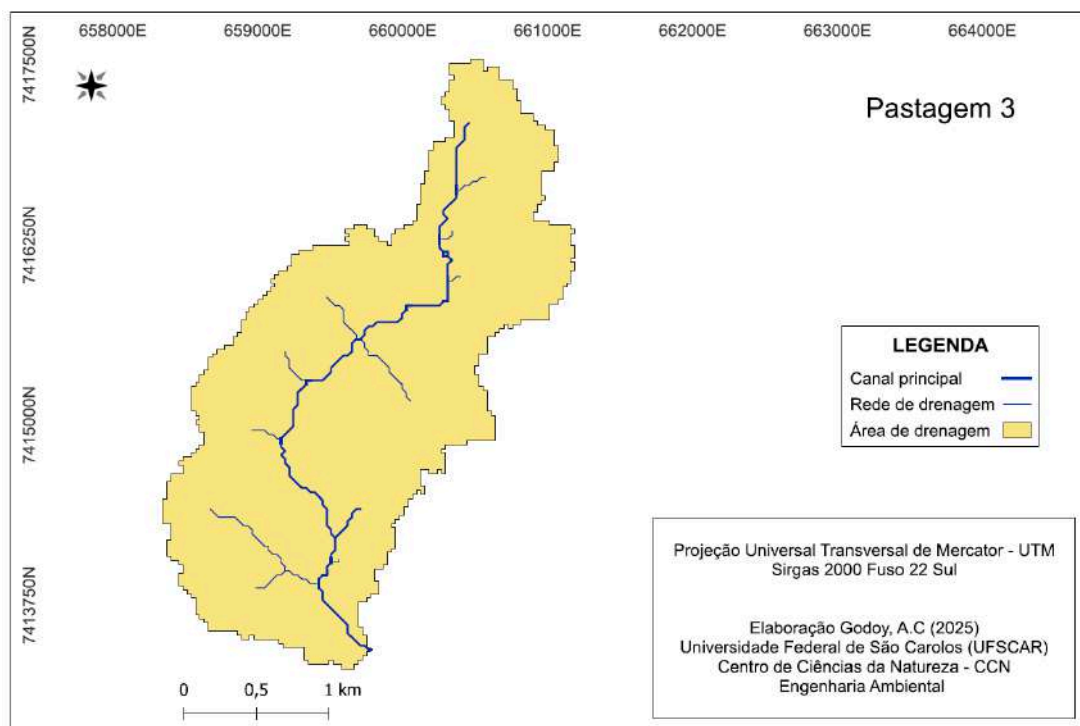
Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 22: Forma das sub-bacias de Pastagem 2.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 23: Forma das sub-bacias de Pastagem 3.



Fonte: Autoria própria, 2025.

3.3.2. Processos erosivos

As sub-bacias 1 e 3, apresentam a mesma quantidade de canais, sendo um total de 11, enquanto a sub-bacia 2 apresenta um total de 10 canais ao longo de toda a sub-bacia. Dessa forma é possível observar que a densidade hidrográfica das mesmas é considerada baixa por estar abaixo de 3 rios/km², ao mesmo tempo a densidade de drenagem delas é classificada como boa, mostrando que elas possuem um bom nível de desenvolvimento no sistema de drenagem (Rodrigues *et al.* 2016; Oliveira *et al.* 2019).

Em relação a extensão do escoamento superficial, tem-se para a sub-bacia 1, uma extensão de 140 metros que uma gota de chuva deve percorrer até chegar em um canal presente na mesma; para as outras duas sub-bacias essa distância é de 160 metros a serem percorridos (Olszewski *et al.*, 2011). Essa distância se evidencia ao se analisar a razão da textura, visto que todas apresentaram valores inferiores a 2,5, classificando-as com maiores distâncias entre seus cursos d'água (SALIS *et al.*, 2019).

O índice de rugosidade das sub-bacias, indica que elas possuem uma média tendência de sofrerem processos erosivos. Entretanto, as sub-bacias 1 e 3, são as que mais apresentam propensão a erosão, uma vez que os valores encontrados foram superiores a 500 e a amplitude altimétrica delas são 280 e 345 respectivamente (SILVA *et al.*, 2023). Por serem sub-bacias de matriz de pastagem, o solo não apresenta uma total cobertura vegetal, o que por sua vez facilita o arraste de sedimentos para o leito dos rios.

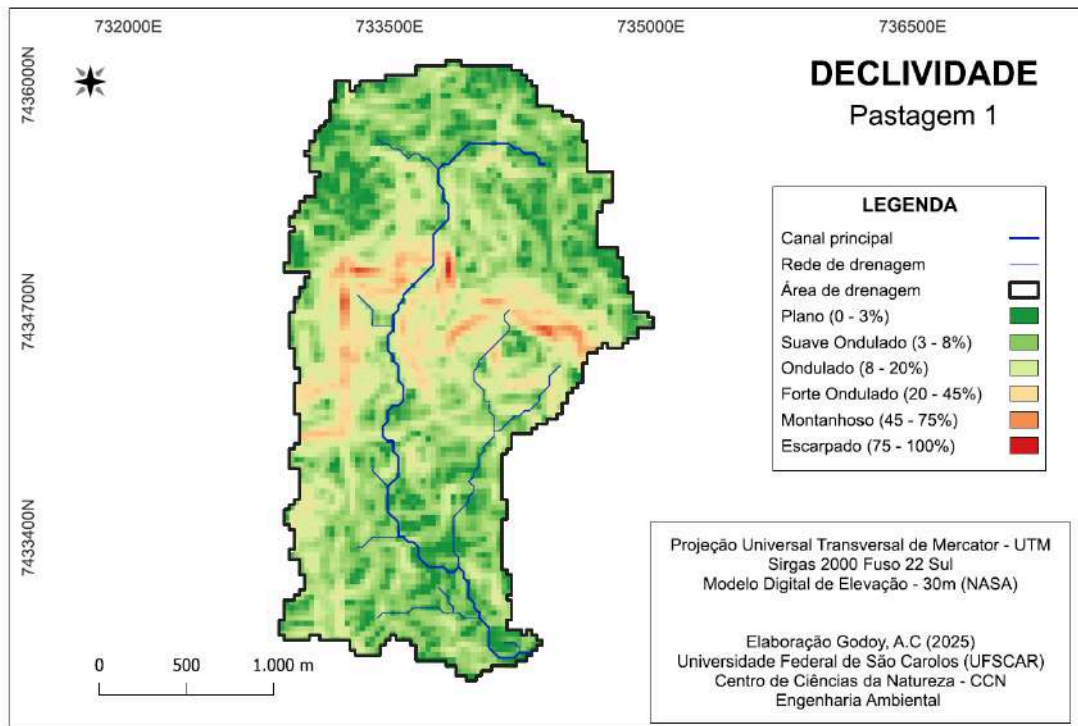
3.3.3. Hidrodinâmica no corpo d'água

A sinuosidade do canal principal das três sub-bacias se encontram entre 1 e 2 evidenciando dessa forma que seus leitos estão em transição ao longo de todo o perfil, indo de uma aparência linear para uma aparência com mais curvas. Essas curvas, garantem uma perda de energia da água ao longo do percurso, resultando em uma menor energia cinética no exutório (SANTOS *et al.*, 2012).

Em questão de declividade do rio principal, apenas a sub-bacia 2 apresenta declividade inferior a 3%, indicando que ela possui um terreno mais plano com pequenos desníveis ao longo de todo o percurso. Já para as outras 2 sub-bacias, nota-se declividade do rio principal está entre 3 e 8%, classificando-os como suave

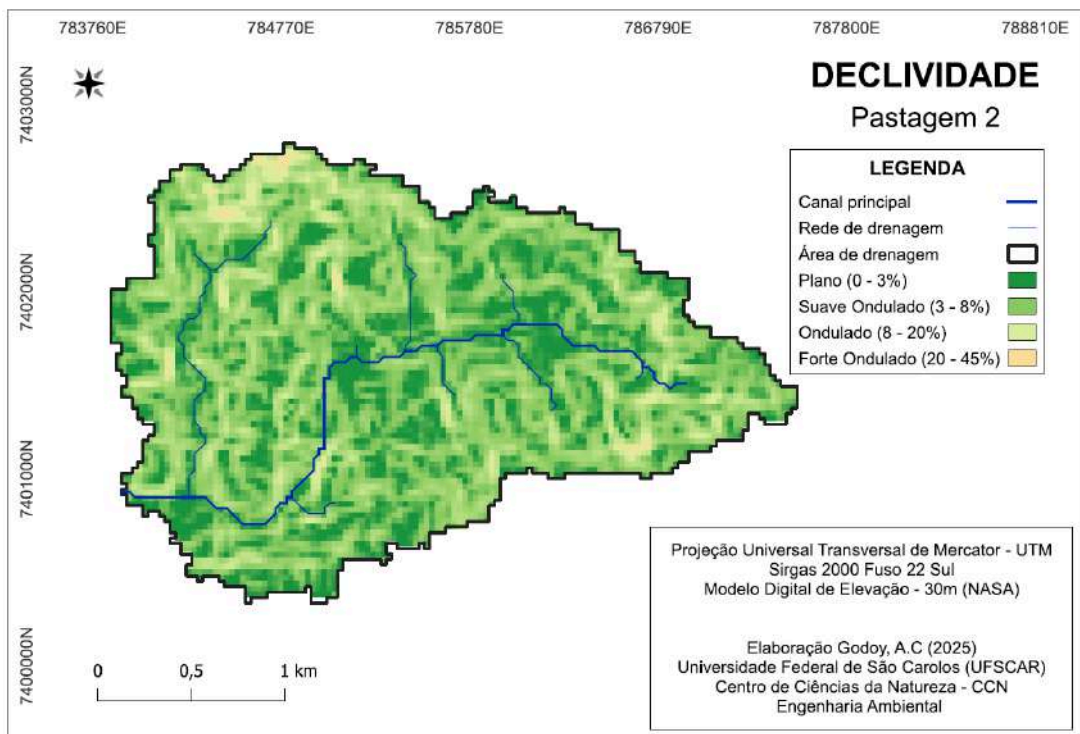
ondulado, de topografia levemente movimentada com colinas e montes (EMBRAPA, 1979). A declividade das sub-bacias e dos rios principais pode ser vista nos Mapas 24, 25 e 26 abaixo. Isso também pode ser evidenciado pela razão de relevo, onde a classificação se encontra em baixo por apresentarem valores inferiores a 0,10 (SALIS *et al.*, 2019).

Mapa 24: Declividade sub-bacia de Pastagem 1.



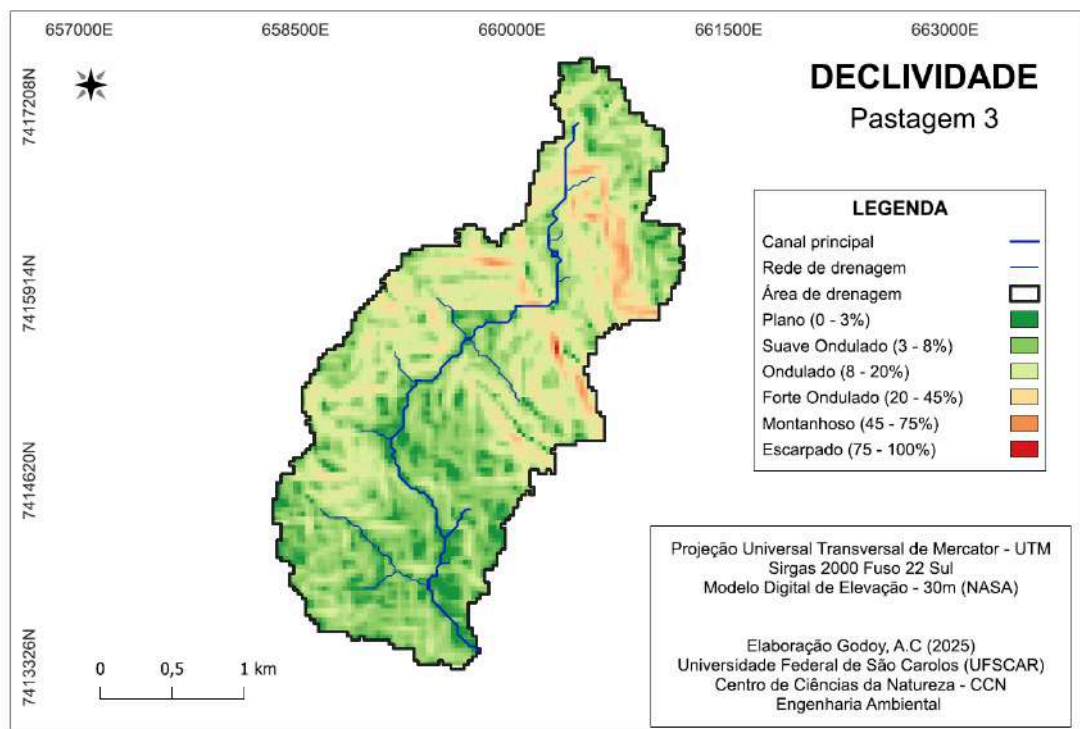
Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 25: Declividade sub-bacia de Pastagem 2.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 26: Declividade sub-bacia de Pastagem 3.



Fonte: Autoria própria, 2025.

3.3.4. Uso e ocupação do solo

Na tabela 20 abaixo, é possível observar que apenas a sub-bacia 1 apresenta metade de sua área voltada para pastagem, enquanto as sub-bacias 2 e 3 apresentam mais de 80% de sua totalidade voltada para pastagem. Da mesma forma, é possível analisar que todas apresentam mais de 10% voltada para floresta também.

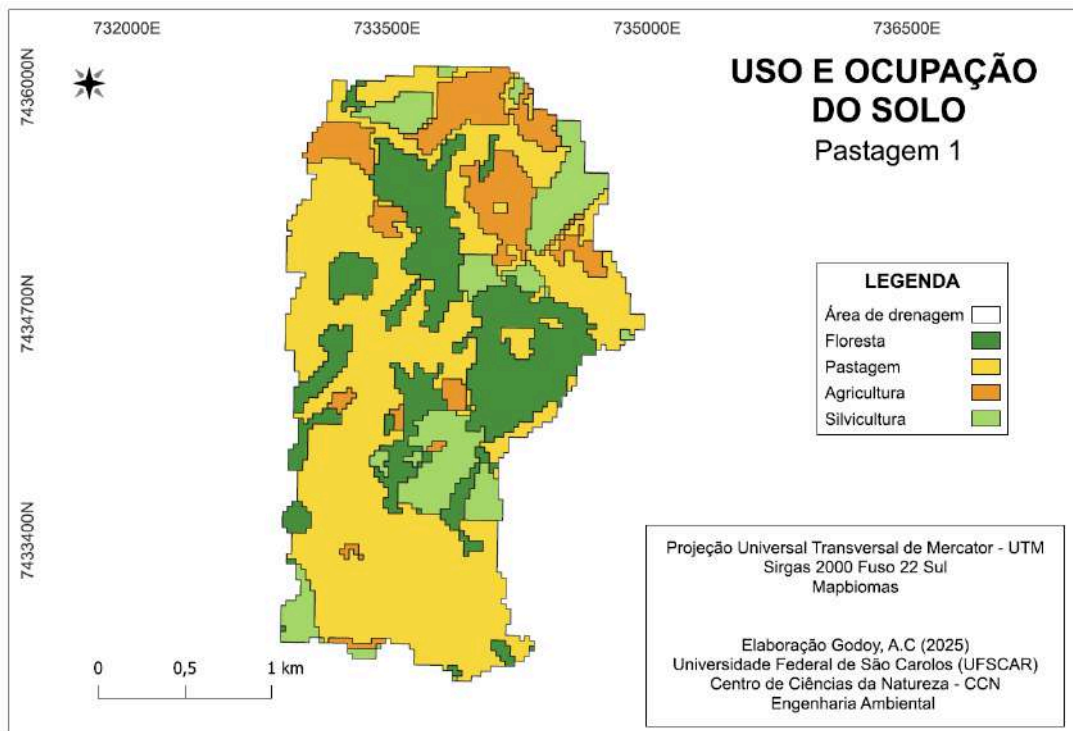
Tabela 20: Uso e Ocupação do Solo em sub-bacias de Pastagem.

| Uso e Ocupação do Solo | Bacia | | | Unidade |
|------------------------|------------|------------|------------|---------|
| | Pastagem 1 | Pastagem 2 | Pastagem 3 | |
| Floresta | 23,05 | 11,12 | 16,26 | % |
| Pastagem | 52,90 | 87,03 | 81,91 | % |
| Mosaico de Uso | - | - | - | % |
| Área Urbana | - | - | - | % |
| Agricultura | 11,62 | 1,75 | 1,61 | % |
| Hidrografia | - | 0,09 | - | % |
| Silvicultura | 12,43 | | 0,21 | % |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | % |

Fonte: Autoria própria, 2025.

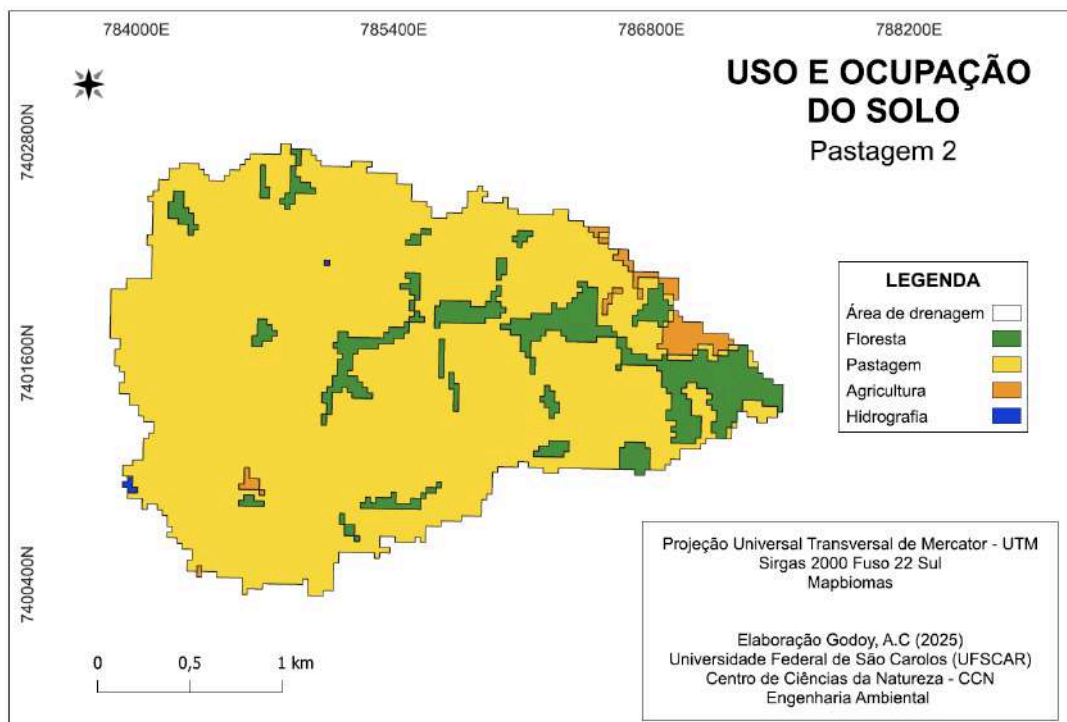
Nos Mapas 27, 28 e 29 apresentados abaixo, é possível analisar como as atividades apresentadas acima estão distribuídas ao longo de cada sub-bacia. Ao se analisar os mapas de declividade e os de uso e ocupação do solo, é possível notar que não se tem grande ocorrência de atividades de agricultura em terrenos onde a declividade do terreno seja superior a 8% (ondulado).

Mapa 27: Uso e Ocupação do solo em sub-bacia de Pastagem 1.



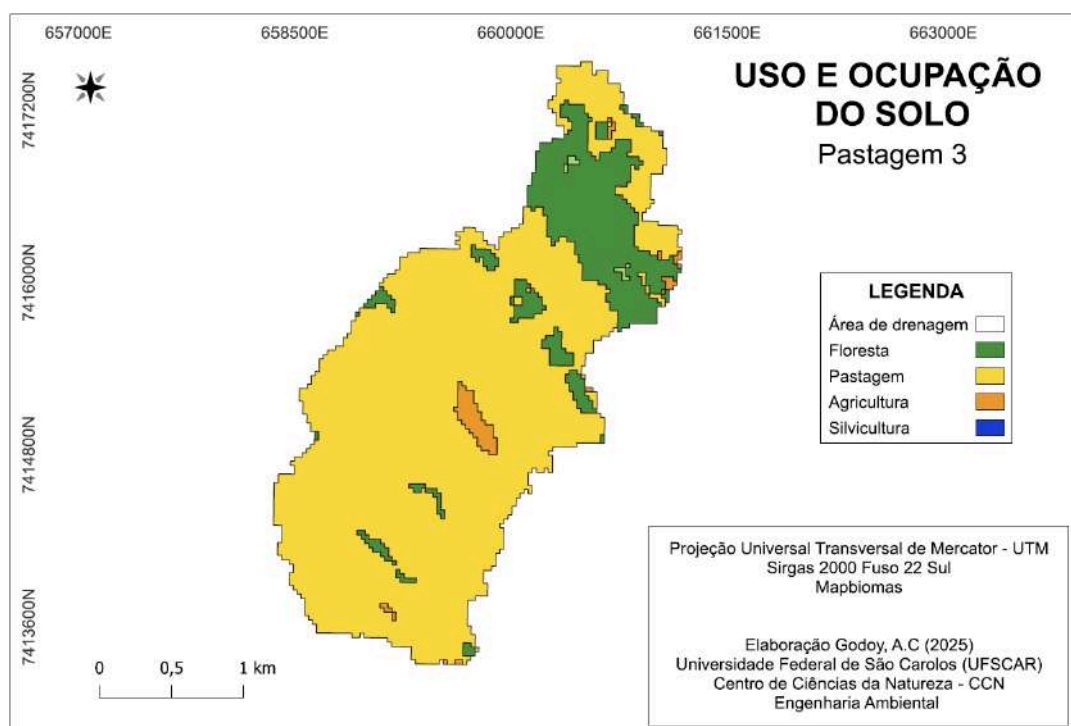
Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 28: Uso e Ocupação do solo em sub-bacia de Pastagem 2.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 29: Uso e Ocupação do solo em sub-bacia de Pastagem 3.



Fonte: Autoria própria, 2025.

3.4. Matriz da paisagem: Agricultura

As sub-bacias de Agricultura 1, 2 e 3 estão localizadas nos municípios de Itaí, Itapeva e Itaberá respectivamente. Na tabela 21, é possível identificar fatores como área, perímetro e comprimento axial.

Tabela 21: Área de drenagem, perímetro e comprimento axial.

| Parâmetros | Agricultura 1 | Agricultura 2 | Agricultura 3 | Unidade |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| Área de drenagem | 5,6 | 5,86 | 5,89 | km ² |
| Perímetro | 16,47 | 16,09 | 14,67 | km |
| Comprimento axial | 4,3 | 4,48 | 3,47 | km |

Fonte: Autoria própria, 2024.

Com esses valores foi possível realizar os cálculos necessários para a realização dos cálculos de outros parâmetros morfométricos. Os valores desses parâmetros podem ser encontrados na tabela 22 a seguir.

Tabela 22: Parâmetros para sub-bacias de Agricultura 1, 2 e 3.

| Parâmetros | Agricultura 1 | Agricultura 2 | Agricultura 3 | Unidade |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| Forma | | | | |
| Índice de compacidade (Kc) | 1,95 | 1,86 | 1,69 | adimensional |
| Fator de forma (Ff) | 0,3 | 0,29 | 0,49 | adimensional |
| Índice de circularidade (Ic) | 0,26 | 0,28 | 0,34 | adimensional |
| Hidrografia | | | | |
| Número de canais (Nu) | 7 | 5 | 15 | unidade |
| Densidade hidrográfica (Dh) | 1,25 | 0,85 | 2,55 | km ² |
| Índice de sinuosidade (Is) | 1,29 | 1,55 | 1,32 | adimensional |
| Densidade de drenagem (Dd) | 1,18 | 1,23 | 1,59 | km/km ² |
| Índice de rugosidade (Ir) | 141,22 | 177,99 | 135,22 | adimensional |
| Relevo | | | | |
| Declividade do rio principal (Ieq) | 2,06 | 1,46 | 1,25 | porcentagem |
| Extensão média do escoamento superficial (L) | 0,21 | 0,2 | 0,16 | km |
| Razão de textura (Rt) | 0,43 | 0,31 | 1,02 | porcentagem |
| Razão de relevo (Rr) | 0,02 | 0,02 | 0,01 | adimensional |
| Amplitude altimétrica | 120 | 145 | 85 | metros |
| Altura mínima | 565 | 770 | 605 | metros |
| Altura máxima | 685 | 915 | 690 | metros |
| Elevação do exutório | 565 | 770 | 610 | metros |
| Elevação da nascente | 653 | 844 | 655 | metros |

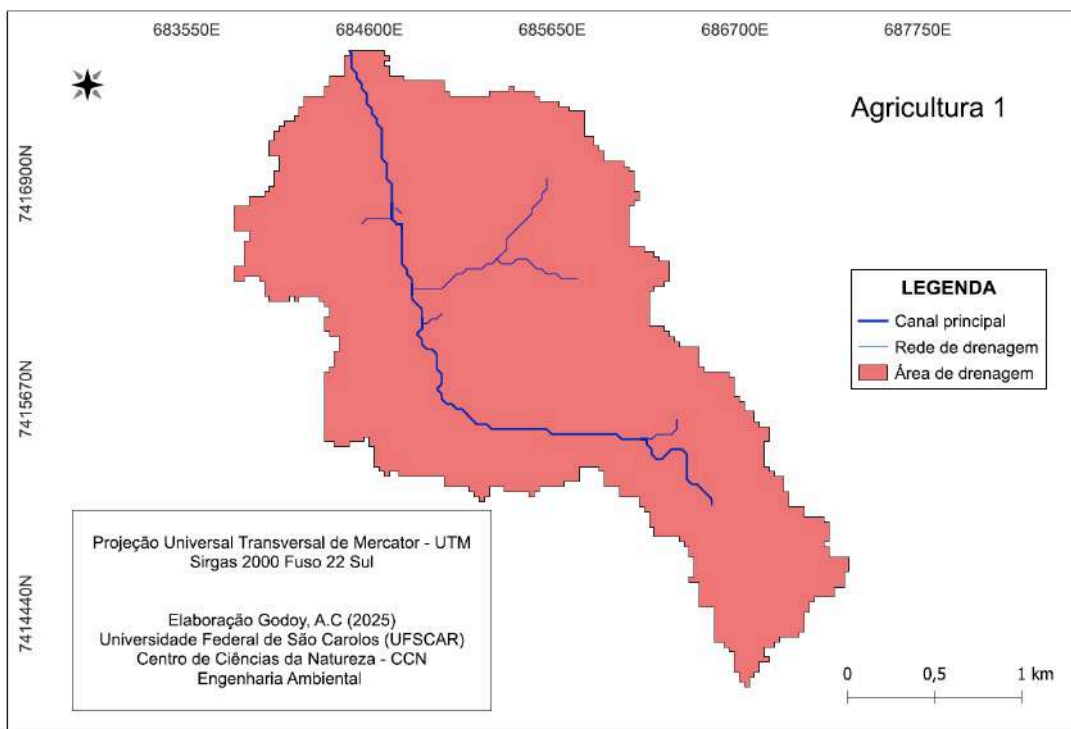
Fonte: Autoria própria, 2024.

3.4.1. Probabilidade e magnitude das cheias com base na forma

De acordo com o coeficiente de compacidade de todas as sub-bacias, é possível obter a informação de que elas possuem baixa tendência a sofrerem com grandes enchentes, visto que seus coeficientes de compacidade são superiores a 1,5. Isso fica ainda mais evidente ao se analisar o fator de forma das mesmas, visto que elas apresentam baixa tendência a sofrerem com enchentes, por apresentarem valores inferiores a 0,5 (VILLELA; MATOS, 2011). De forma geral, isso significa que as sub-bacias possuem baixa chances de sofrerem com enchente e caso isso ocorra, esta enchente será de baixa dimensão.

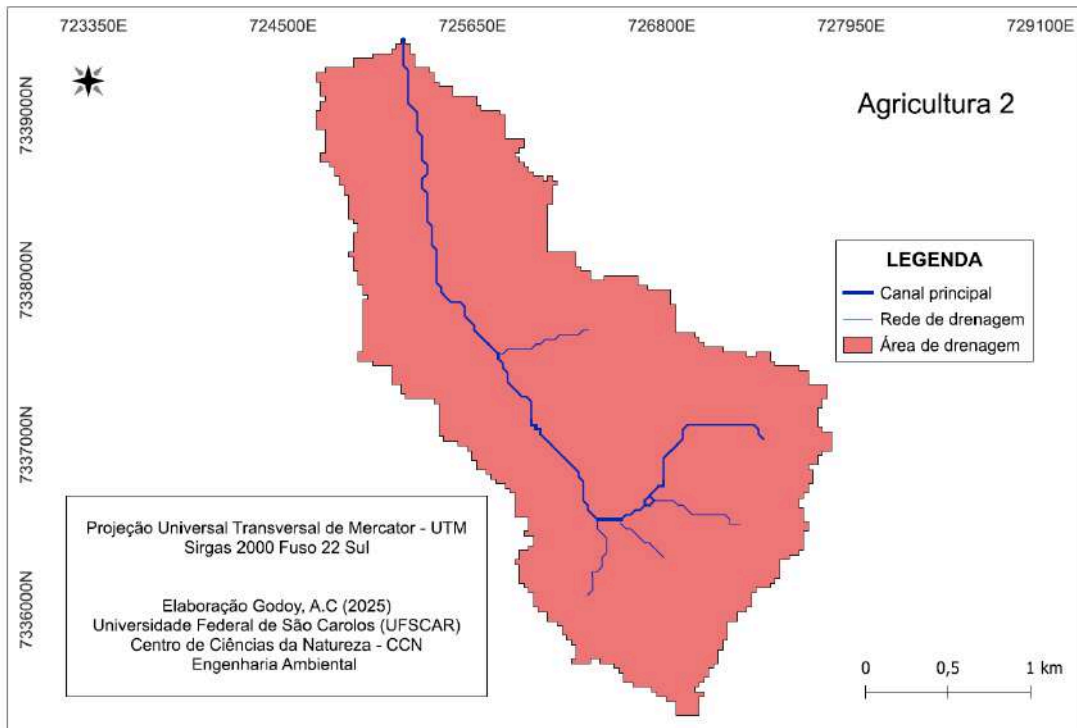
Além disso, pelo fato do índice de circularidade estar bem distante de 1, infere-se que as sub-bacias possuem formato mais alongado, que pode ser visto nos Mapas 30, 31 e 32 que estão apresentados abaixo, e como o valor encontrado para todas foi inferior a 0,45 entende-se que elas favorecem o escoamento superficial (MARTINS et al., 2024).

Mapa 30: Forma de sub-bacia de Agricultura 1.



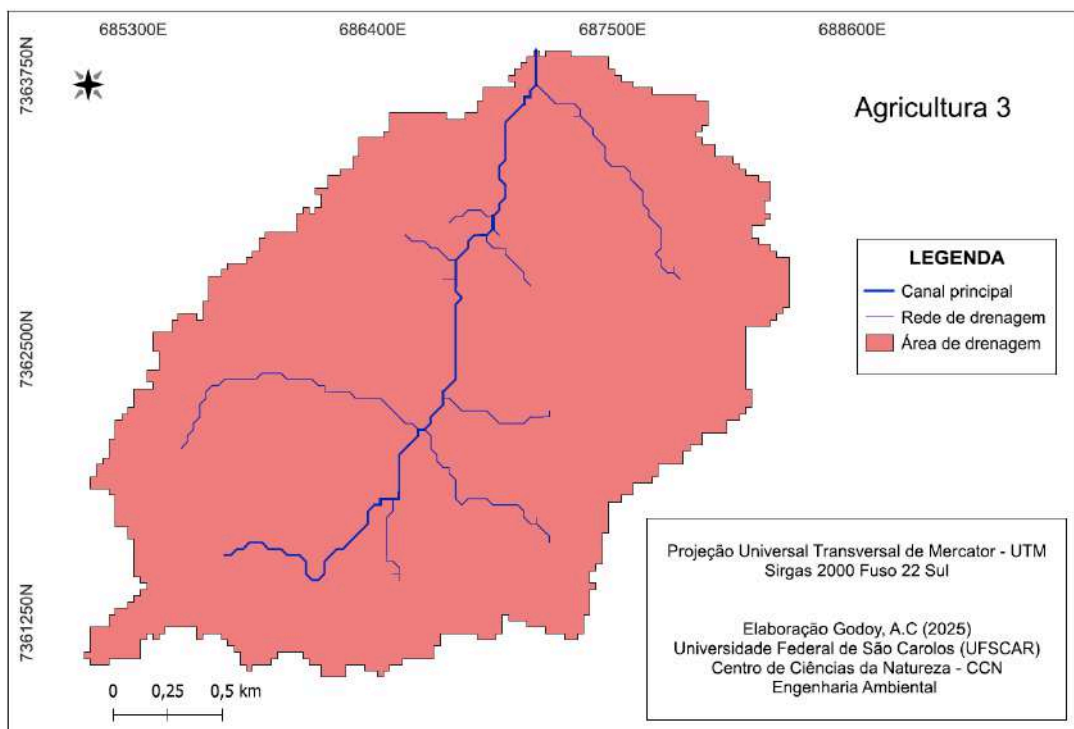
Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 31: Forma de sub-bacia de Agricultura 2.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 32: Forma de sub-bacia de Agricultura 3.



Fonte: Autoria própria, 2025.

3.4.2. Processos erosivos

A sub-bacia 1, 2 e 3 apresentam ao longo de seu comprimento 7, 5 e 15 canais respectivamente. Mesmo a sub-bacia 3 apresentando mais canais que as demais, em relação a densidade hidrográfica, ela também apresenta baixa densidade, assim como as outras, indicando uma baixa capacidade de gerar novos cursos d'água (Rodrigues et al. 2016). Entretanto para a densidade de drenagem é possível analisar que apenas sub-bacia 3 apresenta boa drenagem, visto que o seu valor está superior a 1,5. Já as sub-bacias 1 e 2, possuem uma densidade de drenagem classificada como regular, pois ambas sub-bacias apresentam valores inferiores a 1,5 (Oliveira et al. 2019).

De forma geral, por se tratar de uma matriz de agricultura, a baixa densidade hidrográfica e uma densidade de drenagem regular, pode resultar em um maior processo erosivo, uma vez que a água da chuva demora mais tempo para encontrar os canais de drenagem. O índice de rugosidade para a sub-bacia 2, indica que ela possui média propensão ao processo erosivo, enquanto as sub-bacias 1 e 3 apresentam uma fraca relação com o processo erosivo. Entretanto, por serem de matriz de agricultura, e não se ter sempre cobertura vegetal (épocas de colheita), durante épocas de chuva pode ocorrer erosão por salpicamento (RODRIGUES et al., 2010).

Por fim, a extensão média do escoamento superficial é um indicativo de qual é a distância que uma gota de chuva deve percorrer para chegar em um canal da sub-bacia. Para a sub-bacia 1 foi encontrado o valor de 0,21 km, indicando dessa forma que a distância percorrida é de 210 metros. Para a sub-bacia 2, o valor encontrado foi de 0,20 km, indicando que a distância é de 200 metros. Por último, para a sub-bacia 3, o valor encontrado foi de 0,16 km, indicando uma distância de 160 metros (Olszewski *et al.*, 2011). Essa distância de percurso fica evidente quando se analisa a razão de textura, visto que todas apresentaram resultados inferiores a 2,5 sendo então uma indicação de uma maior distância entre os cursos d'água (SALIS *et al.*, 2019).

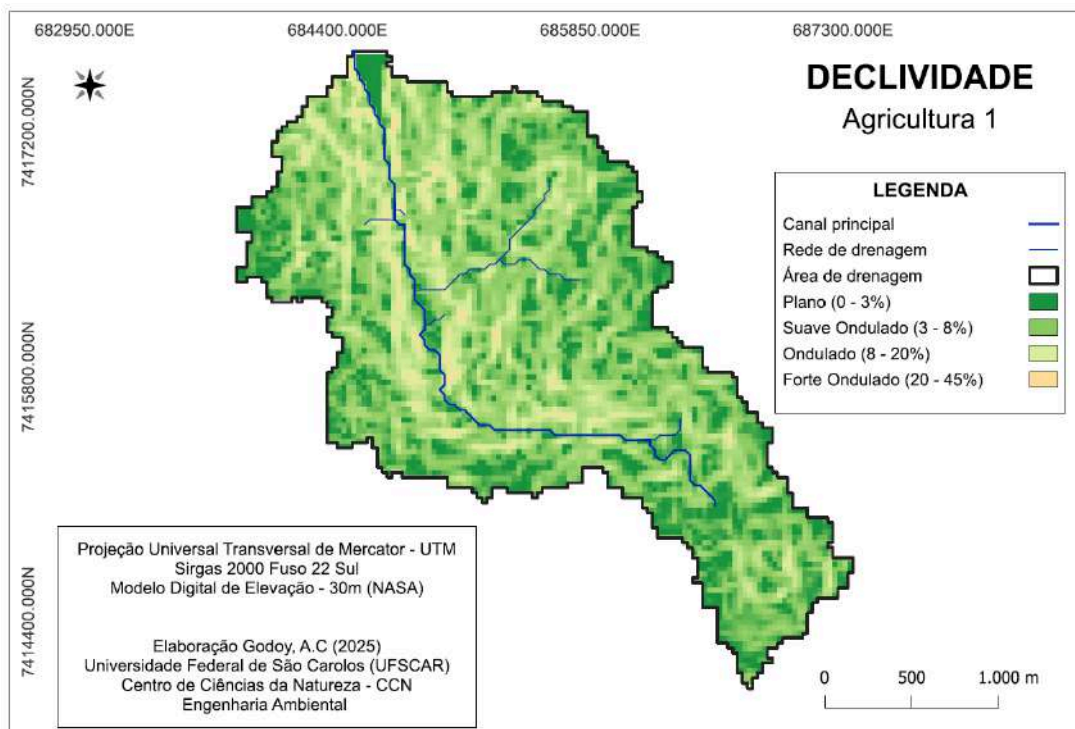
3.4.3. Hidrodinâmica no corpo d'água

O índice de sinuosidade das 3 sub-bacias, indicam que elas estão em processo de transição de linear para curvas, já que os valores encontrados estão

entre 1 e 2. Por apresentarem curvas, a água acaba perdendo energia ao escorrer pelo rio, resultando em uma diminuição da energia cinética ao chegar no exutório (SANTOS *et al.*, 2012).

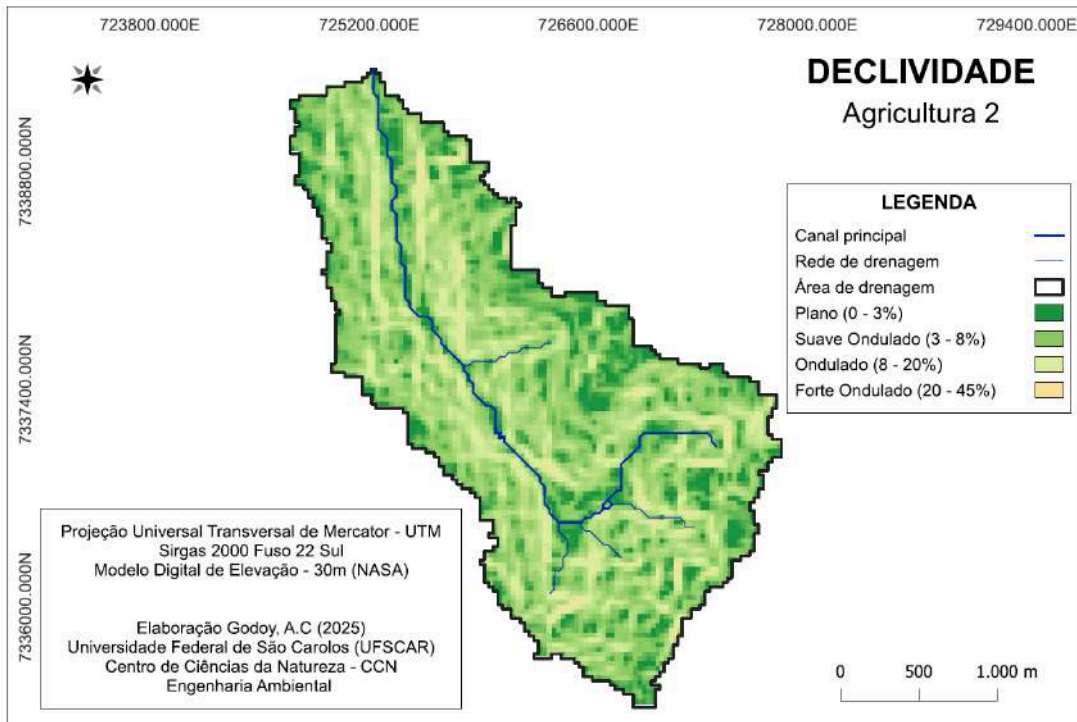
Apresentando declividades inferiores a 3% nos canais principais, os canais principais das sub-bacias 1, 2 e 3 são classificadas pela EMBRAPA (1979) como sendo planos, com pequenos desníveis ao longo de todo o percurso. A declividade geral das sub-bacias e dos seus canais principais, pode ser observado nos mapas 33, 34 e 35 apresentados abaixo. Este fato se confirma quando se observa os valores obtidos para a razão de relevo, visto que elas apresentaram valores inferiores a 0,10 o que é um indicativo de baixo relevo.

Mapa 33: Declividade da sub-bacia de Agricultura 1.



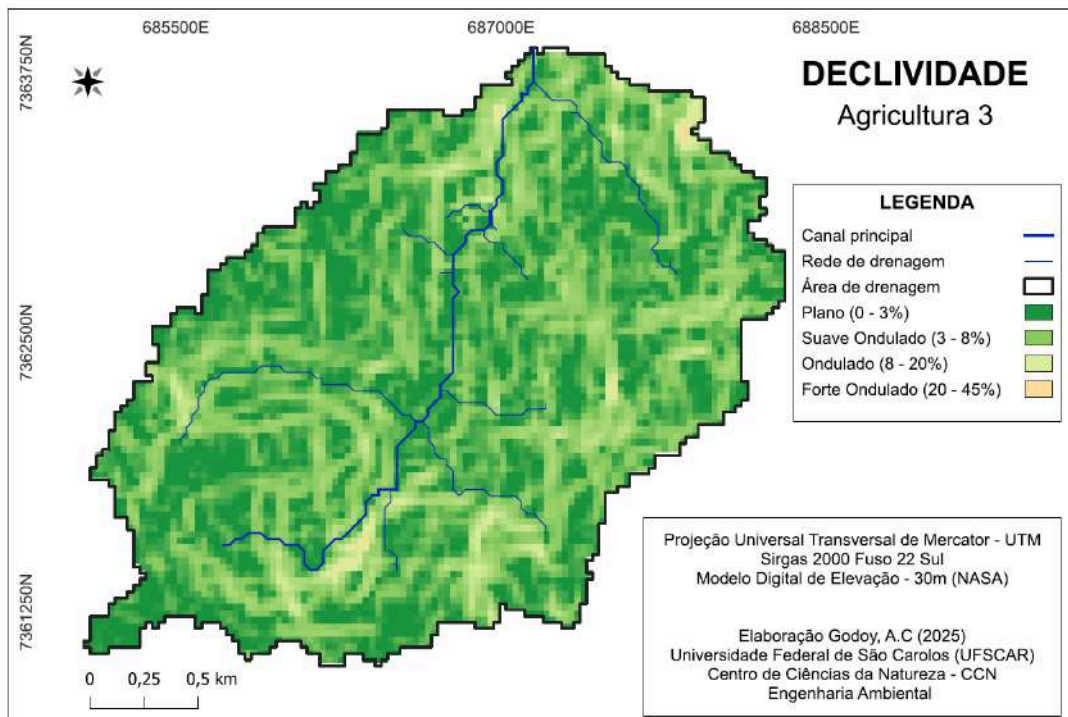
Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 34: Declividade da sub-bacia de Agricultura 2.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 35: Declividade da sub-bacia de Agricultura 3.



Fonte: Autoria própria, 2025.

3.4.4. Uso e ocupação do solo

As sub-bacias 2 e 3 apresentam mais de 80% de sua totalidade voltada para agricultura, enquanto a sub-bacia 1 apresenta mais de 50% de sua área para atividades agrícolas. Além disso é possível notar que ela também possui atividades de pastagem, pequenas áreas de silvicultura e área urbana, além de apresentar mais de 10% de área florestal nas sub-bacias 1 e 2, e somente 8,27% de área florestal para a sub-bacia 3, como mostrado na tabela 23.

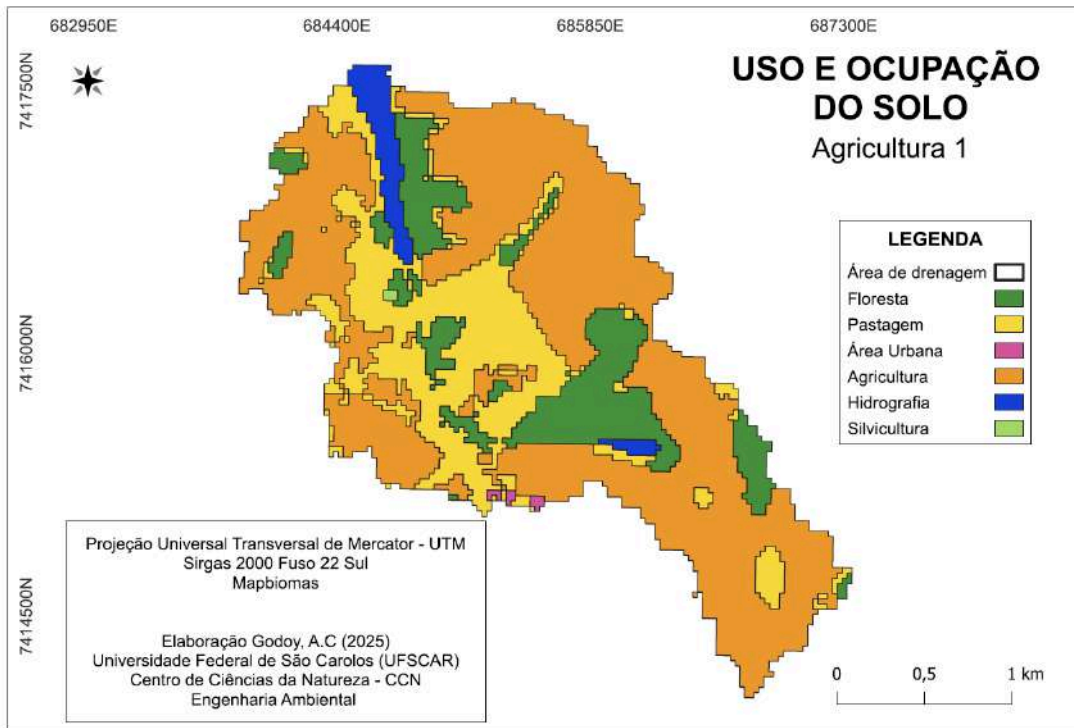
Tabela 23: Uso e Ocupação do Solo em sub-bacias de Agricultura.

| Uso e Ocupação do Solo | Bacia | | | Unidade |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------|
| | Agricultura 1 | Agricultura 2 | Agricultura 3 | |
| Floresta | 15,12 | 11,41 | 8,27 | % |
| Pastagem | 22,22 | 6,34 | 6,61 | % |
| Mosaico de Uso | - | - | - | % |
| Área Urbana | 0,25 | - | 0,53 | % |
| Agricultura | 59,09 | 81,27 | 82,59 | % |
| Hidrografia | 3,22 | 0,02 | 1,85 | % |
| Silvicultura | 0,09 | 0,96 | 0,17 | % |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | % |

Fonte: Autoria própria, 2025.

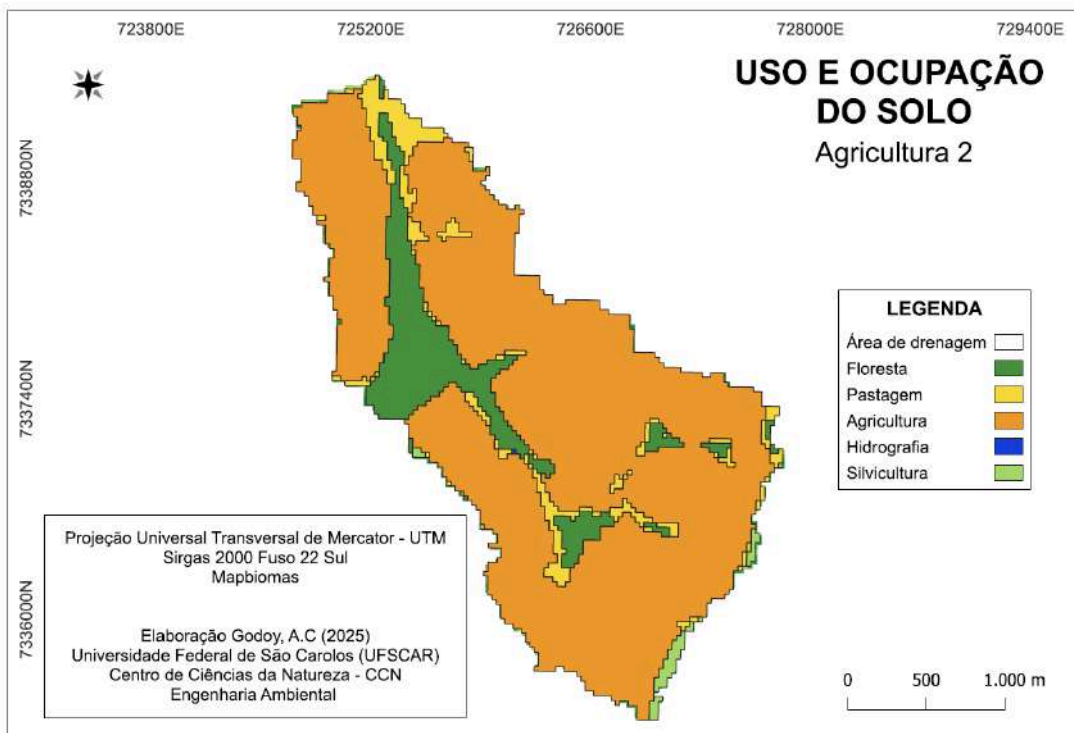
Nos mapas 36, 37 e 38 a seguir, é possível observar como as atividades apresentadas acima estão distribuídas ao longo das sub-bacias. Na análise dos mapas de declividade e de uso e ocupação do solo, é possível observar que as áreas voltadas para agricultura, ocorre em terrenos onde a declividade seja inferior a 20% (ondulado).

Mapa 36: Uso e Ocupação do solo na sub-bacia de Agricultura 1.



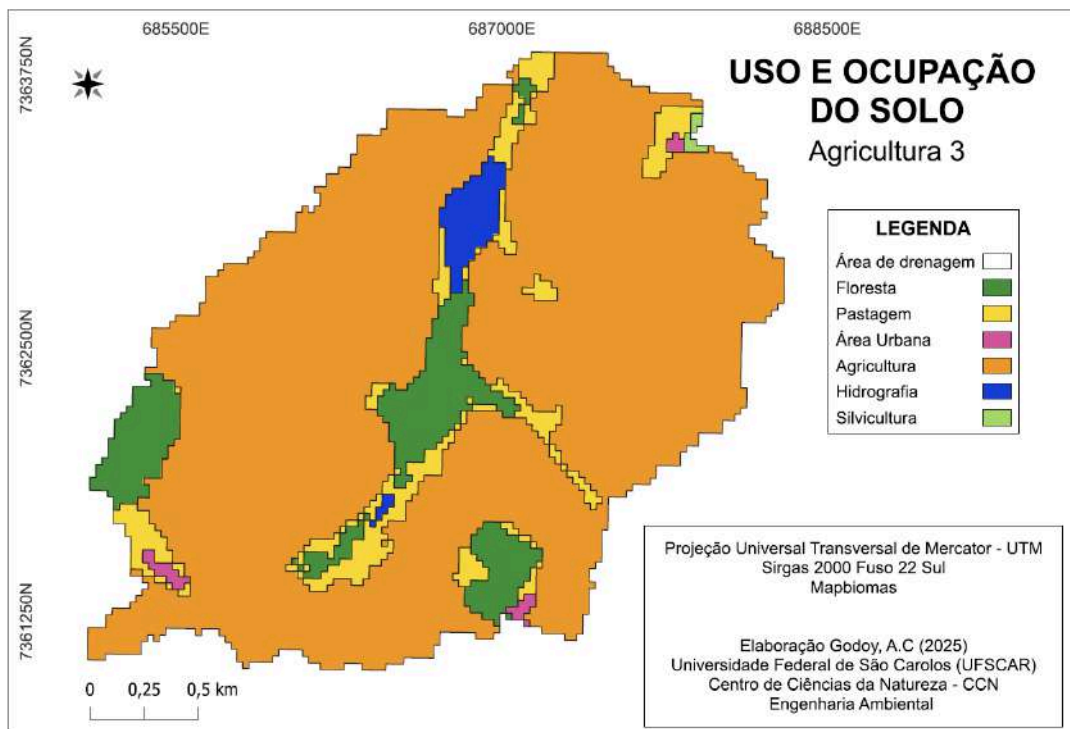
Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 37: Uso e Ocupação do solo na sub-bacia de Agricultura 2.



Fonte: Autoria própria, 2025.

Mapa 38: Uso e Ocupação do solo na sub-bacia de Agricultura 3.



Fonte: Autoria própria, 2025.

4. Considerações finais

A análise dos aspectos fisiográficos, como relevo, tipo de solo e rede de drenagem, é fundamental para compreender os processos hidrológicos, hidráulicos e ecológicos que ocorrem em uma bacia hidrográfica. No entanto, esses elementos isoladamente não são suficientes para descrever de maneira integral a dinâmica da bacia, especialmente em uma região tão complexa e diversificada como a do Alto Paranapanema. Para uma avaliação mais abrangente e precisa dos fenômenos hidrológicos e ambientais, é necessário considerar, além dos aspectos fisiográficos, os processos interligados de uso e ocupação do solo.

A alteração da cobertura do solo, em particular, tem grande influência sobre os fluxos hídricos e os processos ecológicos. A substituição de áreas de vegetação nativa por atividades como agricultura, silvicultura e urbanização altera significativamente as características hidrológicas da bacia, modificando o regime de precipitação e a capacidade de retenção da água no solo. Essas modificações afetam, por sua vez, a quantidade e a qualidade da água que escoam para os corpos hídricos, impactando a dinâmica hidráulica e a biodiversidade local. Além disso, a

presença de áreas urbanas pode gerar alterações no escoamento superficial, com aumento da impermeabilização do solo e conseqüente maior volume de águas pluviais que escoam de maneira rápida, alterando o ciclo hidrológico.

A combinação desses fatores, o uso do solo, as práticas agrícolas, a presença de áreas de silvicultura e o crescimento urbano, em conjunto com a precipitação, pode resultar em uma série de efeitos ambientais e hidrológicos que não são plenamente explicados apenas pelos dados fisiográficos. A análise integrada desses elementos é fundamental para entender como os processos ecológicos se manifestam em diferentes contextos dentro da bacia, e como as intervenções humanas podem alterar, muitas vezes de forma irreversível, o equilíbrio natural dos recursos hídricos.

Portanto, para uma gestão sustentável da bacia do Alto Paranapanema, é imprescindível adotar uma abordagem holística, que considere tanto os aspectos físicos e geográficos quanto os impactos do uso da terra e as variações climáticas. Apenas assim será possível desenvolver estratégias eficazes de gestão para a conservação e recuperação dos recursos hídricos e para a mitigação dos impactos ambientais na região.

Por mais que os resultados tenham sido satisfatórios utilizando as imagens SRTM, é importante destacar que essa abordagem tem limitações em relação à precisão em escalas menores. As imagens SRTM fornecem dados altimétricos em formato raster, sendo limitados a 30 metros, representando a elevação do terreno por meio de uma grade de valores. Embora sejam amplamente acessíveis e cubram grandes áreas, sua resolução espacial pode não ser suficiente para capturar detalhes mais precisos em regiões com variações topográficas pequenas. Em contraste, a vetorização de cartas topográficas, que transforma informações geográficas em formato vetorial, oferece uma representação mais detalhada e precisa de características como limites, rios e pontos de elevação. Embora o processo de vetorização seja mais trabalhoso e dependa da qualidade das cartas originais, ele proporciona um nível de precisão maior, sendo mais adequado para análises em escalas locais e permitindo interações mais complexas em Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

4.1. Recomendações para estudos futuros

Com base no que foi apresentado neste trabalho, recomenda-se as seguintes frentes de análise para possíveis estudos futuros:

- Investigar como as mudanças no uso do solo, incluindo a expansão de áreas agrícolas, a implementação de sistemas de silvicultura e o crescimento urbano, alteram o regime hidrológico, incluindo a análise de cenários futuros, baseados em diferentes práticas de manejo da terra, comparando com os atuais padrões de precipitação.;
- Explorar a relação entre a fragmentação de ecossistemas naturais e as mudanças na qualidade e quantidade da água na bacia;
- Desenvolver modelos preditivos que integrem variáveis climáticas, como projeções e mudanças nas taxas de precipitação, com diferentes cenários de uso e ocupação do solo, nas bacias.

5. Referências

ANA - Agência Nacional de Águas. Estudos hidrológicos para definição das disponibilidades hídricas da UGRH Paranapanema. 2014. Disponível em: <<https://www.paranapanema.org/wp-content/uploads/2021/08/NT-04-Disponibilidade-Consultora.pdf>> Acesso em: 15 ago. 2024.

BARBOSA JÚNIOR, A. R. Elementos de hidrologia aplicada. 1. ed. São Paulo, SP: Blucher, 2022. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 25 de maio de 2024.

BORSATO, Fabiano Hugo. A geografia das bacias hidrográficas no estado do Paraná: desafios e perspectivas para a gestão dos recursos hídricos. 2008. 200 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/teses_geografia2008/dissertacaouemfabianohugoborsato.pdf. Acesso em: 8 jan. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). Comitês de bacia hidrográfica. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/fortalecimento-dos-entes-do-singreh/comites-de-bacia-hidrografica>. Acesso em: 26 jun. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). Fortalecimento dos entes do SINGREH. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/fortalecimento-dos-entes-do-singreh#:~:text=O%20Sistema%20Nacional%20de%20Gerenciamento,de%20forma%20democr%C3%A1tica%20e%20participativa>. Acesso em: 26 jun. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). Metadados sobre bacias hidrográficas e sistemas de monitoramento. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/fe192ba0-45a9-4215-90a5-3fba6abea174>. Acesso em: 26 jun. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). Metadados sobre monitoramento hidrológico. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/fa3edd5c-152e-4e69-91fb-26281bafc811>. Acesso em: 26 jun. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 26 jun. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). Regiões hidrográficas. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/regioes-hidrograficas>. Acesso em: 26 jun. 2024.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 26 jun. 2024.

BRASIL. Módulo 3 - Bacias hidrográficas. Brasília: Escola Nacional de Administração Pública (ENAP), 2019. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/jspui/bitstream/1/7814/3/M%C3%B3dulo%20%20-%20Bacias%20Hidrogr%C3%A1ficas%20-%20revisado.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2025.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. M. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Revista Árvore, v. 30, n. 2, p. 241–248, mar. 2006.

CBH - ALPA - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARANAPANEMA. Apresentação. 2024. Disponível em: <<https://sigrh.sp.gov.br/cbhalpa/apresentacao>>. Acesso em: 12 de junho de 2024.

CBH - ALPA - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARANAPANEMA. Plano de Bacia UGRHI 14. 2016. Disponível em: <<https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/6723/planoalpa1.pdf>>. Acesso em: 12 de junho de 2024.

CBH - ALPA - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARANAPANEMA. RELATÓRIO DE SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Piraju: 2023. Disponível em <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-ALPA/23311/rs_2023_ab_2022_ugrhi_14_v2.pdf> . Acesso em: 12 de junho de 2024.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. O problema da escassez de água no mundo. [S. l.], 7 jun. 2024. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/tpos-de-agua/o-problema-da-escasez-de-agua-no-mundo/>. Acesso em: 26 jun. 2024.

CETESB. **O problema da escassez de água no mundo**. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), 2023. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/tpos-de-agua/o-problema-da-escasez-de-agua-no-mundo/#:~:text=Um%20bilh%C3%A3o%20e%20200%20milh%C3%B5es,ser%20adequados%20de%20saneamento%20b%C3%A1sico](https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/tpos-de-agua/o-problema-da-escasez-de-agua-no-mundo/#:~:text=Um%20bilh%C3%A3o%20e%20200%20milh%C3%B5es,ser%20adequados%20de%20saneamento%20b%C3%A1sico.). Acesso em: 8 jan. 2025.

DIAS, L. S. M.; CUNHA, S. B. DA. Alterações têmporo-espaciais em canais fluviais urbanos (1908-2012): o caso da sub-bacia do Canal do Cunha (RJ). Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, v. 1, p. 121–132, 2017.

DO ESTADO DE SÃO PAULO. Piraju: 2023. Disponível em <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-ALPA/23311/rs_2023_ab_2022_ugrhi_14_v2.pdf> . Acesso em: 12 de junho de 2024.

DOMINGUES, G. F.; BARBOSA, R. A.; CORRÊA, C. C. S. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVEIRA, L. J. da; DIAS, H. C. T. Caracterização morfométrica e comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do Rio Pardo. Ifes ciências, Vitória, v.6, n.2, p.3-1316, 2020. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/view/502> Acesso em: 18 set. 2024.

EMBRAPA. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. Brasília: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/960720/1/0000010346-BPD-Analise-morfometrica.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2025.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS). Análise morfométrica de bacias hidrográficas: conceitos e aplicações. Brasília: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/960720/1/0000010346-BPD-Analise-morfometrica.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2025.

EMBRAPA. Gestão das bacias hidrográficas: conceitos e metodologias para análise e manejo. Brasília: Embrapa, 2015. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/987327/1/DOC5606.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2025.

EMBRAPA. Sistema Nacional de Levantamento de Classificação e Uso do Solo: Miscelânea 11. Brasília: Embrapa, 1979. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/327212/1/SNLCSMiscelanea11979.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2025.

ESTADÃO. O que é bacia hidrográfica? Disponível em: <<https://agro.estadao.com.br/summit-agro/o-que-e-bacia-hidrografica>>. Acesso em: 12 jun. 2024.

<https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/6723/planoalpa1.pdf>>. Acesso em: 12 de junho de 2024.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Água, problemas complexos e o plano nacional de segurança hídrica**. Brasília, 2015. Disponível em:

https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11115/1/%C3%81gua_problemas_complexos.pdf?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 27 fev. 2025.

KONCAGÜL, E.; CONNOR, R.; ABETE, V. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2024: água para a prosperidade e a paz; fatos, dados e exemplos de ações. 2024. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388952_por>. Acesso em: 25 de 2024.

KONCAGÜL, E.; TRAN, M. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2022: águas subterrâneas: tornar visível o invisível; fatos e dados. 2022. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380733_por>. Acesso em: 25 de maio de 2024.

LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck et al. Uso da irrigação no Brasil. Biblioteca AGPTEA, [s. l.], 7 jun. 2000. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/irrigacao/artigos/O%20USO%20DA%20IRRIGACAO%20NO%20BRASIL.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2024.

LUIZ, R. S. ; KNIERIN, I. ; TRENTIN, R. ESTUDO MORFOMÉTRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO JACAQUÁ, RS. Anais[...] XI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2016, Maringá/Paraná. Geotecnologias e Mapeamento Geomorfológico, 2016. v. 11.

maio de 2024.

MAPBIOMAS. MapBiomas - Cobertura do solo 10m. São Paulo: MapBiomas, 2023. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/mapbiomas-cobertura-10m/>. Acesso em: 8 jan. 2025.

MARTÍNEZ, Juan Carlos; GARCÍA, María José; PÉREZ, Luis Fernando; et al. Análisis de la dinámica fluvial en cuencas hidrográficas urbanas: un estudio de caso en la región sur de España. Contribuciones a las Ciencias Sociales, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 124-139, 2022. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/6451>. Acesso em: 8 jan. 2025.

MARTINS, Ricardo José; OLIVEIRA, Fernanda Souza; ALMEIDA, Marcos Vinícius. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas da região Sudeste do Brasil. Revista de Administração e Recursos Humanos, [S.l.], v. 18, n. 2, p. 56-70, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/cXmkNxXThc8ksdjWwFM6vNt/?lang=pt>. Acesso em: 8 jan. 2025.

MELLO, E. L de; OLIVEIRA, F. A.; PRUSKI, F. P.; FIGUEIREDO, J. C. Efeito das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Paracatu. Engenharia Agrícola, v. 28, n. 4, p.635–644, out. 2008. 3

MELLO, E. L de; OLIVEIRA, F. A.; PRUSKI, F. P.; FIGUEIREDO, J. C. Efeito das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Paracatu. Engenharia Agrícola, v. 28, n. 4, p. 635–644, out. 2008. 3

MILLER, J. D.; SHARPE, W. F.; CASSIDY, A. A. The role of the financial system in economic development. Journal of Finance, [S.l.], v. 56, n. 3, p. 801-817, 2001. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1752-1688.2001.tb00966.x>. Acesso em: 26 jun. 2024.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Um mar de integração. 2019. Disponível em: <https://gaigerco.furg.br/images/Arquivos-PDF/Um_Mar_de_Integracao_2208.pdf>. Acesso em: 25 de maio de 2024.

OLIVEIRA, D.B. de (org.). Hidrologia. São Paulo: Pearson, 2016. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. 25 de maio de 2024.

OLIVEIRA, I. R., PEREIRA, J. L., PEREIRA, J. R., ANA, W. O. S., SILVA, M. P., LADWIG, N. I. BACK, A. J. MENEZES, C. T. B. Capítulo 12: ANÁLISE FÍSICO-MORFOMÉTRICA E SOCIOECONÔMICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CEDRO/SC. PLANEJAMENTO E GESTÃO TERRITORIAL O Papel e os Instrumentos do Planejamento Territorial na Interface entre o Urbano e o Rural. 2019. Disponível em: . Acesso em: 05 Jul 2023.

OLSZEWSKI, N.; FERNANDES FILHO, E. I.; DA COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; DE SOUZA, E.; COSTA, O. D. V. C. Morfologia e aspectos hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Preto, divisa dos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais. Revista *Árvore*, v. 35, n. 3, p. 485–492, maio 2011.

PEREIRA, Ana Cláudia; SILVA, Roberto de Souza. O uso de tecnologias no ensino de ciências: contribuições para a formação docente. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, [S.l.], v. 21, n. 2, p. 121-135, 2022. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3174/2679>. Acesso em: 26 jun. 2024.

RAMOS, Marcos José de Oliveira; GOMES, Camila de Oliveira; PEREIRA, Luiza Maria de Araujo; et al. Análise dos processos hidrológicos em bacias hidrográficas de diferentes regiões brasileiras. Revista Brasileira de Geografia Física, [S.l.], v. 14, n. 2, p. 302-316, 2021. Disponível em: https://www.redalyc.org/journal/5528/552866526004/html/#redalyc_552866526004_ref6. Acesso em: 8 jan. 2025.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Bacias hidrográficas. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas#:~:text=Entende%2Dse%20por%20bacia%20hidrogr%C3%A1fica,%C3%A1guas%20as%20%C3%A1reas%20mais%20elevadas>. Acesso em: 26 jun. 2024.

RODRIGUES, João Antônio; SOUZA, Maria Clara de; PEREIRA, Francisco de Lima. Impactos ambientais em bacias hidrográficas: estudo de caso na região de Minas Gerais. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ESTUDOS AMBIENTAIS, 11., 2010, São Paulo. Anais... São Paulo: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais (IBEAS), 2010. p. 123-134. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2010/XI-022.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2025.

RODRIGUES, Vanessa de Oliveira; SILVA, Carlos Alberto da; ALMEIDA, Juliana Freitas. Estudo da qualidade da água em bacias hidrográficas do estado de São Paulo: análise e monitoramento. *Ambi-Água*, [S.l.], v. 11, n. 4, p. 814-824, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/tYpMVzyHC7Gw49N4FvHF7qb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 8 jan. 2025.

SALIS, H. H. C.; COSTA, A.M.; VIANA, J.H.M.; SCHULER, A. E. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Marinheiro, Sete Lagoas –MG. *Boletim de Geografia, Universidade Estadual de Maringá*. v. 37, n. 2, p. 186-201. Maringá- PR, 2019.

SANTOS, A. M.; 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, Carla da Silva; COSTA, Marcos Antônio. Impactos das mudanças climáticas nas bacias hidrográficas do semiárido brasileiro. *Revista de Estudos Ambientais*, [S.l.], v. 28, n. 1, p. 78-92, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/9zK6YFrTGYYmD6hJT3CNhzv/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 jun. 2024.

SANTOS, Edson. A construção de uma nova metodologia de ensino para a formação de professores de Ciências. *Revista de Ciências da Universidade Estadual Paulista*, [S.l.], v. 15, n. 1, p. 39-50, 2023. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6953>. Acesso em: 26 jun. 2024.

SANTOS, Maria da Silva; PEREIRA, João Carlos. Educação ambiental no contexto escolar: desafios e possibilidades. *Educação Ambiental em Ação*, [S.l.], v. 20, n. 2, p. 45-58, 2024. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ea/a/ccyh4cf7NMdbpJdhSzCRNtR/?lang=pt>. Acesso em: 26 jun. 2024.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. Bacia hidrográfica. Prateleira Ambiental, [S.l.], 2023. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/bacia-hidrografica/>. Acesso em: 26 jun. 2024.

SEMIL - Secretaria do Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística. Bacia Hidrográfica. 2020. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/bacia-hidrografica/> Acesso em: 25 de maio de 2024.

SIGRH. Sistema de Informações de Gestão de Recursos Hídricos. Divisão hidrográfica do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/divisaohidrografica>. Acesso em: 26 jun. 2024.

SILVA, João Carlos da; ALMEIDA, José Antônio de. Geomorfologia fluvial e hidrografia. Aracaju: Universidade Federal de Sergipe (UFS), 2012. Disponível em: https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/15511716022012Geomorfologia_Fl uviaal_e_Hidrografia_aula_9.pdf. Acesso em: 8 jan. 2025.

SILVA, João Carlos da; ALMEIDA, Maria Clara. Conceitos de bacias hidrográficas e sua importância para a gestão dos recursos hídricos. Ilhéus: Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), 2015. Disponível em: https://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/conceitos_de_bacias.pdf. Acesso em: 10 ago. 2024.

SILVA, José Alberto da; CUNHA, Vânia Maria da Costa; PEREIRA, Marcos Antônio. Características da rede de drenagem e formas de relevo em bacias hidrográficas. Brasília: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198204/1/Caracteristicas-da-red e-de-drenagem-e-formas.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2025.

SILVA, José da. A educação ambiental e suas implicações no ensino de ciências: desafios e perspectivas. Revista da Educação e do Ensino de Geografia do Norte Fluminense, [S.l.], v. 18, n. 2, p. 45-60, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10565>. Acesso em: 26 jun. 2024.

SILVA, M. S. L. da. Sistemas de gestão das bacias hidrográficas: aspectos técnicos e ambientais. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/133340>. Acesso em: 10 ago. 2024.

SILVA, Ricardo José da; ALMEIDA, Ana Carolina de; PEREIRA, João Marcos; et al. Análise da dinâmica hidrológica em bacias hidrográficas do interior paulista. Estudos Geográficos, [S.l.], v. 34, n. 2, p. 101-115, 2023. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/18052/12816>. Acesso em: 8 jan. 2025.

SILVA, Ricardo José da; ALMEIDA, Ana Carolina de; PEREIRA, João Marcos; et al. Análise da dinâmica hidrológica em bacias hidrográficas do interior paulista. Estudos Geográficos, [S.l.], v. 34, n. 2, p. 101-115, 2023. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/18052>. Acesso em: 8 jan. 2025.

SOUZA, Luiz Alberto de; LIMA, Fernanda da Silva. Análise de estratégias para a gestão integrada de bacias hidrográficas no Brasil. XV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2020. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/130/XV-SRHNE0003-1-20200521-112954.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2024.

SOUZA, Ricardo de; MARTINS, José Francisco; OLIVEIRA, Maria Aparecida. Gestão das bacias hidrográficas no Brasil: desafios e perspectivas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, [S.l.], v. 58, n. 10, p. 1089-1099, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/ZNdjdrBQLdSqzfDKqPsS5vQ/>. Acesso em: 10 ago. 2024.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M.; MENDONÇA, F. de A. (org.). Geomorfologia fluvial. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 25 de maio de 2024.

TRAJANO, S. R. R. S.; SPADOTTO, C. A.; HOLLER, W. A.; DALTI, J.; MARTINHO, P. R. R.; FOIS, N. S.; SANTOS, B. B. O.; TOSCHI, H. H.; LISBOA, F. S. Análise Morfométrica de Bacia Hidrográfica. Subsídio à Gestão Territorial Estudo de caso no Alto e Médio Mamanguape. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Campinas, SP: Embrapa Gestão Territorial, v. 1, p. 1-34, 2012.

TUCCI, C. E. M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004. 943p.

VALE, J. R. B.; COSTA, L. S. da; PIMENTEL, M. A. S. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Mocajuba, zona costeira amazônica. Geosul, Florianópolis, v. 36, n. 78, p.537-557, jan./abr. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/72705> Acesso em: 15 ago. 2024.

VILLELA, Sérgio Mauro; MATOS, Aldo. A hidrologia aplicada: Capítulos 1, 2 e 3. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), 2011. Disponível em: <https://ecivilufes.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/04/villela-s-m-matos-a-hidrologia-aplicada-caps-1-2-e-3.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2024.