



**FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO NO MAPEAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE  
CANAIS FLUVIAIS E AMBIENTES AQUÁTICOS EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA DA  
PAISAGEM RURAL DO MÉDIO RIO ATIBAIA, SP**

Elvis **Chen**<sup>1</sup>; Pedro **Gerhard**<sup>2</sup>;

**Nº 24404**

**RESUMO** – Com o desenvolvimento tecnológico da sociedade a coleta de informações para o reconhecimento espacial da distribuição de recursos naturais, antes realizada apenas em processos manuais e diretos, agora é realizada em ambiente de computação e com produtos de sensoriamento remoto, permitindo a integração de dados e o surgimento do Geoprocessamento e os sistemas de informações geográficas (SIG). Uma das aplicações dos SIG é o mapeamento e modelação de hidrografias e de processos hidrológicos, que geram informações relevantes para a gestão ambiental, permitindo prever impactos e direcionando ações de restauração de ecossistemas naturais e antrópicos, por exemplo. Um componente importante é o mapeamento detalhado de redes hidrográficas e a representação de processos ecossistêmicos dos ambientes aquáticos. Este trabalho utilizou ferramentas e métodos de geoprocessamento, como a digitalização de cartas topográficas, interpretação sobre imagens de alta resolução e conversão de arquivos vetoriais para superfícies em formato raster. O objetivo foi quantificar duas variáveis fundamentais para identificação e classificação de ambientes fluviais: declividade média e grau de confinamento de trechos de canais. De posse dessas informações, com análises complementares, e tomadas em campo de outras características ambientais, será possível produzir um mapeamento detalhado de ecossistemas aquáticos, onde serão representadas características estruturais e funcionais, com desdobramentos para a forma de manejo dessas áreas e seu entorno.

**Palavras-chaves:** Mapeamento, GIS, Hidrografia, Geomática

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Ciências Biológicas, IB / Unicamp, Campinas-SP; e193541@dac.unicamp.br

2 Orientador: Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; pedro.gerhard@embrapa.com



**ABSTRACT** – *With the technological development of society, the collection of information for the spatial recognition of the distribution of natural resources, previously carried out only in manual and direct processes, is now carried out in a computing environment and with remote sensing products, allowing the integration of data and the emergence of Geoprocessing and geographic information systems (GIS). One of the applications of GIS is the mapping and modeling of hydrographies and hydrological processes, which generate relevant information for environmental management, allowing impacts to be predicted and directing actions to restore natural and anthropic ecosystems, for example. An important component is the detailed mapping of hydrographic networks and the representation of ecosystem processes in aquatic environments. This work used geoprocessing tools and methods, such as digitizing topographic maps, interpreting high-resolution images and converting vector files to surfaces in raster format. The objective was to quantify two fundamental variables for identifying and classifying river environments: average slope and degree of confinement of channel sections. With this information, with complementary analyses, and taken in the field of other environmental characteristics, it will be possible to produce a detailed mapping of aquatic ecosystems, where structural and functional characteristics will be represented, with consequences for the way of managing these areas and their surroundings.*

**Keywords:** Mapping, SIG, Hydrography, Geomatics.

## 1. INTRODUÇÃO

O cenário mundial da informação e da comunicação vem passando por diversas mudanças nas últimas décadas, tais transformações que são oriundas de inovações tecnológicas, proporcionando a cada instante, uma nova ferramenta para a disseminação de informações. Facilmente, percebe-se essa influência das tecnologias na rotina da população, tanto pelo uso da internet e aplicativos quanto pela efetivação de uma simples operação bancária, sem auxílio de funcionários, apenas um caixa eletrônico autônomo (Rosa, 2013). Historicamente, a observação e representação da superfície terrestre foi um fator relevante para o desenvolvimento e organização da sociedade. Coletar informações para o reconhecimento espacial da distribuição dos recursos naturais, infraestrutura, populações e entre outros, sempre fez parte das informações básicas para a compreensão regional. No entanto, esta tarefa era realizada apenas em documentos e mapas em papel, elaborados de maneira manual, impedindo uma análise que combinasse diversos mapas e dados de interesse. Com o desenvolvimento da tecnologia nos últimos anos, tornou-se possível



armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento do Geoprocessamento (Câmara et al., 2001).

A partir da coleta de dados, amostras são processadas em modelos digitais que irão representar a variação de um determinado fator na região, em seguida, serão utilizados para uma série de procedimentos de análises. A utilização destes modelos possibilita, por meio de análises, o estudo de determinado fenômeno ser realizado sem trabalhar diretamente com a região escolhida. As análises podem ser tanto qualitativas quanto quantitativas, relevantes para simulações e tomadas de decisões diante do contexto de desenvolvimento de aplicações ou modelagens em SIG (Câmara et al., 2001). De acordo com Rosa (2013), uma das grandes aplicações dos SIG é na modelagem e no desenvolvimento de modelos hidrológicos de bacias hidrográficas para a prevenção de enchentes. Nos modelos, as características físicas das bacias hidrográficas são armazenadas como planos de informação e os dados de precipitação, escoamento e infiltração são as entradas do modelo para calcular a vazão do curso d'água principal. As informações de saída do modelo são então utilizadas para prever situações de impactos. Dessa maneira, o exemplo nos demonstra o potencial das modelagens e análises para a tomada de decisão de acordo com o contexto.

Dito isso, a diversidade dos ecossistemas aquáticos de água doce está incluída diretamente na própria diversificação de aspectos morfológicos presentes ao longo dos canais, córregos, rios e nascentes. Além disso, a bacia hidrográfica é integradora do escoamento superficial, ou seja, uma determinada região onde o escoamento superficial e subterrâneo afluem para um canal principal. A topografia é um fator importante para a delimitação de bacias, visto que as áreas de regiões com maior elevação são os pontos divisores de água. Dessa maneira, devemos compreender e analisar a bacia hidrográfica como uma unidade totalmente integrada, com suas diversas subdivisões e classificações. Assim, mudanças antropológicas que afetam um determinado local, não só interferem no ecossistema local, mas também em toda a bacia hidrográfica (Allan et al., 2021).

Tendo esses elementos em consideração, o objetivo foi quantificar duas variáveis fundamentais para identificação e classificação de ambientes fluviais: declividade média e grau de confinamento de trechos de canais. Essas informações, obtidas com a utilização das ferramentas de geoprocessamento, servirão de apoio a ações de conservação de recursos hídricos e manejo de ecossistemas naturais em uma bacia hidrográfica da paisagem rural do médio rio Atibaia.



## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

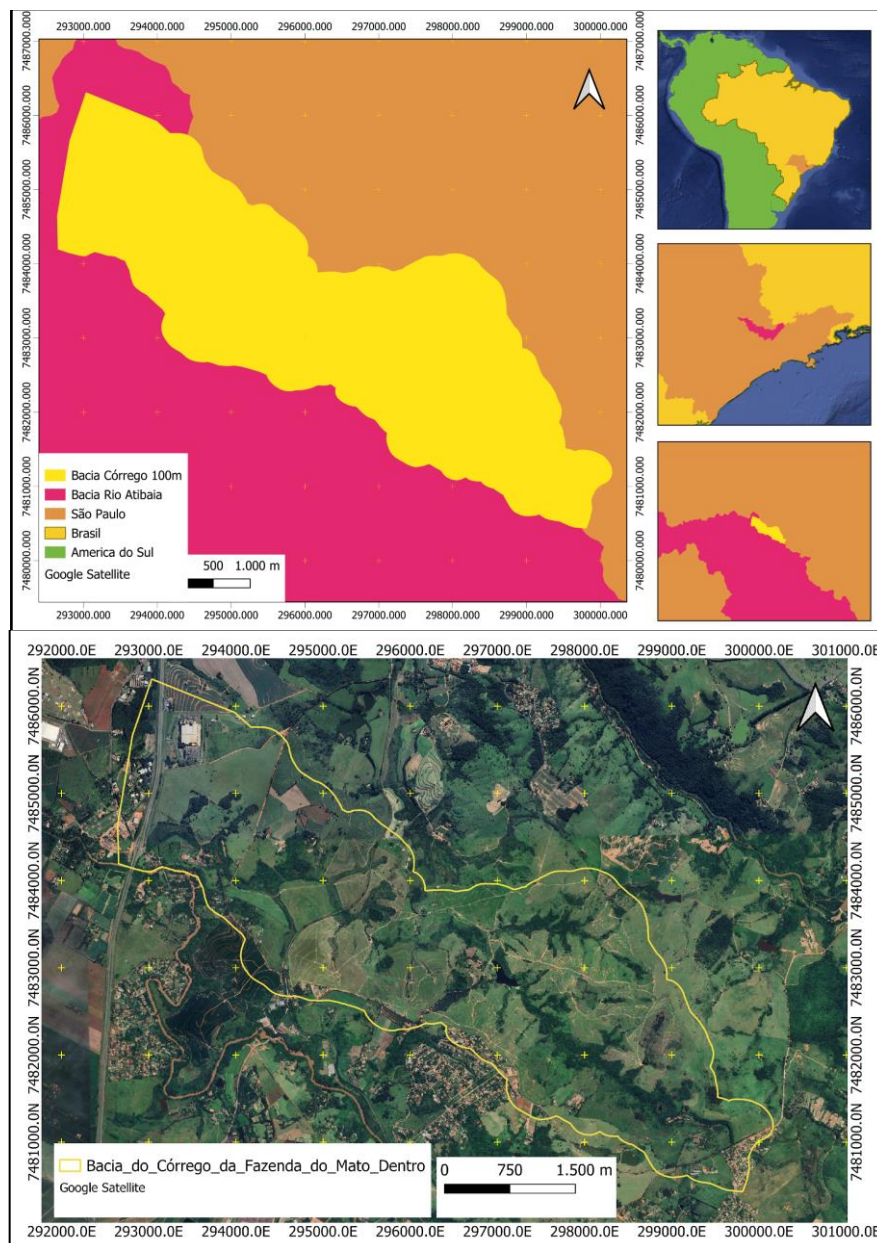
A área de estudo é a Bacia do Córrego da Fazenda do Mato Dentro, com cerca de 12 km<sup>2</sup> de área, localizada nos municípios de Jaguariúna e Campinas, estado de São Paulo. O córrego da Fazenda do Mato Dentro é um afluente da margem direita do Rio Atibaia (Figura 1). A cobertura do solo dominante na bacia é a pastagem para pecuária bovina. Há remanescentes de vegetação nativa em fragmentos alterados de fisionomias florestais de contato entre Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual, além de vegetação típica de áreas úmidas (São Paulo, 2022).

### **2.2 Materiais**

Esse trabalho teve como base as cartas topográficas na escala 1:10.000, produzidas por meio de levantamentos aerofotográficos pela empresa TerraFoto Engenharia e publicadas pela Coordenadoria de Ação Regional do Estado de São Paulo. Foram utilizadas as seguintes cartas: Bairro Tanquinho Velho (1979), Fazenda Sete Quedas (1979) e Jaguariúna II (1979). Também foram interpretadas em tela imagens de satélite recentes disponíveis na base de dados Google Satellite através do complemento QuickMapServices para QGIS.

### **2.3 Métodos**

O software QGIS (2024) foi utilizado em todas as etapas de geoprocessamento, sendo empregado nas etapas de preparação, produção e análise dos dados geográficos. Uma série de etapas, utilizando ferramentas nativas do QGIS e complementos (*plugins*) foram empregados para obter as duas variáveis principais (Declividade média e Grau de confinamento do canal) a serem analisadas para atingir o objetivo deste trabalho (Figura 2).

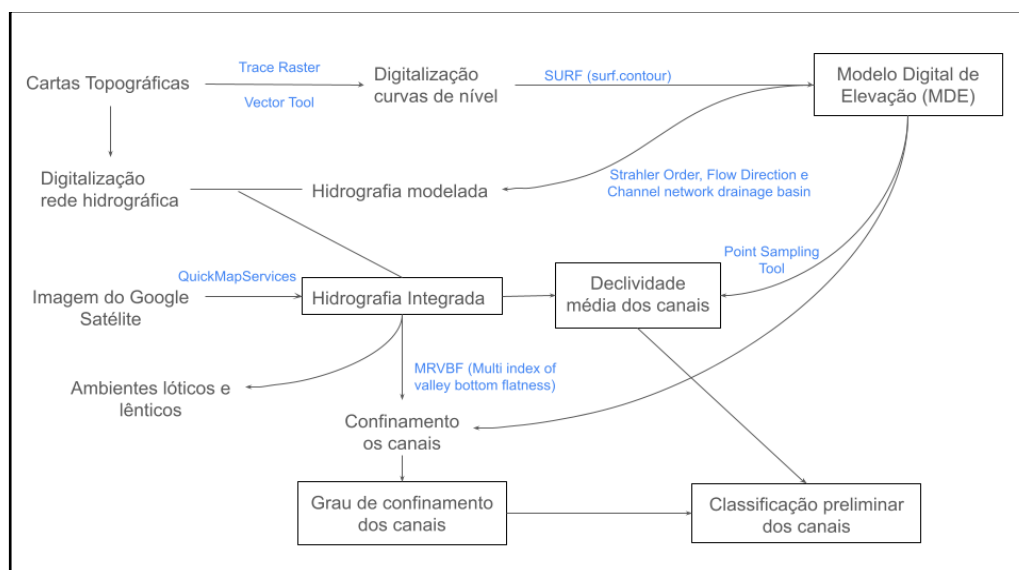


**Figura 1.** Acima, localização da bacia hidrográfica do Córrego da Fazenda do Mato Dentro no Brasil, estado de São Paulo, com destaque para a bacia do Rio Atibaia. Abaixo, aspecto da cobertura do solo da bacia (imagens Google Satellite 2023).

### 2.3.1 Geração do modelo digital de elevação

Para a produção do modelo digital de elevação (MDE) foram digitalizadas as curvas de nível das cartas topográficas empregando as ferramentas do complemento “Trace Raster” (automação de digitalização de curvas) e o “Vertex Tool” (edição de vértices de camadas vetoriais). A ferramenta

“surf.contour” (SURF) foi utilizada para interpolar os dados das curvas de nível (linhas com atributos de elevação) para gerar o MDE.



**Figura 2.** Fluxograma de etapas de processamento e análise de informações geográficas empregadas no desenvolvimento deste trabalho.

### 2.3.2 Rede hidrográfica e ambientes aquáticos digitalizados

A rede hidrográfica da bacia do Córrego da Fazenda do Mato Dentro foi digitalizada em tela, na escala 1:1.000, sobre as cartas topográficas mencionadas acima, representadas como linhas. Foram identificados os canais permanentes e temporários, de acordo com a legenda das cartas. Também foram digitalizadas as nascentes e confluências de todos os canais, representados como pontos. Os reservatórios de água foram digitalizados e representados como polígonos. Baseado nas curvas de nível e altitudes cotadas foi delimitado um divisor da bacia preliminar.

### 2.3.3 Rede hidrológica modelada

Foi produzida uma rede de canais fluviais por modelação hidrológica e delimitação da bacia, baseada no MDE. Para isso foram usadas as ferramentas do SAGA GIS disponíveis no QGIS: “Flow Direction” (direcionamento de fluxo), “Strahler Order” (formação de uma rede hidrográfica pelo número de Strahler - orientada pela rede digitalizada das cartas topográficas (item 2.3.2), e “Channel network and drainage basin” (Rede de canais e bacia).





#### **2.3.4 Comparação da rede modelada e digitalizada, interpretação em tela e produção de uma rede hidrográfica integrada**

A comparação entre a rede modelada e a digitalizada foi feita a partir de uma sobreposição de camadas no SIG. Nesse passo, as informações de ambas as redes foram também interpretadas tendo como base uma imagem disponível na base de dados Google Satellite através do complemento QuickMapServices para QGIS, possibilitando redefinir o traçado e a extensão dos canais, localização de nascentes e limites de reservatórios. Também foi possível a interpretação de outros ambientes aquáticos e úmidos, associados ao sistema fluvial.

#### **2.3.5 Determinação da declividade média dos trechos de canais**

O complemento “Point Sampling Tool” (ferramenta de amostragem de pontos) permitiu obter as elevações máximas e mínimas de cada trecho de canal. Para efeitos deste trabalho cada trecho de canal é definido por uma das três situações: (1) trecho entre a nascente e a confluência com outro canal, (2) trecho entre confluências de canais ou (3) trecho entre a confluência e a foz no rio Atibaia. Obtendo as elevações máximas e mínimas nos extremos de cada trecho e conhecendo a extensão linear de cada trecho foi calculada a declividade média, expressa em porcentagem.

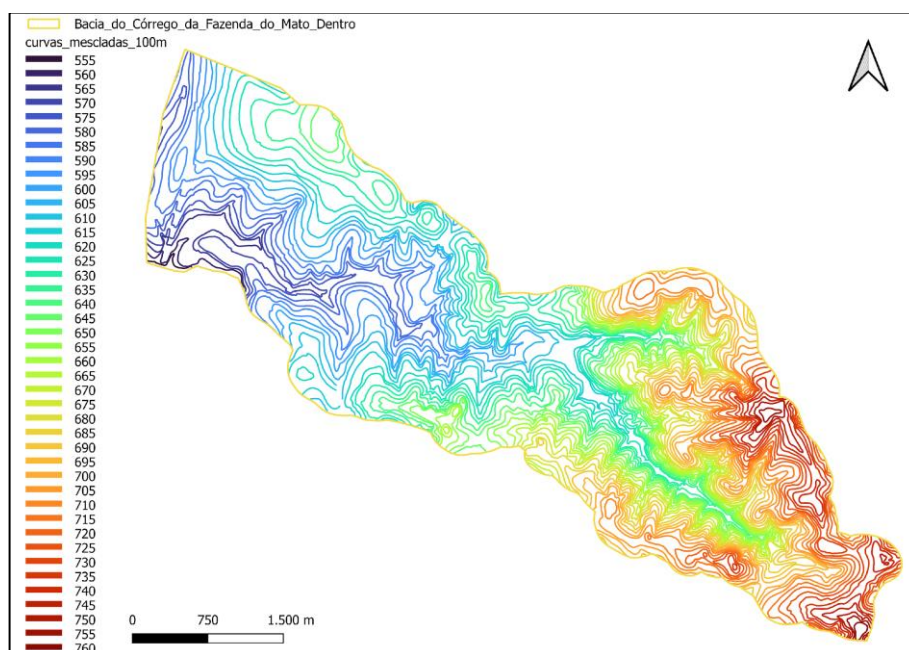
#### **2.3.6 Determinação do grau de confinamento dos trechos de canais**

Foi utilizada a ferramenta “Multiresolution index of valley bottom flatness” (MRVBF), baseada no trabalho de Gallant e Dowling (2003), que gera um índice de probabilidade de ocorrência de regiões de fundo de vale. O índice, derivado do MDE e calculado para todos os pixels da bacia, foi reclassificado utilizando um valor de corte igual a 2,5, com a ferramenta “Reclassify by table” (reclassificação de tabela). Com isso, foi obtida uma representação de fundos de vales planos. Sobrepondo a hidrografia integrada, foi possível interpretar o grau de confinamento médio de cada trecho de canal, utilizando as classes de confinamento propostas por Bisson et al. (2017), como segue: (1) fortemente confinado, largura do vale menor que duas vezes a largura média do canal, (2) moderadamente confinado, largura do vale entre duas e quatro vezes a largura média do canal e (3) não confinado, largura do vale maior que quatro vezes a largura média do canal.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Geração de um modelo digital de elevação

A Figura 3 abaixo apresenta a digitalização das curvas de nível na área aproximada da bacia hidrográfica, com um *buffer* de 100 metros, ou seja, com uma delimitação que possui 100 metros a mais contornando o perímetro da bacia, permitindo os valores de elevações da bacia pudessem ser digitalizados amplamente. A partir da digitalização das curvas de nível pelas cartografias (Figura 3) foi gerado o modelo de elevação pela ferramenta SURF (Figura 4).



**Figura 3.** Curvas de nível digitalizadas para a região da bacia do Córrego da Fazenda do Mato Dentro, estado de São Paulo.

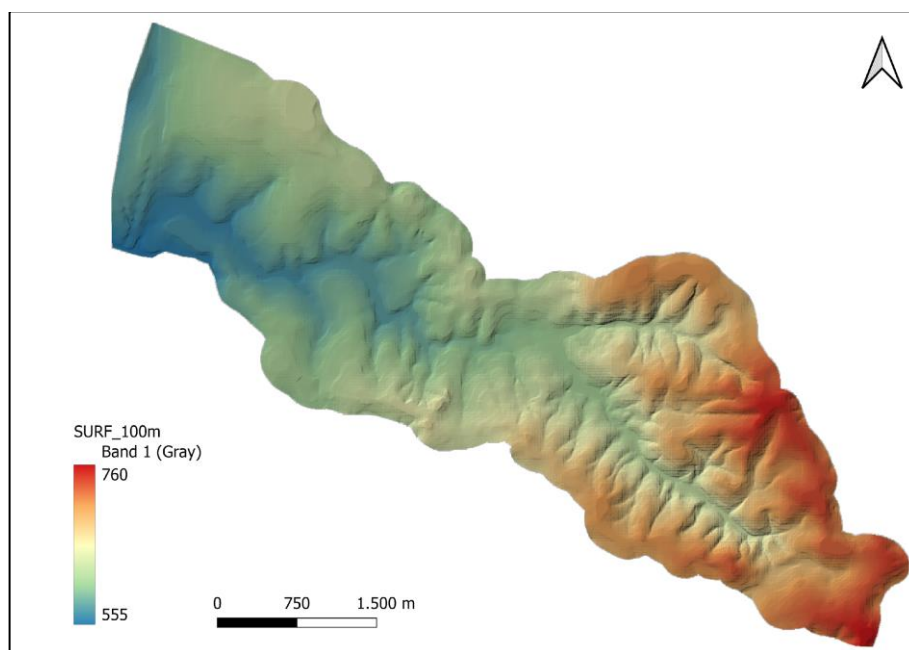
#### 3.2 Rede hidrográfica digitalizada

A Figura 5 representa a digitalização da rede de canais, delimitação da bacia e a classificação do tipo de regime em cada trecho de canal a partir das cartas topográficas. Vale ressaltar que, como as cartas foram baseadas em levantamento aerofotográfico realizado há cerca de 40 anos, alterações e variações são previstas e, aqui, servem como base para a interpretação dos canais e limites da bacia dos modelos.

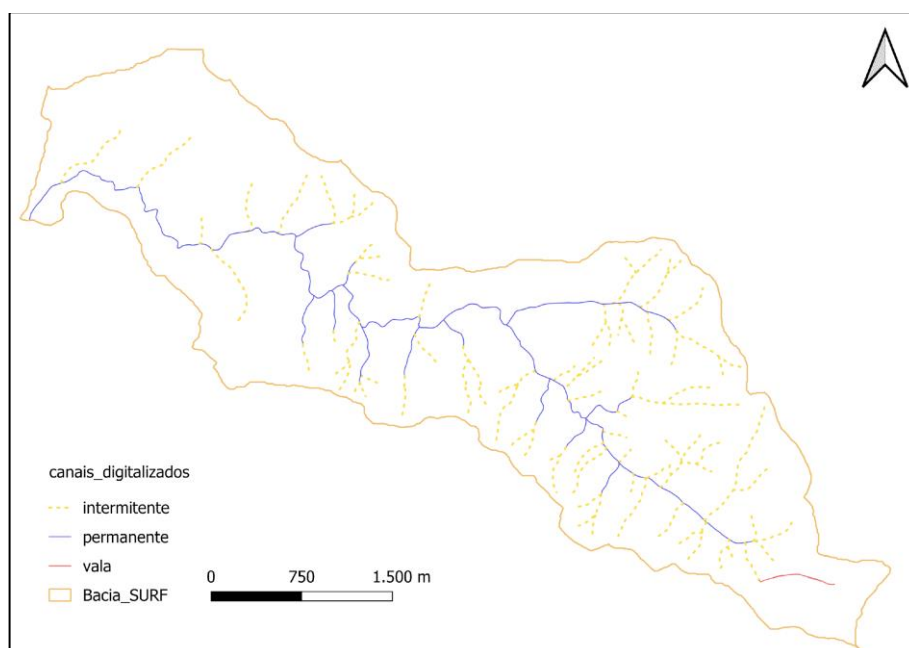
#### 3.3 Rede hidrológica modelada



A Figura 6 apresenta a rede hidrológica modelada, sobreposta ao MDE. Neste ponto os trechos de canais ainda não foram corrigidos e interpretados, mas demonstra a capacidade da aplicação das ferramentas “Flow Direction” e “Strahler Order”. A rede modelada apresentada tem canais de ordem 4 a 1, baseada na rede digitalizada, apresenta número e extensão de canais comparáveis entre si.



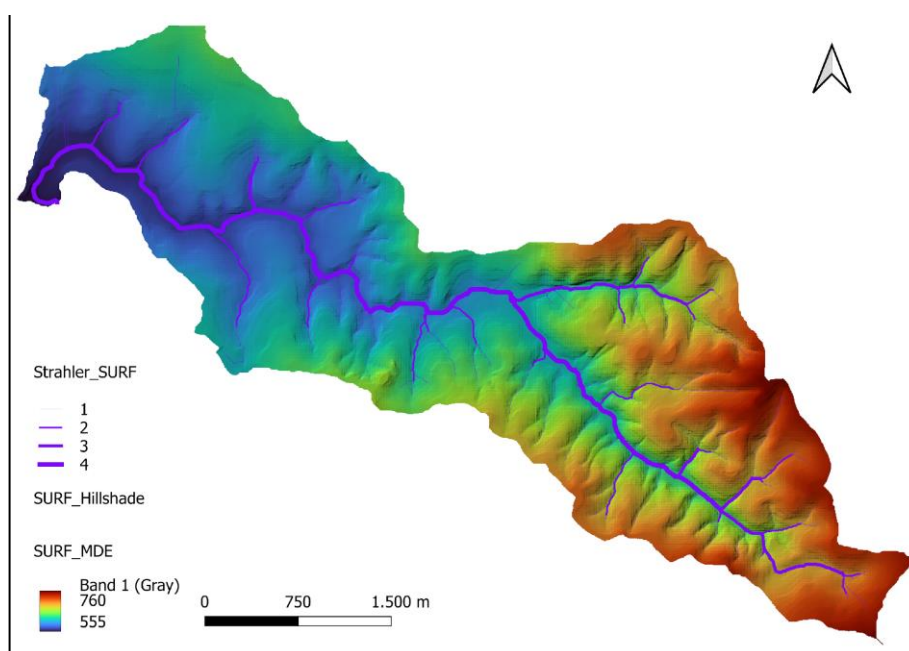
**Figura 4.** Modelo digital de elevação da bacia hidrográfica pela ferramenta SURF.



**Figura 5.** Digitalização das redes de drenagem e limites da bacia baseadas nas cartas topográficas.

### 3.4 Comparação entre as redes modelada e digitalizada, interpretação em tela e produção de uma rede hidrográfica integrada

A Figura 7 apresenta a comparação entre as redes hidrográficas digitalizada, modelada e interpretada. A interpretação dos ambientes aquáticos e úmidos foi feita a partir das imagens recentes dos satélites disponíveis na base de dados Google Satellite através do complemento QuickMapServices, cartas topográficas e modelos de níveis de elevação.



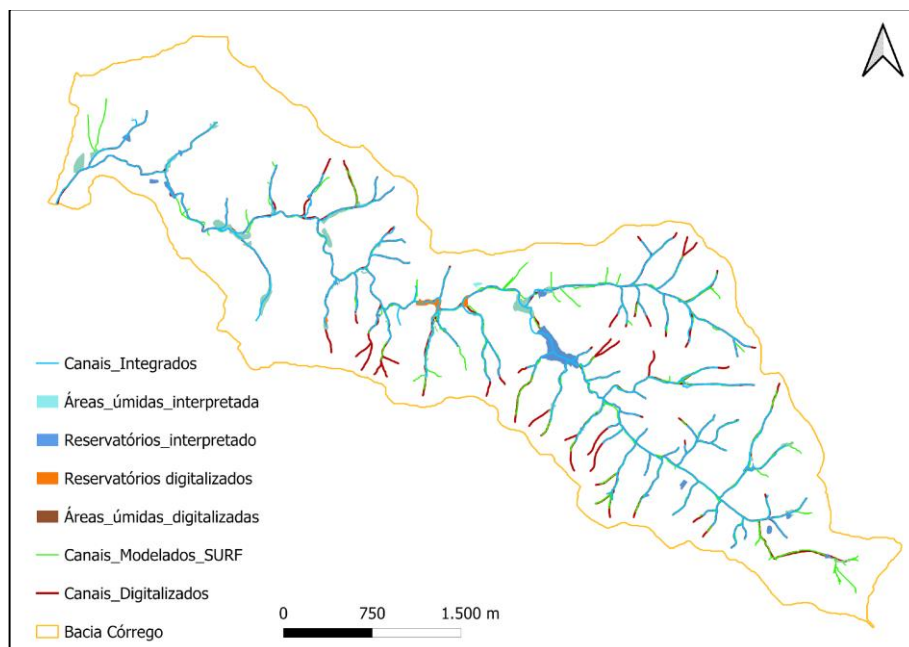
**Figura 6.** Rede hidrológica modelada pela ferramenta SURF, sem interpretação. Imagem de fundo: Open Street Map (OSM).

### 3.5 Declividade média dos trechos de canais

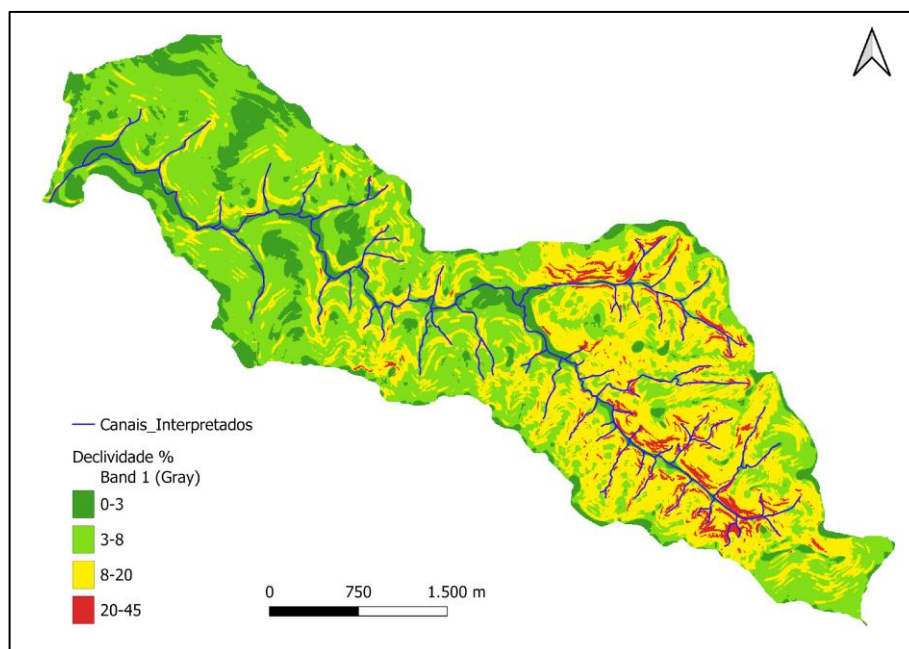
Analisando o mapa de declividade derivado do MDE na Figura 8, percebe-se uma distinção entre, aproximadamente, duas metades da bacia: a metade leste possui um relevo mais acidentado, com maiores porções do terreno nas classes de maior declividade e a oeste predominam regiões de menor declividade. Em decorrência desse padrão, os trechos de canais de maior declividade também estão a leste (canais até 30%), em oposição a oeste (canais até 11%).

### 3.6 Determinação do grau de confinamento dos trechos de canais

As ferramentas e procedimentos utilizados possibilitaram a classificação do grau de confinamento dos 135 trechos de canais de ordem 1 a 4 em: fortemente confinado (63,70%), moderadamente confinado (12,59%) e não confinado (23,70%).



**Figura 7.** Comparação e interpretação das redes de drenagem, reservatórios e áreas úmidas.



**Figura 8.** Classes de declividade da bacia.

### 3.7 Classificação preliminar dos tipos de trechos de canais fluviais

Analisando as variáveis declividade e grau de confinamento obtidas para os trechos de canais fluviais foi possível classificar de forma preliminar os tipos de canais fluviais de acordo com a classificação de Bisson et al. (2017). Foram identificados os seguintes tipos de canais: coluvial,



*bedrock* (rocha-matriz), *cascade* (em cascatas), *step-pool* (degrau-poço), *plane-bed*, e *riffle-pool* (corredeira-poço). Entretanto, como a classificação é preliminar e a determinação exata dos tipos de canais depende também de variáveis mensuradas em campo, alguns trechos receberam atribuição de até três tipos. Entre os 135 trechos avaliados, 69 (51%) foi classificada univocamente, 51 (38%) em duas categorias, 8 (6%) em três categorias e 7 (5%) não puderam ser classificados. Os tipos de canais identificados são típicos de bacias hidrográficas de pequeno e médio porte sendo, em sua maior parte, canais de predomínio de processos erosivos.

#### 4. CONCLUSÃO

Os métodos empregados, com a utilização das ferramentas de geoprocessamento, obtiveram resultados satisfatórios, como a identificação da declividade média dos canais, determinação de grau de confinamento de canais e uma classificação preliminar dos trechos estudados. Isso representa um conjunto importante de informações para a tomada de decisões e medidas de conservação e manejo da paisagem. Na sequência deste trabalho, serão realizadas campanhas de campo para validação das análises aqui apresentadas e serão produzidos mapas de ecossistemas aquáticos, áreas úmidas e ripárias.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa concedida e à Embrapa pela infraestrutura e rede de apoio.

#### 6. REFERÊNCIAS

- ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M.; CAPPS, K. A. **Stream ecology**: structure and function of running waters. 3. ed. [S.l.]: Springer, 2021. 1314 p.
- BISSON, P. A.; MONTGOMERY, D. R.; BUFFINGTON, J. M. Valley segments, stream reaches, and channel units. In: HAUER, F. R.; LAMBERTI, G. A. (ed.). **Methods in stream ecology**. [S.l.]: Academic Press, 2017.v. 1, p. 21-47.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (ed.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 345 p.
- GALLANT, J. C.; DOWLING, T. I. A multiresolution index of valley bottom flatness for mapping depositional areas. **Water resources research**, v. 39, n. 12, 1347, 2003.
- QGIS. **QGIS geographic information system**: open source geospatial foundation project. Versão 3.34.6 LTR: QGIS Association, 2024. Disponível em : <http://www.qgis.org>. Acesso em: 2 jul. 2024.
- ROSA, R. **Introdução ao geoprocessamento**. Uberlândia: UFU, 2013. 142 p.
- SÃO PAULO. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. **Inventário da cobertura vegetal nativa do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Ambientais, 2022. 238 p.