

UFRRJ

**PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM
GEOPROCESSAMENTO, LEVANTAMENTO E
INTERPRETAÇÃO DE SOLOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Caracterização Morfométrica e Análise do Relevo com Base na Orientação das Encostas e Curvatura na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Joana (ES)

Adrielli Ramos Locatelli

2025





UNISOLOS

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO,
LEVANTAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E ANÁLISE DO
RELEVO COM BASE NA ORIENTAÇÃO DAS ENCOSTAS E
CURVATURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA JOANA
(ES)**

ADRIELLI RAMOS LOCATELLI

*Sob a Supervisão do Professor
Dr. Gustavo Mota de Sousa*

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido como requisito parcial para
obtenção do título de **Especialista** em
Geoprocessamento, Levantamento e
Interpretação de Solos.

Seropédica, RJ
Agosto de 2025



Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L811c Locatelli, Adrielli Ramos, 1990-
Caracterização morfométrica e análise do relevo com
base na orientação das encostas e curvatura da bacia
hidrográfica do Rio Santa Joana (ES) / Adrielli Ramos
Locatelli. - Colatina, 2025.
37 f.

Orientador: Gustavo Mota de Sousa.
Monografia(Especialização). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Especialização em
Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de
Solos, 2025.

1. Bacia hidrográfica - Manejo. 2. Avaliação
morfométrica . 3. Gestão de recursos hídricos. 4.
Orientação de encostas . I. Sousa, Gustavo Mota de ,
1977-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro. Especialização em Geoprocessamento,
Levantamento e Interpretação de Solos III. Título.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

É permitida a cópia parcial ou total deste documento, desde que seja citada a fonte.



ATA N° 3614/2025 - CEAD (12.28.01.36)

Nº do Protocolo: 23083.040425/2025-41

Seropédica-RJ, 24 de julho de 2025.

ATA DE DEFESA

Aos quinze dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte e cinco, às quatorze horas e trinta minutos, através de web conferência, instalou-se a banca examinadora de Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, da cursista **Adrielli Ramos Locatelli** sob a orientação do professor **Gustavo Mota de Sousa**. A banca examinadora foi composta pelos pesquisadores **Ana Carolina de Souza Ferreira** e **Kairo da Silva Santos**. A defesa do TCC intitulado "**Caracterização morfométrica e análise do relevo com base na orientação das encostas e curvatura na bacia hidrográfica do rio Santa Joana (ES)**", foi iniciada às quatorze horas e trinta minutos e teve a duração de vinte minutos de apresentação seguida da avaliação pela banca. A cursista, após avaliada pela banca examinadora obteve o resultado:

(X) APROVADA, devendo a cursista proceder a eventual revisão solicitada pelo supervisor e /ou pela banca, e entregar a versão final em até 15 dias à coordenação do Curso.

() NÃO APROVADA.

Seropédica, 15 de julho de 2025.

Ana Carolina de Souza Ferreira
Primeira Examinadora

Kairo da Silva Santos
Segundo Examinador

Gustavo Mota de Sousa
Presidente

Adrielli Ramos Locatelli
Cursista

(Assinado digitalmente em 24/07/2025 15:03)
GUSTAVO MOTA DE SOUSA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeGEOIA (11.39.39)
Matricula: ####661#0

(Assinado digitalmente em 24/07/2025 14:43)
ADRIELLI RAMOS LOCATELLI
DISCENTE
Matricula: 2024#####8

(Assinado digitalmente em 24/07/2025 20:35)
KAIRO DA SILVA SANTOS
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.217-##

(Assinado digitalmente em 24/07/2025 15:05)
ANA CAROLINA DE SOUZA FERREIRA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.607-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **3614**, ano: **2025**,
tipo: **ATA**, data de emissão: **24/07/2025** e o código de verificação: **772d427ea5**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder saúde, força e perseverança para chegar até aqui.

À minha família, pelo apoio incondicional, pelo incentivo nos momentos difíceis e por acreditarem em mim ao longo de toda a jornada acadêmica.

Ao meu orientador, Professor Gustavo Motta de Sousa, pela paciência, dedicação e pelas valiosas contribuições que tornaram este trabalho possível. Estendo meus agradecimentos também aos professores e colegas do curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, em especial aos vinculados à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pelo aprendizado compartilhado e pela convivência que tornou essa caminhada mais enriquecedora.

Aos amigos que estiveram ao meu lado, oferecendo apoio, motivação e palavras de encorajamento nos momentos de desafio.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para a concretização desta importante etapa da minha vida.

RESUMO

Caracterização Morfométrica e Análise do Relevo com Base na Orientação das Encostas e Curvatura na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Joana (ES). 2025. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos). Pró-reitoria de Extensão, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

Este trabalho teve como objetivo caracterizar morfometricamente a Bacia Hidrográfica do Rio Santa Joana (ES), associando a análise tradicional de parâmetros geométricos e hidrológicos à avaliação da orientação das encostas e da curvatura do relevo. Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG e dados de Modelos Digitais de Elevação (MDE). Os resultados demonstraram que a bacia apresenta formato alongado, baixa densidade de drenagem e predominância de canais retilíneos. O relevo é marcado por áreas com declividade fortemente ondulada e altitude média de 433,42 m. Quanto aos solos, predominam os Latossolos, seguidos por Cambissolos e Argissolos. A análise da orientação das encostas evidenciou predominância de vertentes voltadas para os quadrantes nordeste (NE) e sudeste (SE), seguidas por encostas orientadas para sudoeste (SW) e noroeste (NW), fator que influencia a dinâmica hídrica e os processos erosivos locais. Essas características indicam baixa propensão a enchentes, mas elevada vulnerabilidade à erosão, especialmente em função do uso predominante de pastagens e agricultura. Nesse contexto, além de ampliar o conhecimento científico sobre a região, este estudo fornece subsídios técnicos relevantes para a gestão integrada da bacia hidrográfica, oferecendo suporte ao planejamento territorial, à conservação do solo e da água e à mediação de conflitos socioambientais entre abastecimento hídrico, produção agrícola e preservação ambiental.

Palavras-chave: Morfometria. Gestão Ambiental. Uso do solo, Hipsometria.

ABSTRACT

Morphometric Characterization of the Santa Joana River Watershed, Espírito Santo, Brazil. 2025. 37p. Trabalho de Conclusão de Curso (Specialization in Geoprocessing, Soil Survey and Interpretation) Pró-reitoria de Extensão, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

This study aimed to characterize the morphometry of the Santa Joana River Basin (ES), combining the traditional analysis of geometric and hydrological parameters with the assessment of slope orientation and curvature of the relief. Geoprocessing techniques in a GIS environment and Digital Elevation Model (DEM) data were employed. The results showed that the basin has an elongated shape, low drainage density, and a predominance of straight channels. The relief is marked by areas with strongly undulating slopes and an average altitude of 433.42 m. Regarding soils, Latosols predominate, followed by Cambisols and Argisols. The analysis of slope orientation revealed a predominance of slopes facing the northeast (NE) and southeast (SE) quadrants, followed by slopes oriented toward the southwest (SW) and northwest (NW), a factor that influences the hydrological dynamics and local erosion processes. These characteristics indicate low susceptibility to flooding but high vulnerability to erosion, especially due to the predominant use of pastures and agriculture. In this context, in addition to expanding scientific knowledge of the region, this study provides relevant technical support for the integrated management of the river basin, contributing to territorial planning, soil and water conservation, and the mediation of socio-environmental conflicts between water supply, agricultural production, and environmental preservation.

Keywords: Morphometry. Environmental Management. Land Use. Hypsometry

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	5
3.1	<i>Área de estudo.....</i>	5
3.2	<i>Processamento de dados</i>	6
3.3	<i>Análise morfométrica da bacia hidrográfica</i>	7
3.3.1	<i>Características geométricas</i>	8
3.3.2	<i>Características da rede de drenagem.....</i>	9
3.3.3	<i>Características do relevo</i>	10
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4.1	<i>Características geométricas.....</i>	11
4.2	<i>Características da rede de drenagem.....</i>	12
4.3	<i>Características do relevo</i>	14
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1. INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são áreas de captação natural de água, delimitadas por divisores topográficos, que drenam as águas em direção ao curso d'água principal e seus afluentes, que convergem para um único ponto de saída – exutório (MARTINS et al., 2022, p.378; NETO et al., 2024, p.149). A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, reconhece as bacias hidrográficas como unidades territoriais de planejamento e gestão de recursos hídricos, uma vez que possuem elementos físicos e antrópicos que influenciam a dinâmica dos ecossistemas.

O estudo da morfometria dessas unidades possibilita quantificar suas formas, dimensões e padrões de drenagem, oferecendo subsídios importantes para a compreensão de processos hidrológicos, geomorfológicos e de uso do solo. Essa análise contribui significativamente para o diagnóstico ambiental, o planejamento territorial e a gestão sustentável dos recursos naturais.

A análise de parâmetros morfométricos, ao associar diferentes dados de uma bacia hidrográfica, possibilita a identificação de áreas com características homogêneas. Por meio de análises das variáveis como área, perímetro, densidade de drenagem, fator de forma, índice de circularidade, entre outros, é possível interpretar quantitativamente o potencial de escoamento superficial, infiltração e susceptibilidade do terreno à erosão (VILLELA e MATTOS, 1975, p.8; CARVALHO et al., 2014, p.318).

Essa abordagem, quando combinada com ferramentas de geoprocessamento, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), torna-se ainda mais eficiente e precisa, sendo amplamente empregada em estudos ambientais, em especial para grandes extensões como das bacias hidrográficas. Além disso, a análise das correlações entre as variáveis morfométricas permite estimar parâmetros hidrológicos em regiões com falta de dados específicos, contribuindo para o diagnóstico e o planejamento do uso dos recursos naturais (DOMINGUES et al., 2020, p.4; NETO et al., 2024, p. 149).

Para viabilizar essas análises, o uso de ferramentas como o SIG é fundamental, uma vez que essas plataformas permitem realizar análises espaciais complexas, integrando dados de diversas fontes e facilitando a criação de bancos de dados georreferenciados. Isso automatiza a produção de materiais cartográficos e possibilita o armazenamento, manipulação e visualização de informações espaciais em alta resolução. Dessa forma, o SIG se torna uma ferramenta estratégica no monitoramento de variáveis ambientais, contribuindo diretamente para a tomada de decisão por parte de órgãos públicos e para o planejamento ambiental.

A análise do relevo a partir da orientação das encostas e da curvatura do terreno tem sido cada vez mais utilizada em estudos ambientais, contribuindo para a compreensão das dinâmicas superficiais. A orientação das encostas influencia diretamente na incidência solar, na taxa de evaporação, na distribuição da vegetação e nos microclimas locais (MACHADO et al., 2011, p.1446; YANG et al., 2020, p.1). Já a curvatura permite identificar áreas côncavas e convexas, que podem indicar zonas de acúmulo ou escoamento de água e sedimentos. A combinação desses elementos é fundamental para dar subsídio ao planejamento do uso do solo e a gestão ambiental (MORAES, 2017, p.13).

As bacias hidrográficas, além de sua relevância ecológica e hidrológica, também se configuram como espaços de potenciais conflitos socioambientais. A diversidade de usos da água, envolvendo abastecimento público, irrigação, geração de energia, atividades industriais e recreativas, frequentemente gera disputas entre diferentes usuários, sobretudo em contextos de escassez hídrica ou de degradação da qualidade da água. O crescimento populacional, a intensificação das atividades agropecuárias e a ocupação desordenada do solo intensificam esses desafios, exigindo estratégias de gestão integrada que conciliem os interesses múltiplos e garantam a sustentabilidade dos recursos naturais (ANA, 2021). Nesse cenário, a sub-bacia hidrográfica do Rio Santa Joana (BHSJ) apresenta-se como um território de destaque no estado do Espírito Santo, tanto pela sua importância para o abastecimento local quanto pela diversidade de usos vinculados ao meio rural e urbano.

O rio Santa Joana é um dos afluentes da margem direita do rio Doce, percorre aproximadamente 100 km desde suas nascentes no município de Afonso Cláudio, até desaguar no rio Doce, no município de Colatina. A sub-bacia hidrográfica do rio Santa Joana (BHSJ) abrange ainda áreas dos municípios de Itarana e Itaguaçu, com uma área de drenagem em torno de 891 km², inserida integralmente no estado do Espírito Santo (PARH-SM, 2010, p.11). A BHSJ é caracterizada por uma diversidade de relevo, cobertura vegetal e ocupação antrópica. Apesar de sua relevância da bacia devido aos usos da água, ainda são poucos os estudos voltados para a caracterização morfométrica e à análise detalhada do seu relevo.

Nesse cenário de múltiplos usos e potenciais conflitos, torna-se essencial conhecer em detalhe as características físicas da bacia. A análise morfométrica, aliada à orientação das encostas e à curvatura do relevo, permite identificar áreas críticas e subsidiar estratégias de gestão integrada. Assim, o presente estudo contribui para minimizar disputas pelo uso da terra e da água, oferecendo bases técnicas para conciliar produção agrícola, abastecimento hídrico e conservação ambiental

Nesse contexto, este trabalho busca gerar informações técnicas que possam subsidiar futuras ações de conservação, manejo ambiental e gestão de recursos hídricos na região, de forma a ampliar o conhecimento sobre as características físicas da bacia do rio Santa Joana, por meio de uma abordagem integrada entre morfometria, orientação das encostas e curvatura do relevo, utilizando tecnologias acessíveis como o software QGIS e dados públicos.

Portanto, o objetivo deste estudo é analisar a morfometria, a orientação das encostas e a curvatura do relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Joana (BHSJ), localizada no estado do Espírito Santo, utilizando o processamento de Modelos Digitais de Elevação em ambiente SIG para determinar a dinâmica do relevo e da drenagem.

Além de atender ao objetivo científico de caracterizar a bacia, este estudo se destaca por fornecer informações técnicas aplicáveis à gestão ambiental e ao planejamento territorial. A combinação da análise morfométrica com a orientação das encostas e a curvatura do relevo amplia o entendimento da dinâmica hidrológica e geomorfológica da região, oferecendo subsídios práticos para agricultores, gestores públicos e órgãos ambientais no manejo sustentável dos recursos hídricos e do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

As bacias hidrográficas formam unidades naturais de captação e drenagem das águas precipitadas sobre a superfície terrestre, sendo delimitadas por divisores topográficos. A água proveniente das precipitações é drenada em direção ao curso d'água principal e seus afluentes, convergindo para um único ponto de saída, o exutório. Parte dessa água pode também infiltrar-se no solo, contribuindo com a recarga de nascentes e aquíferos subterrâneos (MARTINS et al., 2021, p.378; SOUZA et al., 2021, p.1531; NETO et al., 2023, p.3149). Essa configuração torna as bacias hidrográficas elementos fundamentais tanto para a compreensão dos processos hidrológicos quanto para o planejamento e a gestão ambiental.

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (BRASIL, 1997), define as bacias hidrográficas como unidades territoriais de planejamento. Embora amplamente utilizadas como unidades de análise e gestão, as bacias hidrográficas apresentam elevada complexidade, o que torna desafiadora sua aplicação em processos de planejamento ambiental integrado. Essa complexidade está relacionada à interação entre diversos elementos físicos, biológicos e antrópicos que atuam de forma integrada no território, influenciando diretamente as dinâmicas geomorfológicas, hidrológicas e socioambientais (SOUZA et al., 2021, p.1531; SANTOS et al., 2023, p.166; NETO et al., 2023, p.3149).

Diante dessa complexidade, é essencial compreender as características da bacia para possibilitar análises eficazes das dinâmicas ambientais e territoriais, fundamentais para seu gerenciamento. Nesse contexto, a análise morfométrica surge como uma metodologia essencial para compreender os processos físicos que moldam o comportamento hidrológico das bacias. Essa abordagem consiste na estimativa de parâmetros físicos, hidrológicos e topográficos que influenciam diretamente o regime hidrológico (RAIOL et al., 2022, p.2355; BUCKER et al., 2023, p.2229).

A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas é uma ferramenta indispensável para o planejamento urbano, ambiental e dos recursos hídricos, pois permite a análise das características físicas do terreno e fornece subsídios para a compreensão da dinâmica hidrológica. As informações quantitativas obtidas possibilitam a identificação de fragilidades e riscos associados, como inundações, assoreamento e processos erosivos, que afetam o comportamento da bacia e interferem na sustentabilidade dos recursos naturais. Além disso, os diagnósticos gerados a partir desses dados contribuem para a definição de estratégias de manejo e gestão mais eficientes e adaptadas às potencialidades e limitações do território (VILLELA e MATTOS, 1975, p.12; LEAL e TONELLO, 2016, p.440; BUCKER et al., 2023, p.2229).

Além de subsidiar análises físico-ambientais, os dados morfométricos são ferramentas importantes na gestão integrada de recursos hídricos em bacias com múltiplos usos da água. Um estudo realizado na bacia hidrográfica do Rio Urucuia (MG), aponta que a ausência de diagnósticos físicos contribui para o agravamento de conflitos entre irrigação, conservação e abastecimento, destacando o papel estratégico da análise morfométrica para orientar políticas de uso sustentável e mediação de disputas (GUALDANI e SOBRINHO, 2023, p.17).

A análise morfométrica, ao integrar diferentes variáveis de uma bacia hidrográfica, permite identificar áreas com características homogêneas. Parâmetros como fator de forma, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, densidade de drenagem e extensão média do escoamento superficial são fundamentais para avaliar o comportamento hidrológico da bacia. Esses indicadores descrevem a organização espacial da drenagem e possibilitam a elaboração de estimativas hidrológicas em regiões com escassez de dados específicos (VILLELA e MATTOS, 1975, p.13; CARVALHO et al., 2014, p.318).

A caracterização morfométrica da bacia pode ser realizada de forma manual ou automatizada, por meio da integração de informações em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Nesse sentido, dados obtidos por sensoriamento remoto, como fotografias aéreas e imagens de satélite, tornam-se valiosos, pois fornecem informações precisas de grandes extensões territoriais. A análise dessas imagens exige menos tempo em comparação com pesquisas realizadas em campo e, quando confrontadas com verificações in loco, apresentam alta confiabilidade (BHARATH et al., 2021, p.2; RAIOL et al., 2022, p.2355; BUCKER et al., 2023, p.2229).

A utilização de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) para obtenção de parâmetros morfométricos tem se tornado uma prática comum, favorecida pela crescente disponibilidade de dados altimétricos gratuitos e pela melhoria contínua da resolução espacial desses produtos. A análise de MDEs em ambiente SIG permite a rápida obtenção de dados relacionados à geometria, hidrografia e topografia das bacias, sendo essas informações fundamentais para a caracterização morfométrica (CUNHA e BACANI, 2019, p.1030; BUCKER et al., 2023, p.2229; NETO et al., 2024, p.149).

A orientação das encostas é um parâmetro derivado dos MDEs que representa a exposição de superfícies inclinadas à radiação solar, tomando como referência os pontos cardinais (TONELLO et al., 2006, p.854). Assim, superfícies com diferentes inclinações e orientações recebem distintas quantidades de radiação solar quando comparadas a uma superfície horizontal (TORRES et al., 2010, p.88).

Além da incidência solar, esse fator exerce influência direta sobre variáveis ambientais importantes, como os padrões de evapotranspiração, a temperatura do solo e a distribuição da vegetação (MACHADO et al., 2011, p.1446). Trata-se de uma variável especialmente relevante em estudos sobre erosão, conservação do solo e uso da terra. Encostas com diferentes orientações podem apresentar variações significativas no regime hídrico e na estabilidade superficial, afetando o potencial de escoamento e infiltração, além de influenciar o risco de degradação ambiental. O mapeamento da orientação das encostas, portanto, contribui para a identificação de padrões espaciais dentro da bacia e pode subsidiar ações de manejo e conservação mais eficazes.

A morfologia das encostas pode ser classificada com base em sua curvatura horizontal e vertical. A curvatura horizontal refere-se à forma do relevo ao longo das linhas de contorno, enquanto a curvatura vertical está relacionada à direção da declividade. Ambas influenciam diretamente a estabilidade do terreno, podendo indicar maior ou menor propensão à ocorrência de deslizamentos. As classes de curvatura horizontais incluem formas convergentes, planas e divergentes, ao passo que as verticais podem ser côncavas, retilíneas ou convexas. A

combinação entre ambas fornece uma indicação mais precisa da conformação do terreno (HENRIQUE, 2014, p.40; MORAES, 2017, p.13).

Assim, a caracterização morfométrica e a análise dos parâmetros derivados dos MDEs representam ferramentas valiosas para a compreensão integrada do comportamento hidrológico e geomorfológico das bacias hidrográficas, contribuindo diretamente para o planejamento ambiental e a gestão sustentável dos recursos naturais.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Santa Joana, está localizada no noroeste do estado do Espírito Santo, integrando em escala regional a bacia hidrográfica do rio Doce (BHRD). Abrange parte dos municípios de Afonso Cláudio, onde estão situadas suas nascentes, atravessa as sedes municipais de Itarana e Itaguaçu, até desaguar no rio Doce no território de Colatina. A localização da BHSJ está representada na **Figura 1**.

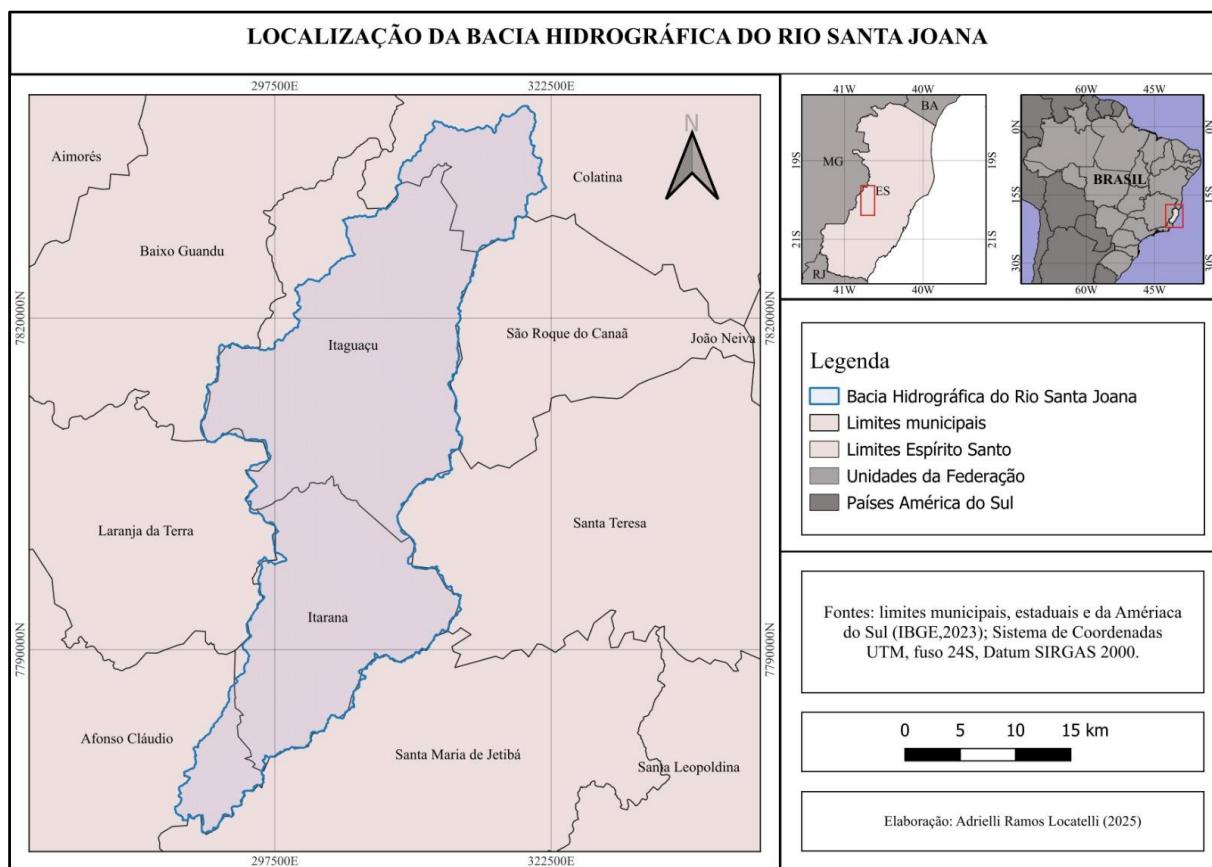


Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do rio Santa Joana.
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Com aproximadamente 100 km de extensão desde suas nascentes até a foz, o rio Santa Joana apresenta uma rede hidrográfica mais desenvolvida em sua porção médio-superior, onde se destacam como principais afluentes os rios Jaboticaba e Limoeiro, além dos córregos

Matutina e da Lavrinha. Já na parte inferior da bacia, encontram-se o córrego Piraju, o rio Sobreiro e o córrego Queira Deus, que apresentam dimensões menores em relação aos tributários da porção superior (PARH-SM, 2010, p.11; PIRH, 2021, p.65).

3.2 Processamento de dados

Para a modelagem morfométrica e elaboração dos produtos cartográficos, foi utilizada a base de dados fornecida pelo GEOBASES, em cooperação com o Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para o mapeamento do uso e ocupação do solo, foi utilizada a base cartográfica disponibilizada pelo projeto MapBiomas (Coleção 10 – 1985 – 2024). O ambiente de processamento foi o software livre QGIS (versão 3.34.6 Prizren), com o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e o *datum* SIRGAS 2000.

O MDE foi obtido na plataforma OpenTopography, a partir do Copernicus Digital Elevation Model (DEM), com resolução espacial de 30 metros. O tratamento inicial do MDE incluiu sua reprojeção para o sistema UTM (Fuso 24S), com *datum* SIRGAS 2000, além da correção das depressões topográficas através do complemento “Fill Sinks”, baseado na metodologia proposta por Wang e Liu (2006).

A ordenação da rede de drenagem foi realizada pelo método 'Strahler Order', enquanto a declividade e a extração da rede de drenagem foram executadas com o auxílio da ferramenta ‘Channel Network and Drainage Basins’, disponível no SAGA GIS. A delimitação automática da bacia hidrográfica ocorreu a partir da escolha de um ponto de exutório, utilizando a função ‘UpSlope Area’.

Na sequência, a camada da bacia foi convertida do formato matricial para o formato vetorial do tipo polígono, permitindo a extração dos valores geométricos de área e perímetro. Com base na delimitação da bacia, foram elaborados os mapas hipsométrico, de declividade, orientação do relevo, ordem dos cursos d’água, uso e ocupação do solo e tipos de solo. A **Figura 2** apresenta o fluxograma com os procedimentos adotados na produção dos mapas.

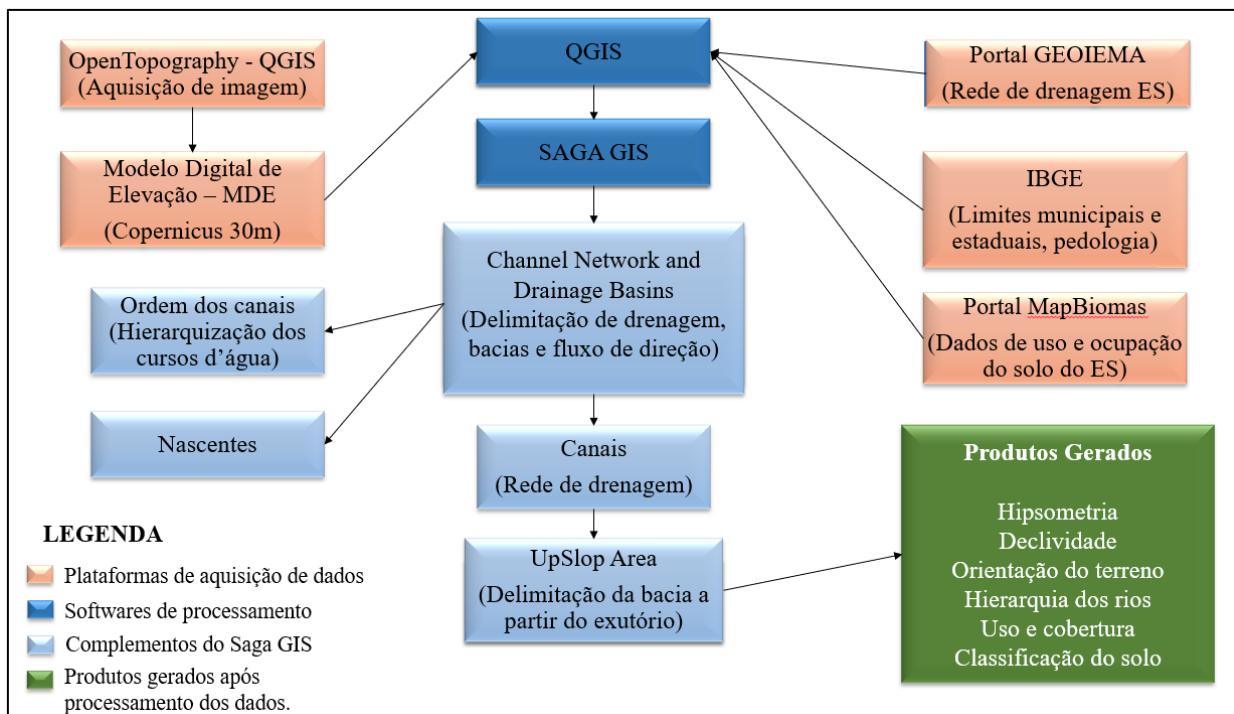


Figura 2 - Fluxograma das etapas para análise morfométrica.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Para a confecção dos mapas e a realização dos cálculos dos parâmetros morfométricos, foi adotado como ponto de exutório o local onde o rio Santa Joana deságua no rio Doce.

A adoção de ferramentas de geoprocessamento em ambiente SIG, associada ao uso de dados públicos de alta resolução, demonstra a viabilidade de realizar análises ambientais robustas com baixo custo. Essa acessibilidade torna possível replicar a metodologia em outras bacias hidrográficas, fortalecendo o monitoramento territorial e a gestão integrada dos recursos naturais.

3.3 Análise morfométrica da bacia hidrográfica

Para a classificação morfométrica da BHRSJ os parâmetros foram classificados em três aspectos, conforme definidos por Coutinho et al. (2011, p.372): características geométricas, que englobam as principais medidas da bacia (área de drenagem, perímetro da bacia, coeficiente de compacidade, comprimento axial da bacia, fator de forma, razão de elongação e índice de circularidade), características hidrológicas, relacionadas às medidas da rede hidrográfica da bacia (ordenamento dos canais por hierarquia, densidade de drenagem, densidade hidrográfica, sinuosidade do curso principal, índice de sinuosidade e perfil longitudinal) e, características do relevo, que abrange a análise do comportamento das altitudes e declividades na bacia (curva hipsométrica e curva de declividade, orientação do relevo, índice de rugosidade e razão de relevo).

As definições desses parâmetros, juntamente com seus respectivos modelos matemáticos, foram apresentadas por diversos autores ao longo do tempo. Entre as principais

referências estão os estudos de Horton (1932, 1945), Kirpich (1940), Müller (1953), Schumm (1956-1963), Melton (1957), Strahler (1957) e Villela e Mattos (1975). Os aspectos morfométricos analisados para a BHRSJ estão listados abaixo.

3.3.1 Características geométricas

Área (A): a área total da bacia corresponde a sua superfície de drenagem, conforme definido por Schumm (1956). O valor da área foi obtido automaticamente por meio da tabela de atributos da camada, utilizando a “calculadora de campo” para inserir uma nova coluna e aplicar a função \$area, que calcula a extensão da feição em metros quadrados, sendo esse valor convertido para quilômetros quadrados.

Perímetro da bacia (P): Segundo Schumm (1956), o comprimento da linha imaginária ao longo dos divisores topográficos que delimita a bacia. O perímetro foi obtido de forma automática através da “calculadora de campo” pela função \$perimeter.

Coeficiente de compacidade (Kc): Horton (1945) Kc relaciona o formato da bacia hidrográfica com um círculo, sendo calculado com base na razão entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área. Quanto mais próximo de 1 for o valor de Kc, mais circular é a bacia, e por consequência estará mais sujeita a inundações. O parâmetro foi obtido pela fórmula expressa na Equação 1.

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

Onde: Kc = coeficiente de compacidade; P = perímetro (km); A = área de drenagem (km^2).

Fator de forma (Kf): Expressa a relação entre a área da bacia hidrográfica e o comprimento axial (HORTON, 1945). De acordo com Villela e Mattos (1975), bacias com fator de forma baixo é menos propensa a enchentes, pois apresentam escoamento mais distribuído no tempo, portanto, possui menor tendência a enchentes do que bacias de mesma área, porém com fator de forma mais elevado. A Equação 2 foi utilizada para o cálculo do fator de forma.

$$Kf = \frac{A}{(La)^2} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: Kf = fator de forma; A = área de drenagem (km^2); La = comprimento axial da bacia (km).

Razão de elongação (Re): É definido como a razão entre o diâmetro do círculo de área igual a área da bacia hidrográfica e o comprimento do seu eixo principal. Segundo Mosca (2003), a Re tende a 1 quando a bacia se assemelha a uma forma circular, indicando uma tendência à concentração rápida do escoamento superficial. A Equação 3 foi utilizada para o cálculo da Re.

$$Re = 1,128 \times \frac{\sqrt{A}}{La} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde: A = Área de drenagem da bacia (km^2); La = Comprimento axial (km).

Índice de circularidade (Ic): É a relação entre a área e o perímetro da bacia. Para Cardoso et al. (2006), o índice de circularidade se aproxima de 1 à medida que a bacia tende a uma forma circular, à medida que o formato da bacia se alonga esse valor se afasta de 1. Esse índice é obtido por meio da Equação 4.

$$Ic = 12,57 \times \frac{A}{P^2} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde: P = perímetro da bacia (km); A = área de drenagem da bacia (Km²).

3.3.2 Características da rede de drenagem

Ordenamento dos canais por hierarquia: A ordem do curso d'água indica a classificação hierárquica da rede de drenagem da bacia, conforme o método proposto por Strahler (1957). A ordenação da área analisada foi realizada por meio da ferramenta *Channel Network and Drainage Basins* no QGIS, utilizando os critérios do método de Strahler para definição da hierarquia dos cursos d'água.

Comprimento do canal principal (L): Extensão total do curso d'água principal, desde sua nascente até o ponto de exutório (HORTON, 1932). Para análise da bacia, esse comprimento, expresso em km, foi obtido automaticamente por meio da função *\$length* na "calculadora de campo", sendo considerada a nascente mais distante do ponto do exutório.

Comprimento do Talvegue do Canal Principal (L_{tal}): Para Horton (1932), esse parâmetro é definido pela distância em linha reta entre a nascente e o exutório do rio principal, o comprimento do talvegue foi obtido por meio do traçado de uma linha ao longo do percurso do rio principal, desconsiderando os seus meandros naturais.

Comprimento Total da Rede Hidrográfica (Lt): Corresponde à soma dos comprimentos de todos os trechos que compõe a rede hidrográfica da bacia, conforme definido por Horton (1932). Esse parâmetro foi obtido automaticamente utilizando as funções *\$length* e *sum* na "calculadora de campo" do *software*. O Lt é expresso em km.

Densidade de drenagem (Dd): É a relação entre o comprimento total dos canais (km) com a área da bacia (km²). É expressa em km.km² (HORTON, 1932). A Dd foi obtida a partir da Equação 5.

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde: Lt = comprimento total da rede hidrográfica; A = área da bacia (km²).

Sinuosidade do curso principal (S): Relação entre o comprimento do rio principal (km) e o comprimento do talvegue (SCHUMM, 1963). Foi obtido através da Equação 6.

$$S = \frac{L}{L_{tal}} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde: L = comprimento do canal principal (km); L_{tal} = comprimento do talvegue do canal principal (km);

Índice de sinuosidade (Is): De acordo com Schumm (1963), o Is é definido como a razão entre o comprimento do rio principal (considerando seus meandros) e o comprimento do talvegue. Esse índice expressa o grau de curvatura do canal e é comumente apresentado em termos percentuais. O Is é obtido a partir da Equação 7:

$$Is = 100 \times \frac{(L - L_{tal})}{L} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde: L = comprimento do canal principal (km); L_{tal} = comprimento do talvegue principal (km);

3.3.3 Características do relevo

Índice de rugosidade (Ir): Segundo definição de Melton (1957), o Ir é a relação entre a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem. Obtido a partir da Equação 8.

$$Ir = \Delta H \times Dd \quad (\text{Equação 8})$$

Onde: ΔH = amplitude altimétrica; Dd = densidade de drenagem.

Razão de relevo (Rr): Indica a declividade média pela relação entre a amplitude altimétrica e comprimento axial, sendo expressa em km.km⁻¹. Obtido a partir da Equação 9.

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

Onde: ΔH = amplitude altimétrica;

Curva hipsométrica: A curva hipsométrica é uma representação gráfica que descreve a relação entre a área da bacia hidrográfica e sua respectiva altitude.

Essa representação pode ser feita com dados absolutos (eixo x igual à área e eixo y igual altitude), ou com dados relativos (percentuais da área total e da altitude máxima). Para a bacia do rio Santa Joana, o gráfico foi gerado a partir da função “Curvas Hipsométricas”, utilizando o Modelo Digital de Elevação (MDE) da região.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características geométricas

Os valores dos parâmetros obtidos na caracterização geométrica da bacia hidrográfica do rio Santa Joana estão apresentados na **Tabela 1**. Através do SIG, foi possível determinar que a bacia possui uma área de aproximadamente 889 km² e um perímetro de 232 km. Essas características são fundamentais para entender o potencial hidrológico da bacia. Ao serem associados ao comprimento do eixo axial, é possível determinar se a bacia possui formato alongado ou circular (NETO et al., 2023, p. 3154).

Tabela 1 - Características geométricas da bacia hidrográfica do rio Santa Joana

Características Físicas	BHRSJ
Área da bacia	889,22 km ²
Perímetro	232,89 km
Coeficiente de Compacidade (Kc)	2,19
Fator Forma (Kf)	0,16
Razão de elongação (Re)	0,45
Índice de circularidade (Ic)	0,21

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

O coeficiente de compacidade (Kc) encontrado na análise da BHRSJ foi de 2,19, o que evidencia que a bacia possui formato irregular e baixa propensão à ocorrência de enchentes. Segundo Raiol et al. (2022, p. 2360), quanto mais afastado de 1 for o valor do Kc, mais irregular será o formato da bacia; por outro lado, valores próximos da unidade indicam maior circularidade. O fator de forma (Kf), o índice de circularidade (Ic) e a razão de elongação (Re) obtidos foram de 0,16, 0,21 e 0,45, respectivamente. Valores baixos desses índices indicam que a bacia possui formato mais alongado, enquanto valores próximos de 1 indicam bacias mais circulares.

Resultados semelhantes foram observados por Neto et al. (2023, p. 3155), ao analisarem a bacia hidrográfica do rio Duas Unas, por Ciciliott et al. (2023, p. 27), ao estudarem a bacia hidrográfica do rio Santa Maria do Doce, e por Raiol et al. (2022, p. 2360), ao avaliarem a bacia do rio Caripi, corroborando que a bacia do rio Santa Joana apresenta baixa propensão a enchentes.

De acordo com Martins et al. (2021, p.381), os atributos morfométricos relacionados à forma da bacia hidrográfica desempenham papel fundamental na análise de sua suscetibilidade a inundações, uma vez que influenciam diretamente o tempo de concentração do escoamento superficial. Já Neto et al. (2024, p.157) destacam que, mesmo quando os aspectos morfométricos não indicam elevada propensão a enchentes, as ações antrópicas podem modificar significativamente o comportamento hidrológico da bacia, ocasionando impactos relevantes em sua dinâmica fluvial.

4.2 Características da rede de drenagem

A **Tabela 2** apresenta os parâmetros morfométricos utilizados para a caracterização hidrográfica da bacia do rio Santa Joana. A análise desses indicadores é fundamental para subsidiar o planejamento e a gestão eficiente das bacias hidrográficas, conforme apontado por Soares e Galvício (2020, p.3661). Entre as principais medidas de drenagem da bacia, destaca-se o comprimento do rio principal, com 95,41 km, e o comprimento do talvegue, com 75,41 km. Além disso, a bacia abriga uma rede de drenagem que totaliza 1.002,01km de extensão, distribuída em 1.106 canais.

Tabela 2 - Características da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Santa Joana

Características Físicas	BHRSJ
Comprimento do canal principal (L)	95,41 km
Comprimento do Talvegue do Canal Principal (L_{tal})	75,41 km
Comprimento Total da Rede Hidrográfica (Lt)	1002,01km
Densidade de drenagem (Dd)	1,13 km.km ²
Densidade hidrográfica (Dh)	0,11 km.km ²
Índice de sinuosidade (Is)	1,27
Extensão média do escoamento superficial (Lm)	0,22
Canais 1º ordem	502,61 km
Canais 2º ordem	237,32 km
Canais 3º ordem	142,52 km
Canais 4º ordem	57,62 km
Canais 5º ordem	61,93 km

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

O índice de sinuosidade (Is) encontrado na bacia foi de 1,27 indicando que o rio principal possui perfil retilíneo. A sinuosidade do rio está relacionada com o comprimento do rio principal e a talvegue. Segundo Souza et al. (2017, p. 101), Is varia de 1 a 2, sendo que valores próximos a 1 representam canais retilíneos, já superiores a 2 indicam alta sinuosidade.

A sinuosidade de um rio influencia diretamente na velocidade do escoamento das águas, sendo que rios com maior sinuosidade tendem a apresentar menor velocidade de fluxo, uma vez que no seu trajeto as curvaturas impõem obstáculos ao deslocamento da água. Em contrapartida, canais com trajeto mais retilíneo favorecem maiores velocidades, devido à menor presença de impedimentos físicos ao escoamento (MELO et al., 2020, p.3562; LOPES et al., 2022, p.437).

Valores semelhantes de I_c foram encontrados por Melo et al. (2020, p.3559) ao analisar a sub-bacia de Baixa do Tubarão, o I_c encontrado foi de 1,29 indicando que a sub-bacia possui perfil com tendência retilíneas. Souza et al. (2017, p.100-101), ao analisarem a bacia do rio Ivaí encontraram valor de I_c igual a 1,56 que indica uma transição entre as formas regulares e irregulares nos canais da bacia.

A bacia hidrográfica do rio Santa Joana é classificada como sendo de quinta ordem. A hierarquização dos canais de drenagem por ordem é uma etapa essencial na análise morfométrica de bacias hidrográficas, sendo adotado, neste estudo, o método proposto por Strahler (1952). A partir das ordens atribuídas, foi possível calcular a extensão total dos cursos d'água correspondentes a cada categoria. Foram consideradas cinco ordens de drenagem, resultando em um total de 1.006 canais identificados. Desses, 50,16 % pertencem à primeira ordem (502,51 km), 23,68 % à segunda ordem (237,32 km), 14,22 % à terceira (142,52 km), 5,75 % à quarta (57,62 km) e 6,18 % à quinta ordem (61,93 km) (**Figura 3**).

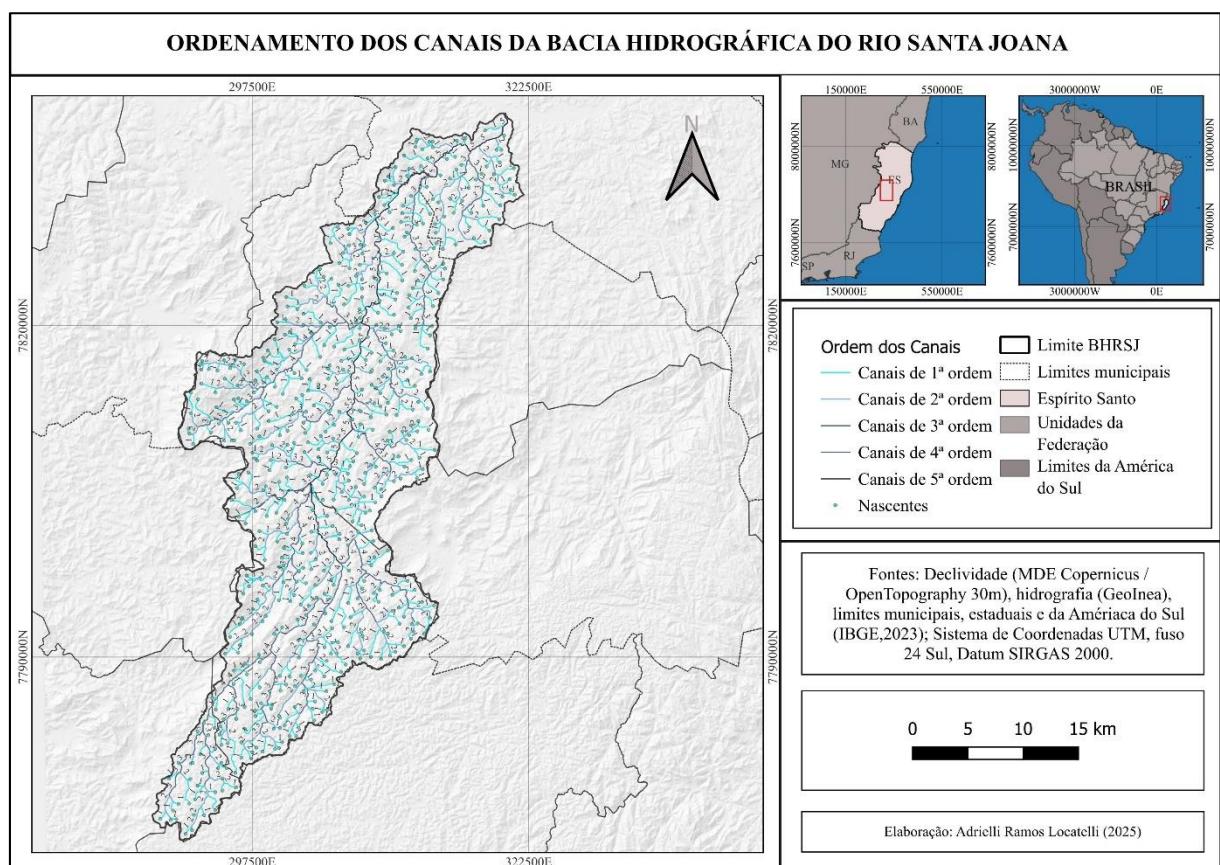


Figura 3 - Ordens dos canais da bacia hidrográfica do rio Santa Joana.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Nota: Hidrografia obtida pelo GeoIema (2016).

A densidade de drenagem (D_d) encontrada após análises dos dados foi de $1,13 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ considerada média. Segundo Lopes et al. (2022, p. 437), a D_d é um dos parâmetros mais significativos para a análise morfométrica da bacia. Ao analisarem a microbacia do Açude Grande os autores encontraram índice de $0,04 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ considerado baixo. Pela classificação de Beltrame (1994) valores inferiores a 0,50 são considerados baixos; entre 0,50 e 2,00, médios; de 2,01 a 3,50, altos; e acima de 3,50, muito altos.

De acordo com Peixoto et al. (2021, p. 148), a densidade de drenagem é influenciada por diversos fatores ambientais e geológicos, como a topografia, o tipo de solo, a estrutura geológica, a cobertura vegetal e as intervenções humanas. Essa medida, que relaciona o comprimento total dos cursos d'água com a área da bacia hidrográfica, é um indicador relevante na análise do comportamento hidrológico da região. Ao analisarem a bacia hidrográfica do rio do Carmo a densidade de drenagem encontrada foi de 1,04 km/km² que os autores caracterizaram como alta devido a pluviometria média em torno de 725 mm anuais.

A densidade hidrográfica (Dh) foi de 0,11 km.km². Segundo Souza et al. (2021, p. 101), a Dh representa a relação entre a área da bacia e o número total de canais fluviais identificados, incluindo cursos d'água perenes, intermitentes e efêmeros. Esse parâmetro está diretamente associado à eficiência do sistema de drenagem e à capacidade da bacia em desenvolver novos canais. Ao analisarem a bacia hidrográfica do rio Ivaí, a Dh encontrada foi de 0,23 km.km² que indica a presença de menos de um canal por quilômetro quadrado. Situação semelhante a calculada para a bacia do rio Santa Joana.

4.3 Características do relevo

As informações relacionadas ao relevo da BHRSJ estão sintetizadas na

Tabela 3. A altitude varia entre 36,39 metros (ponto mais baixo) e 1.335,51 metros (ponto mais alto), resultando em uma amplitude altimétrica de 1299,13 metros. A altitude média da bacia é de aproximadamente 433,42 metros.

Tabela 3 - Características do relevo da bacia hidrográfica do rio Santa Joana

Características Físicas	BHRSJ
Razão de relevo (Rr)	0,02
Índice de rugosidade (Ir)	1,46
Razão de textura (Rt)	4,75
Altitude mínima	36,39 m
Altitude máxima	1.335,51 m
Altitude Média	433,42 m

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A altitude exerce influência direta sobre a incidência de radiação solar na região, afetando consequentemente os processos de evapotranspiração, a temperatura do ar e o regime de precipitação. Em áreas de menor altitude, a disponibilidade de energia solar tende a ser mais elevada, o que favorece o aumento das taxas de evapotranspiração (PERUZZO et al., 2022, p. 98; NETO et al., 2023, p.3158). Na

Figura 4 está representada a amplitude de elevação da bacia hidrográfica.

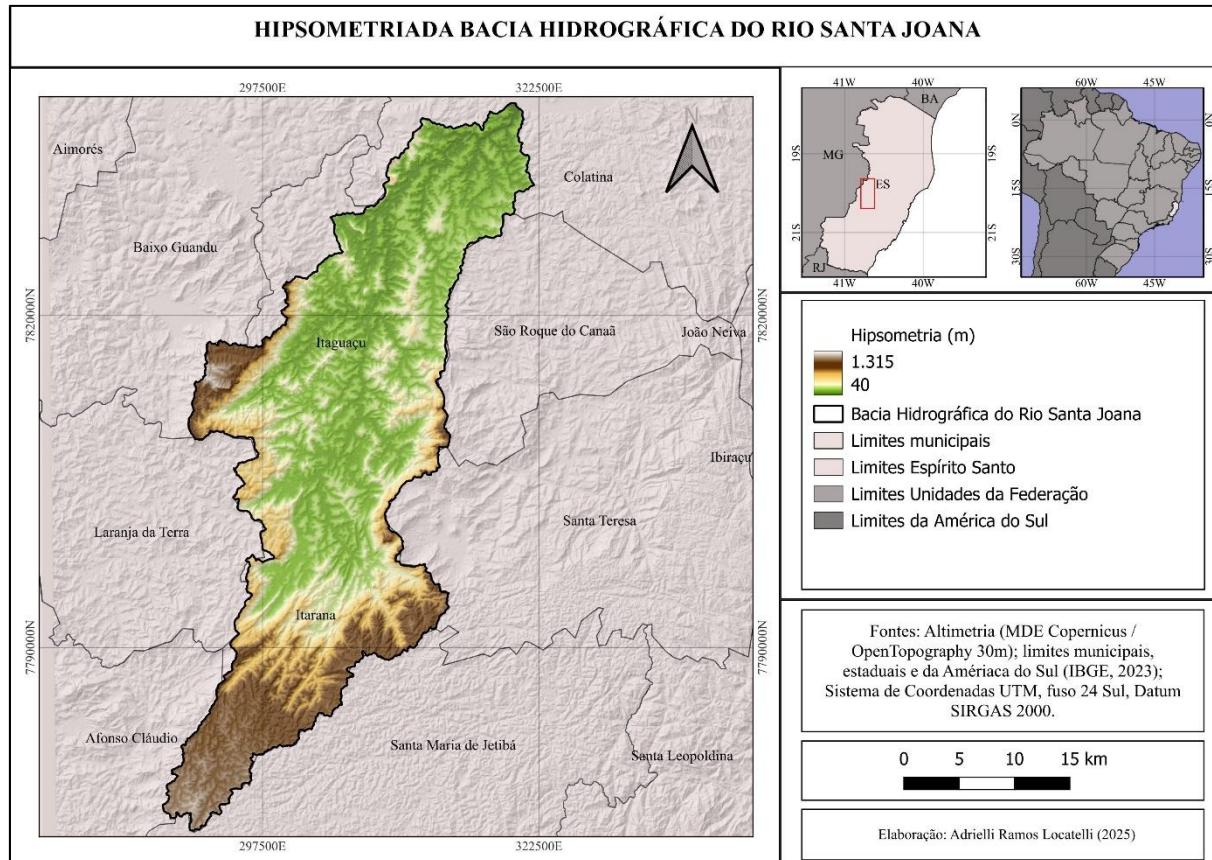


Figura 4 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Santa Joana.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A análise do relevo desempenha um papel essencial na compreensão da dinâmica do escoamento superficial em bacias hidrográficas, uma vez que está diretamente relacionada à energia cinética disponível para o deslocamento da água. Esse tipo de análise contribui para a identificação de áreas com maior suscetibilidade à erosão, além de auxiliar na estimativa da capacidade de retenção hídrica e na avaliação da vulnerabilidade a eventos de inundação em diferentes setores da bacia (SILVA NETO e RODRIGUES, 2023, p.43; NETO et al., 2024, p.160).

Na bacia em estudo, a razão de relevo (Rr) calculada foi de 0,02. Conforme apontado por Bucker et al. (2023, p.2236), esse indicador sofre influência das características geológicas e da morfologia do terreno, sendo que valores mais elevados estão geralmente associados a áreas montanhosas, enquanto valores reduzidos indicam superfícies mais planas ou regiões de vale. Segundo Rossi e Pfeifer (1999, p.146), índices mais altos de Rr refletem terrenos mais acidentados, o que impacta diretamente a relação entre infiltração e escoamento superficial, além de se correlacionar com a densidade de drenagem. O valor obtido está em consonância com as características observadas na área de estudo, conforme ilustrado na **Figura 4** e na **Tabela 3**, que evidenciam que a bacia apresenta altitudes média de 433,42 metros.

O índice de rugosidade (Ir), obtido foi de 1,46, esse valor é considerado baixo indicando que a bacia possui baixa suscetibilidade para a ocorrência de enchentes. Índices elevados de rugosidade indicam que a bacia hidrográfica apresenta tanto uma alta densidade de drenagem

quanto uma significativa variação altimétrica. Isso implica que as vertentes da bacia, além de serem extensas, possuem acentuada declividade, favorecendo o escoamento superficial mais rápido e com maior energia. Valores expressivos desse índice refletem terrenos mais irregulares e escarpados, caracterizados por relevo acidentado e maior potencial para processos erosivos (LEITE et al., 2023, p.11).

A analisar a bacia do Riacho do Navio, Souza et al. (2021, p.1535), obtiveram valores considerados baixos para a razão de relevo (0,38) e o índice de rugosidade (0,0072), indicando que a bacia possui pouca suscetibilidade a enchentes. Esses dados corroboram que a bacia do rio Santa Joana possui baixa propensão a ocorrência de enchentes.

A classificação da declividade foi realizada com base na metodologia proposta pela Embrapa (1979), que define seis categorias de declive. A análise do modelo digital de declividade (**Figura 5**) revela que a maior parte da área da bacia está inserida na classe de relevo fortemente ondulado.

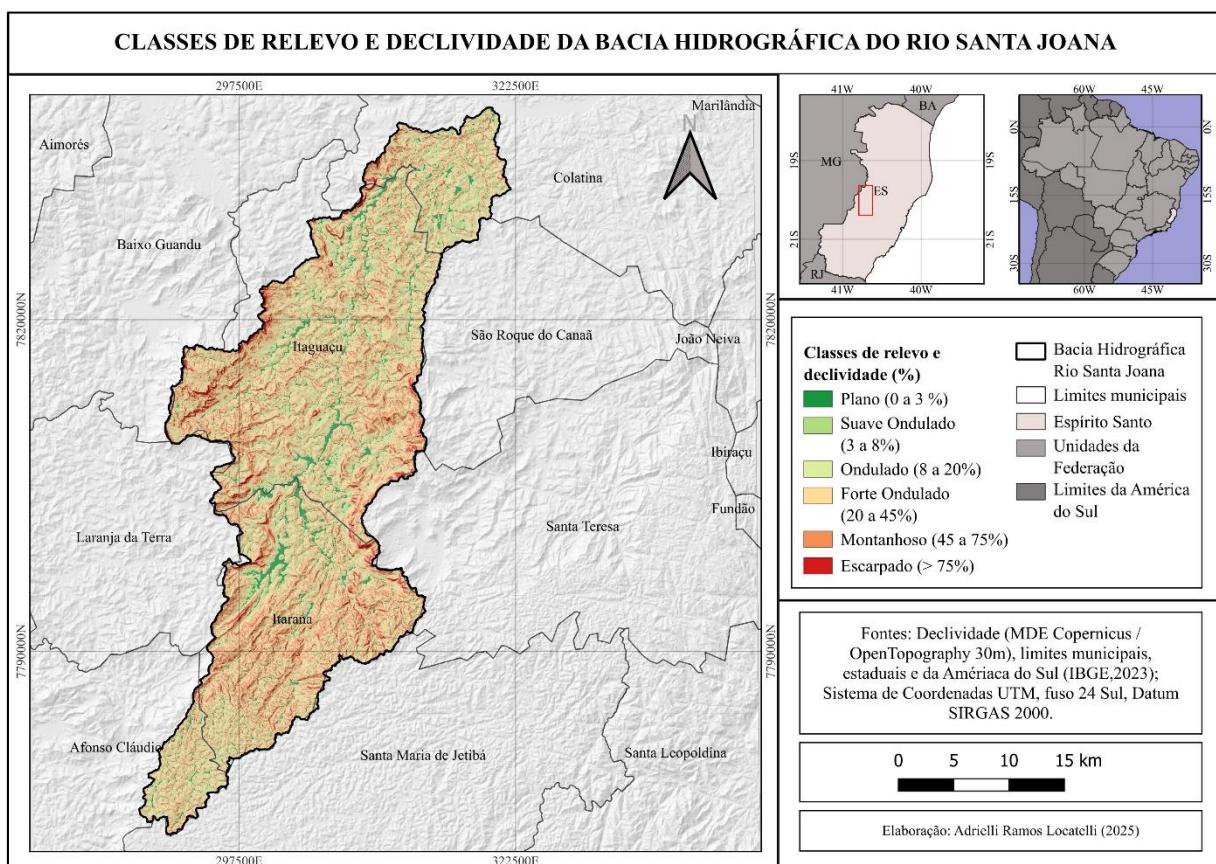


Figura 5 - Declividade da bacia hidrográfica do rio Santa Joana.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A declividade de uma bacia hidrográfica exerce influência direta sobre a velocidade do escoamento superficial, uma vez que está relacionada ao processo de infiltração da água no solo. Em áreas onde houve supressão da vegetação e há ocorrência de chuvas intensas, esse fator contribui para o aumento da erosão e eleva a suscetibilidade a enchentes (Benatti et al., 2015, p.26; SOUZA et al., 2021, p.1537).

O conhecimento da declividade é fundamental tanto para o planejamento e a gestão adequada dos recursos hídricos quanto para o atendimento às exigências da legislação ambiental. Em linhas gerais, áreas mais íngremes apresentam escoamento mais acelerado, reduzindo a infiltração e o tempo de concentração da água, o que potencializa o risco de inundações e acelera os processos de degradação ambiental na bacia (GUARIZ, 2008, p.28; MARTINS et al., 2022, p.123).

A **Figura 6** evidencia a distribuição espacial das diferentes orientações das encostas na bacia hidrográfica do rio Santa Joana. É possível observar que a predominância de vertentes voltadas para nordeste e sudeste tende a intensificar a incidência solar, o que pode influenciar diretamente processos como evapotranspiração, disponibilidade hídrica e padrões de cobertura vegetal. Essas informações são fundamentais para compreender o comportamento microclimático local, além de fornecer subsídios relevantes para o planejamento do uso e ocupação do solo, práticas agrícolas e estratégias de conservação ambiental.

Segundo Benatti et al., (2015, p.27), ao relacionar a declividade do relevo com a orientação das vertentes, torna-se possível identificar as áreas mais expostas à incidência solar. A análise da orientação das vertentes constitui uma ferramenta eficaz para avaliar o grau de insolação, os níveis de umidade e a influência dos ventos, podendo, assim, subsidiar a definição dos usos do solo mais adequados.

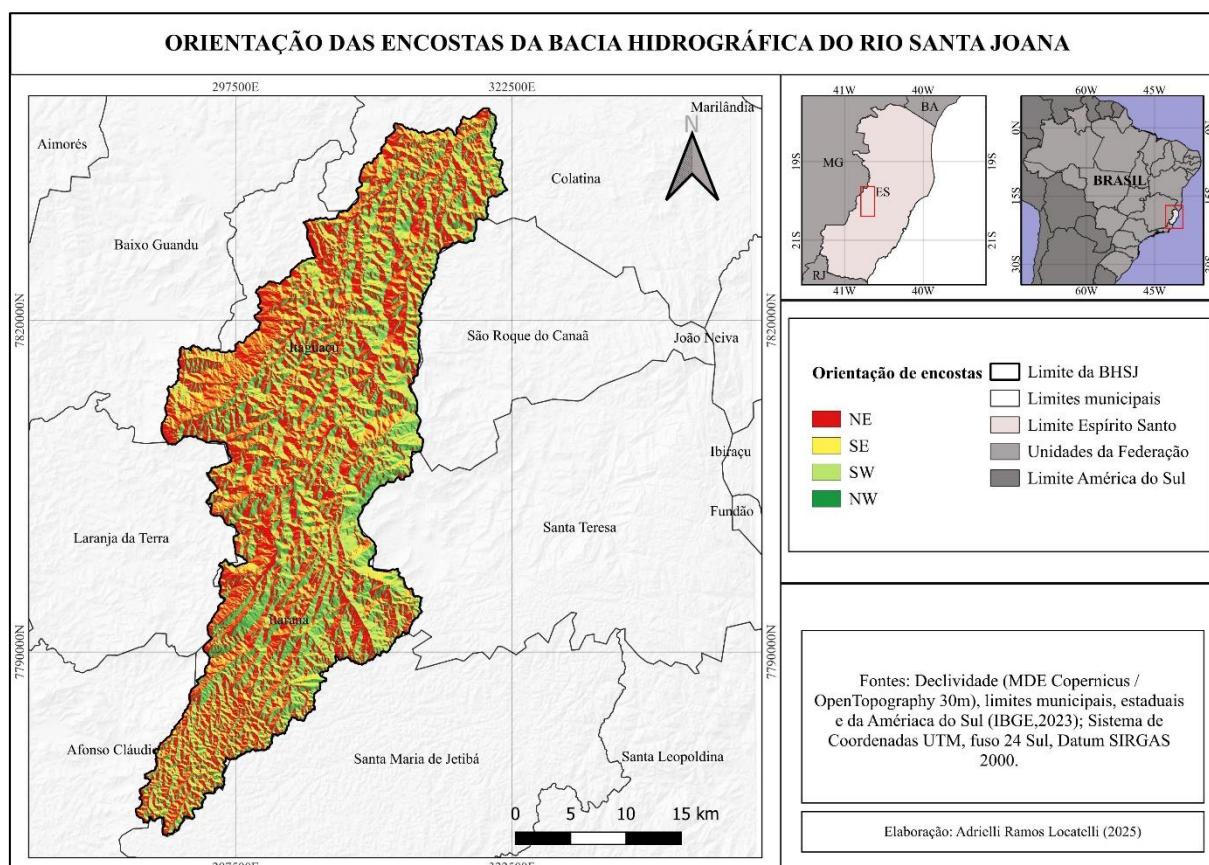


Figura 6 – Orientação das encostas da bacia hidrográfica do rio Santa Joana.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A análise conjunta da declividade e da orientação das encostas na bacia hidrográfica possibilita compreender a relação entre os condicionantes geomorfológicos e a dinâmica do uso do solo (**Figura 5** e **Figura 6**). Nas áreas planas e suavemente onduladas, localizadas principalmente nos fundos de vale, observa-se maior potencial para atividades agrícolas mecanizadas e expansão urbana, desde que acompanhadas de práticas conservacionistas que evitem a compactação e a degradação do solo. Nas classes de relevo ondulado a montanhoso, predominam encostas voltadas para nordeste e sudeste, onde a maior exposição à radiação solar favorece a diversificação de culturas adaptadas a microclimas mais secos. Entretanto, tais áreas apresentam maior suscetibilidade à erosão, demandando técnicas de manejo adequadas para reduzir riscos de perdas de solo e assoreamento dos cursos d'água.

Os solos presentes a bacia estão representados na **Tabela 4** e **Figura 7**, onde é evidenciada a predominância do Latossolo Vermelho-Amarelo (57,57%), seguido do Latossolo Amarelo (16,71%), Cambissolo Háplico (13,12%), Argissolo Vermelho (9,93%), Nitossolo Vermelho (2,45%). Segundo o plano integrado de recurso hídrico da bacia hidrográfica do rio Doce, os solos Latossolos, Cambissolos e Argissolos estão presentes em toda a extensão da bacia, com variações na proporção de ocorrência entre as sub-bacias afluentes. Juntos, esses três tipos de solos correspondem a 90,1% da área total da bacia (PIRH-Doce, 2023, p.34).

Tabela 4 - Classificação do solo da bacia hidrográfica do rio Santa Julia

Classificação do solo	Área (km ²)	Área (%)
Latossolo Vermelho-Amarelo	551,96	57,57
Latossolo Amarelo	148,58	16,71
Argissolo Vermelho	116,66	9,93
Cambissolo Háplico	88,31	13,12
Nitossolo Vermelho	21,79	2,45
Área Urbana	1,94	0,22

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

De acordo com a classificação do SiBCS (2025, p.104), Latossolos são solos constituídos por material mineral e apresentam horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer horizonte diagnóstico superficial, exceto o horizonte hístico. São considerados altamente intemperizados e bastante desenvolvidos do ponto de vista pedogenético, em virtude das intensas transformações sofridas pelo material de origem.

Os Latossolos Vermelho-Amarelo ocorrem em locais bem drenados sendo muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura em profundidade. Esses solos são amplamente empregados na agropecuária, embora possam apresentar restrições de natureza química à expansão do sistema radicular em profundidade, especialmente quando

classificados como álicos, distróficos ou ácricos. Em seu estado natural, costumam apresentar baixos teores de fósforo, o que torna recomendável a aplicação de adubação fosfatada. Outra limitação importante está relacionada à reduzida disponibilidade de água para as plantas (EMBRAPA, 2021b). Esses solos estão associados aos relevos, plano, suave ondulado ou ondulado o (CBH-Doce, 2010).

Por sua vez, os Latossolos Amarelos têm como origem materiais argilosos ou arenosargilosos derivados de depósitos sedimentares da Formação Barreiras, característicos da faixa litorânea brasileira. Apresentam elevada capacidade de retenção de umidade e boa permeabilidade, características que os tornam favoráveis ao uso agrícola, porém, seu uso pode ser limitado devido a compactação (EMBRAPA, 2021a). Se desenvolvem em relevos que variam de plano e suave ondulado a ondulado, o que resulta em uma susceptibilidade à erosão reduzida, variando de nula a ligeira (CBH-DOCE, 2010).

Os Cambissolos Háplicos apresentam fertilidade natural que pode variar conforme suas características específicas. Entre as principais limitações ao uso desses solos, destacam-se o relevo acidentado, a pouca profundidade e a presença de fragmentos pétreos ao longo do perfil (EMBRAPA, 2021c).

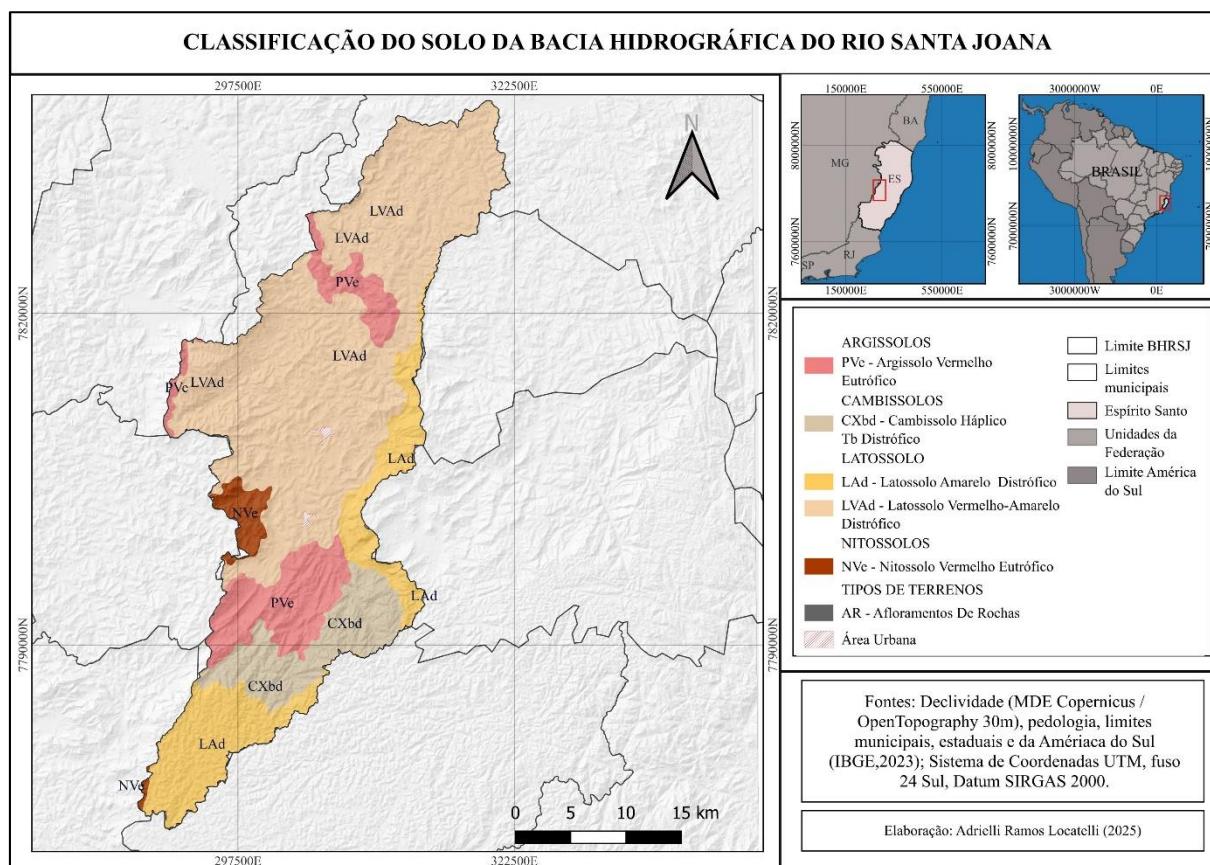


Figura 7 – Classificação dos solos bacia hidrográfica do rio Santa Joana.
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Em relação às formas de uso e ocupação do solo, foram identificadas 13 categorias distintas (

Tabela 5 e Figura 8), englobando áreas com presença de ocupação humana, atividades agropecuárias, solo exposto ou afloramentos rochosos, além de diferentes tipos de cobertura vegetal. A partir da classificação do uso e cobertura do solo, foi observado que a pastagem (286,40 km²), agricultura (170,60 km²) e mata nativa (177,58 km²) ocupam a maior área de solo da bacia.

Tabela 5 - Classificação do solo da bacia hidrográfica do rio Santa Joana

USO E OCUPAÇÃO	ÁREA (KM2)	ÁREA (%)
Pastagem	286,40	32,21
Cultivo Agrícola	170,60	19,18
Mata Nativa	177,58	19,97
Reflorestamento	36,37	4,09
Macega	44,51	5,01
Afloramento Rochoso	43,13	4,85
Massa D'Água	3,66	0,41
Outros	30,21	3,40
Solo Exposto	16,26	1,83
Brejo	2,68	0,30
Área Edificada	2,35	0,26
Campo Rupestre de Altitude	0,90	0,10
Extração Mineração	0,37	0,04

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

No Espírito Santo, estima-se que existam cerca de 1,5 milhão de hectares destinados à pastagem, sendo que aproximadamente 156,4 mil hectares apresentam sinais de degradação, refletindo manejo inadequado (IBGE, 2019). Entre os principais fatores que favorecem esse processo, especialmente em áreas ocupadas por pastagens é a declividade do relevo (SOUZA et al., 2021).

A predominância de pastagens e agricultura, em áreas de relevo fortemente ondulado, potencializa conflitos relacionados ao uso do solo e da água, uma vez que favorece processos erosivos e pode comprometer a disponibilidade hídrica para outros usos. O mapeamento da morfometria, aliado às variáveis de declividade e orientação das encostas, permite antecipar zonas de maior vulnerabilidade, orientando ações que conciliem produção agrícola com a conservação ambiental e a segurança hídrica.

As atividades agrícolas correspondem a 19,18% da área total da bacia, com destaque para o cultivo de café, banana, coco, cana de açúcar e mamão. A forma como o solo é coberto interfere diretamente nos processos de erosão, sendo que práticas agrícolas inadequadas tendem a intensificar a degradação do solo e a promover maiores taxas de erosão. Além disso, a agricultura influencia de maneira significativa a gestão dos recursos hídricos da bacia, uma vez que o uso intensivo do solo pode comprometer a infiltração da água, modificar o regime hidrológico local e reduzir a disponibilidade hídrica para demais finalidades.

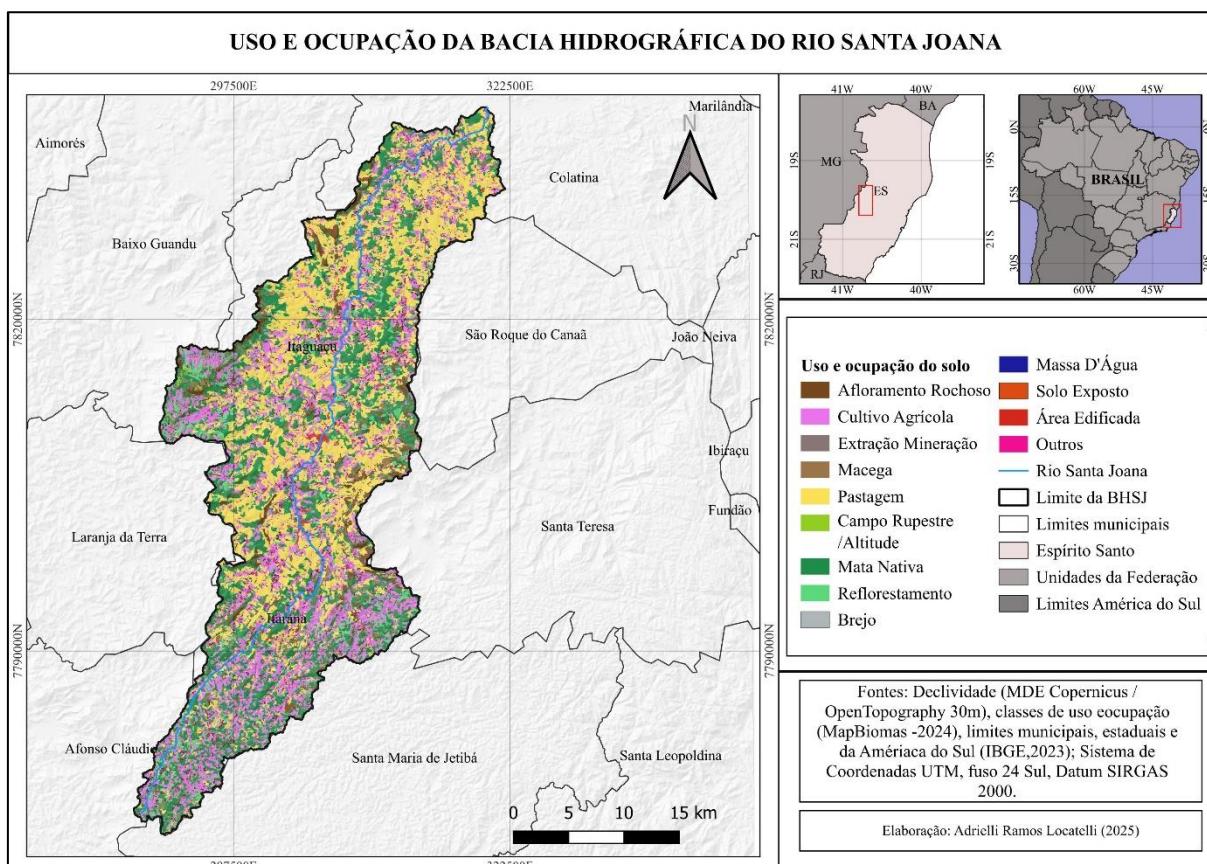


Figura 8 - Uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Santa Joana.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

De acordo com Poleto (2014), as alterações na cobertura do solo provocam redução na infiltração da água no solo e intensificam o escoamento superficial, o que pode desencadear uma série de impactos ambientais. Esse aumento do escoamento contribui para a intensificação dos processos erosivos, instabiliza os canais de drenagem e favorece o assoreamento, além de elevar o risco de inundações, especialmente em áreas urbanizadas.

A forma como o solo é utilizado e ocupado exerce influência direta sobre a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos, sendo particularmente afetada pela expansão urbana, pelo desmatamento e pelas práticas agropecuárias. Os impactos ambientais decorrentes dessas ações variam em função das propriedades do solo, da presença de nutrientes, de contaminantes metálicos e do transporte de sedimentos (CORNELLI et al., 2016; AGUIAR e FIORESE, 2019).

Os resultados encontrados não se restringem a uma caracterização técnica da bacia, mas oferecem informações estratégicas para a tomada de decisão. A identificação de áreas com maior suscetibilidade à erosão, associadas à predominância de pastagens e agricultura, evidencia a necessidade de práticas conservacionistas e de planejamento territorial. Dessa forma, este estudo se coloca como um instrumento de apoio tanto à formulação de políticas públicas quanto ao manejo sustentável no âmbito agrícola e ambiental.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização morfométrica e a análise do relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Joana permitiram identificar um território de formato alongado, baixa densidade de drenagem e predominância de canais retilíneos. O relevo apresenta áreas com declividade fortemente ondulada e altitude média de 433,42 m, onde predominam Latossolos, seguidos por Cambissolos e Argissolos. A análise da orientação das encostas revelou maior concentração de vertentes voltadas para os quadrantes nordeste (NE) e sudeste (SE), seguidas por aquelas direcionadas para sudoeste (SW) e noroeste (NW), fator que influencia tanto a dinâmica hídrica quanto a susceptibilidade a processos erosivos.

Essas características apontam para uma bacia com baixa propensão a enchentes, mas elevada vulnerabilidade à erosão, especialmente em função do uso intensivo por pastagens e agricultura. Nesse sentido, os resultados não se limitam a uma descrição física, mas se configuram como subsídios técnicos relevantes para a gestão integrada dos recursos hídricos e do território.

Conclui-se que a integração da análise morfométrica com a orientação das encostas e a curvatura do relevo amplia a compreensão das dinâmicas ambientais da região, fornecendo informações estratégicas para gestores públicos, agricultores e órgãos ambientais. Assim, este trabalho contribui não apenas para o avanço do conhecimento científico, mas também para o manejo sustentável, a conservação do solo e da água e a mediação de conflitos socioambientais relacionados ao abastecimento hídrico, à produção agrícola e à preservação ambiental. Os resultados desta pesquisa podem subsidiar novas análises ambientais e contribuir para o planejamento territorial e a gestão eficiente dos recursos naturais na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Joana.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Revisão e **Atualização do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce** (PIRH Doce). Brasília, 2023. 460p. Disponível em: <https://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2023/10/1454-ANA-07-RH-RT-0001-R4_Doce.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Revisão e Atualização do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce** (PIRH Doce). Brasília, 2021. 689p. Disponível em: <https://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2022/03/1454-ANA-03-RH-RT-0001-R1_compressed.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Planos de Recursos Hídricos – Gestão das águas**. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/planos-de-recursos-hidricos>>. Acesso em: Acesso em: 16 jun. 2025.

AGUILAR, T. O. de; FIORESE, C. H. U. Uso e ocupação do solo de duas sub-bacias hidrográficas no município de Domingos Martins, estado do Espírito Santo. **Caderno de Ciências Agrárias**, v.11, p.01-10, 2019.

Benatti, D.P., Tonello, K.C., Leite, E.L., Faria, L.C., 2015. Morfometria, uso e ocupação do solo de uma microbacia em Sete Barras, São Paulo. **Irriga**, v.20, n.1, p.21-32, 2015.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 jan. 1997. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=09/01/1997&jornal=1&página=4&totalArquivos=64>>. Acesso em: 08 de jun. 2025.

BHARATH, B. D.; RAMESH, M.; MADDIKEARI, M. *GIS-based morphometric analysis of watersheds in Karnataka, India using ASTER data*. **Geology, Ecology, and Landscapes**, v. 5, n. 1, p.1–13, 2021.

BUCKER, P. O. M.; PONS, N. A. D.; MELLONI, E. G. P. Caracterização morfométrica e análise estrutural da Bacia Hidrográfica do Rio Castelo, Espírito Santo, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 4, p. 2228-2243, 2023.

CARVALHO, A. H. de O.; CASTRO, F. da S.; PENA, F. E. da ROCHA. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego Santa Maria, Ibatiba-ES. **Nucleus**, v. 11, n. 2, p. 317-324, 2014.

CBH-DOCE – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. **Plano de Ações da Região Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce** (PARH-SM Doce). Governador Valadares: CBH-Doce, 2010. Disponível em:<https://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2014/10/PARTH_SM_Doce.pdf

CICILIOtti, L. H. C.; SALES, T. I. M.; ZANETTI, J. Análise morfométrica da bacia hidrográfica utilizando dados de diferentes modelos digitais de elevação do rio Santa Maria do Doce, Espírito Santo. **M-SR: Multi-Science Research**, v.6, n.2, p.23-32, jul/dez. 2023.

COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. S.; GARCIA, G. O. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio da Prata, Castelo, ES. **IRRIGA**, v. 16, n. 4, p. 369-381, 2011.

CORNELLI, R.; SCHNEIDER, V. E.; BORTOLIN, T. A.; CEMIN, G.; SANTOS, G. M. Análise da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de duas sub-bacias hidrográficas do município de Caxias do Sul. **Scientia cum Industria**, n.4, p.1-14, 2016.

CUNHA, D. G.; BACANI, V. M. Uso de MDE e geoprocessamento para a caracterização de bacias hidrográficas urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 24, n. 3, p. 1026–1036, 2019.

DOMINGUES, G. F.; BARBOSA, R. A. B.; CORRÊA, C. C. S. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVEIRA, L. J.; DIAS, H. C. T. Caracterização morfométrica e comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do rio Pardo. **Revista Ifes Ciência**, v. 6, n. 2, p. 03-16, 2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Latossolos Amarelos**. 2021a. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos/latossolos-amarelos>>. Acesso em: 23 jun. 2025.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Latossolos Vermelho-Amarelos**. 2021b. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos/latossolos-vermelho-amarelos>>. Acesso em: 23 jun. 2025.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cambissolos Háplicos**. 2021c. Disponível em <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/cambissolos/cambissolos-haplicos>. Acesso em: 23 jun. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Espírito Santo. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, boletim 45, p.461, 1979.

FIORESE, J. R. Avaliação da vulnerabilidade ambiental à erosão na bacia do Ribeirão Floresta, ES. **Revista Espinhaço**, v. 9, n. 2, p. 93–108, 2020.

GUALDANI, C.; SOBRINHO, F. L. A. Modernização agrícola e os conflitos de uso da água na bacia hidrográfica do rio Urucuia, noroeste de Minas Gerais. **Revista Anpege**, v. 3, n. 38, p. 1–21, 2023.

Guariz, H. R. **Morfometria e atributos físicos do solo da microbacia do córrego Jaqueira-Alegre, ES**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, Espírito Santo, Brasil. 155p. 2008.

HENRIQUE, D. A. Análise geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Córrego Fundo: município de Paraúna-GO. 2014. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

HORTON, R. E. Drainage basin characteristics. **Transactions American Geophysical Union**, v. 13, n. 1, p. 350-361, 1932.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro, 2019.

KIRPICH, Z. P. Time of concentration in small agricultural watersheds. **Civil Engineering**, v. 10, n. 6, 1940, 362 p.

LEAL, M. L.; TONELLO, K. C. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego da Onça (SP). **Revista Geonorte**, v. 7, n. 25, p. 435–448, 2016.

LEITE, R. V., PEIXOTO, M. N. O., FREITAS, F., RAMOS, R. R. C., ARAÚJO, P. F. C. Caracterização morfométrica da bacia do rio Pirapetinga, Resende -RJ. **GeoUERJ** n.42, p.1-29. 2023.

LOPES, J. R. A., BEZERRA, J. M., ALMEIDA, N. M. D. P., COSTA, H. C. G., FERNANDES, G. S. T., GONÇALVES, G. L., MENDONÇA, S. S. C., OLIVEIRA JÚNIOR, M. E. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Açude Grande no semiárido do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, p. 429-442. 2022.

MACHADO, R. A. S.; LOBÃO, J. S. B.; VALE, R. M. C.; SOUZA, A. P. M. J. Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte a definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. In: **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, INPE, 2011, p.1441-1448.

MARTINS, D. D. S.; CAMARGO, R. V.; MACIEL, G. F.; SERRA, J. C. V.; ZUKOSWKI JUNIOR, J. C. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras no município de Palmas - TO. **Revista AIDIS de Ingeniería Y Ciencias Ambientales. Investigación, Desarrollo Y práctica**, v. 14, p. 377-391, 2021.

MARTINS, C. F. V.; BAHIA, D. S. G.; DOLL, K. M.; SILVA, D. T. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Piauitinga, SE. **Journal Of Environmental Analysis And Progress**, v. 7, n. 2, p.117-126, 2022.

MELO, D. O. S., SANTOS, L. S., BARBOSA, A. G., MENDES, L. A. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Real pelo uso de dados SRTM e tecnologias SIG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, p. 3553-3570, 2020.

MELTON, M. **An Analysis of the Relations Among Elements of Climate, Surface Properties and Geomorphology**. Department of Geology, Columbia University, Technical Report, 11, Project NR 389-042. Office of Navy Research, New York, 1957.

MOSCA, A. A. O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas.** Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba, São Paulo, Brasil. 2003, 120p.

NETO, A. G. P.; SILVA, S. R. da; CORRÊA, M. M.; FELIPETTO, H. dos S. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Fragoso, Pernambuco, Brasil. **Revista Geografia Acadêmica**, v.18, n.2, p. 147-169, 2024.

NETO, A. G. P.; SILVA, S. R. da; BARBOSA, I. M. B. R. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Duas Unas, em Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.16, n.6, p.3149-3167, 2023.

PEIXOTO, F. S.; DIAS, G. H.; FILGUEIRA, R. F.; DANTAS, J. Caracterização hidrológica e do uso e cobertura da terra no alto curso da bacia hidrográfica do rio do Carmo – RN/Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, n. 43, v. 2, p. 138-158, 2021.

PERUZZO, J. S.; SILVINO, G. S.; ARAUJO, M. C. Caracterização morfométrica das microbacias hidrográficas inseridas no município e Itaporanga (PB). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**. v.13, n.3, p. 92-104, 2022.

POLETO, C. (Org.) **Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos**. Rio de Janeiro: **Editora Interciência**, 2014. 272 p.

RAIOL, L. L.; FERREIRA, M. T.; SANTOS, D.C. R.; HAYASHI, S. N. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Caripi, Zona Costeira Amazônica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.15, n.5, p. 2354-2370, 2022.

ROSSI, M.; PFEIFER, R.M. Remoção de material erodido dos solos de pequenas bacias hidrográficas no Parque Estadual da Serra do Mar em Cubatão (SP). **Bragantia**, v. 58, n.1, p.141-156, 1999.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; LIMA, H. N.; MARQUES, F. A.; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 6. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2025. 393 p. ISBN 978-65-5467-104-0. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1176834/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>>. Acesso em: 10 jul. 2025.

SANTOS, V.; PESSOA, N. M.; BERLANDA, A.; BECEGATO, V. A. Estudo morfométrico e de susceptibilidade à enchentes e inundações com o auxílio de geotecnologias na bacia hidrográfica do rio Desquite, Otacílio Costa-SC. **Geoambiente On-line**, n. 45, 2023.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Geological Society Of America Bulletin**, v. 67, n. 5, p. 597-646, 1956.

SCHUMM, S. A. A tentative classification of alluvial river channels. **US Geological Survey Circular**, 1963, 477 p.

SOUZA, E. G. F.; NASCIMENTO, A. H. C.; CRUZ, E. A.; Pereira, D. F.; Silva R. S.; Silva, T. P.; Freire, W. A Delimitação e caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do

Riacho do Navio, Pernambuco, a partir de dados SRTM processados no QGIS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.3, p.1530-1540, 2021.

SOUZA, C. F.; PERTILLE, C. T.; CORRÊA, B. J. S.; VIEIRA, F. S. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí, Paraná. **Geoambiente On-Line**, v. 29, 2017.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions, American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological society of America bulletin**, v. 63, n.11, p. 1117-1142, 1952.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L. DE; RIBEIRO, C. A. A. S. R.; LEITE, F. P. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães-MG. **Revista Árvore**, n. 30, p. 849-857, 2006.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

WANG, L.; H. LIU. An efficient method for identifying and filling surface depressions in digital elevation models for hydrologic analysis and modelling. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, n. 2, p.193-213, 2006.

YANG, J.; EL-KASSABY, Y. A.; GUAN, W. The effect of slope aspect on vegetation attributes in a mountainous dry valley, Southwest China. **Scientific Reports**, v. 10, p.1-11, 2020.