



Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapacurá, Pernambuco, Brasil

Morphometric characterization of the Tapacurá river basin, Pernambuco, Brazil

Amaury Gouveia Pessoa Neto ✉ 

Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

E-mail para correspondência: agpn@poli.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6320-8066>

Recebido (Received): 06/08/2022

Aceito (Accepted): 02/10/2023

Resumo: A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica representa um importante mecanismo à gestão dos recursos hídricos, pois está diretamente relacionada ao seu regime hidrológico. Essas características podem ser obtidas a partir do processamento de Modelos Digitais de Elevação (MDE) em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). O presente estudo buscou analisar as características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Tapacurá, sub-bacia do rio Capibaribe que está localizada entre as mesorregiões Zona da Mata e Agreste do estado de Pernambuco, por meio de MDE proveniente de perfilamento a laser aerotransportado (LiDAR). Foi realizada a delimitação automática da bacia, a extração da sua rede hidrográfica e, conseqüentemente, a obtenção de seus parâmetros morfométricos geométricos, hidrográficos e de relevo. Pelos resultados, foi verificado que a bacia do rio Tapacurá possui um formato alongado, conferindo baixa propensão à enchentes, abrange um sistema de drenagem regular, seu canal principal tem um formato divagante e apresenta cotas altimétricas que variam de 40,06 m a 576,30 m. O conhecimento dessas características configura um importante instrumento na gestão e planejamento dos recursos hídricos da região, podendo ser utilizado como subsídio à tomada de decisão por gestores e/ou profissionais da área, a fim de fundamentar a elaboração de políticas públicas que proporcionem a convivência harmoniosa entre a população e os recursos hídricos.

Palavras-chave: Modelos Digitais de Elevação; Recursos Hídricos; Sistema de Informações Geográficas.

Abstract: The morphometric characterization of a river basin represents an important mechanism for the management of water resources, as it is directly related to its hydrological regime. These characteristics can be obtained from the processing of Digital Elevation Models (DEM) in a Geographic Information System (GIS) environment. The present study sought to analyze the morphometric characteristics of the Tapacurá river basin, a sub-basin of the Capibaribe river that is located between the Zona da Mata and Agreste mesoregions of the state of Pernambuco, using DEM from airborne laser profiling (LiDAR). The automatic delimitation of the basin was carried out, the extraction of its hydrographic network and, consequently, the obtaining of its geometric, hydrographic and relief morphometric parameters. From the results, it was verified that the Tapacurá river basin has an elongated shape, giving it a low propensity to floods, encompasses a regular drainage system, its main channel has a rambling shape and has elevations that vary from 40.06 m to 576.30 m. Knowledge of these characteristics constitutes an important instrument in the management and planning of water resources in the region, and can be used as a support for decision-making by managers and/or professionals in the area, in order to support the development of public policies that provide harmonious coexistence between the population and water resources.

Keywords: Digital Elevation Models; Water Resources; Geographic Information System.

1. Introdução

Bacias hidrográficas podem ser definidas de forma geral, como uma região drenada por um rio principal e seus afluentes, em que as águas precipitadas que são captadas convergem para um único ponto de saída, denominado exutório ou foz, ou infiltram no solo formando as nascentes e lençóis freáticos (MENDES, 2018; DUARTE *et al.*, 2019; ALBUQUERQUE *et al.*, 2020; LIMA *et al.*, 2020; MARTINS *et al.*, 2022; CARVALHO *et al.*, 2023). Esta pode ser especialmente delimitada por um divisor topográfico determinado

por uma linha imaginária que liga pontos de maiores altitudes região em função da direção de fluxo, e que forma a área de contribuição desta bacia hidrográfica (SILVA *et al.*, 2020; SOUZA *et al.*, 2021).

No Brasil, as bacias hidrográficas são constituídas como unidades territoriais de planejamento político, hídrico e social, conforme a Lei Federal nº 9.433/97, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 1997). Estes territórios apresentam elementos físicos, biológicos e humanos, os quais interagem, abrangendo processos geomorfológicos, hidrológicos e socioambientais (VALE; BORDALO, 2020; SANTOS *et al.*, 2023). Assim, segundo Parente *et al.* (2020), por se compreender como uma unidade de planejamento que envolve fatores de particularidades distintas e abranger vários elementos naturais e antrópicos, que estão em constante interação, é indispensável o conhecimento de todas as características de uma bacia hidrográfica.

Nesse sentido, de acordo Cunha e Bacani (2019), as características morfométricas de uma bacia hidrográfica desempenham um papel fundamental nos processos do ciclo hidrológico, influenciando diretamente em diversos componentes, tais como, a infiltração, a evapotranspiração e nos escoamentos superficial e subsuperficial, como também na quantidade de água produzida e manutenção da vegetação. De maneira geral, a caracterização morfométrica é primordial para o conhecimento das particularidades de uma bacia hidrográfica, o que colabora com sua manutenção sustentável, uma vez que define seus aspectos geométricos, hidrológicos e de relevo, possibilitando a detecção de quais são as fragilidades e/ou potencialidades presentes no sistema, como: propensão a enchentes, suscetibilidade a assoreamento, degradação ocasionada por processos erosivos e entre outras (MARTINS *et al.*, 2021; BUCKER *et al.*, 2023).

Para obtenção das características morfométricas de bacias hidrográficas, a utilização geoprocessamento entra em destaque. Plataformas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são capazes de conferir flexibilidade e precisão na determinação dos resultados, somando-se à grande capacidade de manipulação e armazenamento de informações com alta resolução espacial, possibilitando a avaliação e monitoramento, de maneira quantitativa e qualitativa, de fenômenos e eventos ambientais, fornecendo informações que sustentam e amparam as tomadas de decisões por órgãos públicos ou privados (DOMINGUES *et al.*, 2020; CRISPIM *et al.*, 2021; SERVIDONI *et al.*, 2021; ESTEVES *et al.*, 2023).

O processamento de Modelos Digitais de Elevação (MDE), que podem ser oriundos de dados *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) ou perfilamento a *laser* aerotransportado (LiDAR), são capazes de determinar a direção de fluxo do escoamento superficial da água, a área, o perímetro, o comprimento da rede hidrográfica e as cotas altimétricas de uma bacia hidrográfica (PESSOA NETO *et al.*, 2021). Esses parâmetros, quando são relacionados por modelos matemáticos propostos por Horton (1932, 1945), Kirpich (1940), Müller (1953), Schumm (1956, 1963), Melton (1957), Strahler (1957), Christofolletti (1969) e Villela e Mattos (1975), definem suas características morfométricas (ALVES *et al.*, 2020).

Dentro do contexto da caracterização morfométrica de bacias hidrográficas por meio de SIG, Chandra e Gidde (2019) avaliaram a bacia hidrográfica do rio Baltira, na Índia, por meio do *software* QGIS; Moretto *et al.* (2019) estudaram a bacia do arroio Sauce Corto, na Argentina, pretendendo determinar os riscos de inundação do local; Venkatesh e Anshumali (2019), através de MDE oriundos de dados SRTM e mapas topográficos, analisaram a bacia do rio Betwa, na Índia Central; Abdeta *et al.* (2020) analisaram a sub-bacia de Gidabo, no Vale do Rift da Etiópia, com a utilização de MDE com resolução de 30 m, por meio do *software* ArcGIS; Arabameri *et al.* (2020), com a utilização de MDE com resolução espacial de 12,5 m, analisaram a bacia do Kalvari, no Irã; Tome Hernández e Villarreal Manzo (2022) analisaram a bacia do rio Huitzilac, no México, a fim de entender sua dinâmica superficial.

Em cenário nacional, também é comum a realização de estudos sobre a extração de características morfométricas de bacias hidrográficas. Alguns desses estudos puderam ser elencados, os quais abrangem diversas regiões do Brasil como as bacias hidrográficas do igarapé Carrapato, em Roraima (FARIA *et al.*, 2017); do rio Ribeirão, na Amazônia Ocidental (MARINHO *et al.*, 2021); do rio Grande, oeste da Bahia (BORGES *et al.*, 2020); do riacho das Garças (ALVES; BARROS, 2021) e do rio Pirapama (PESSOA NETO, 2023), em Pernambuco; do ribeirão Santo Antônio, em Goiás (BATISTA *et al.*, 2017); do rio Darro, no Mato Grosso (ROSSETE *et al.*, 2021); do rio Pardinho, no Espírito Santo (FIORESE, 2021); do ribeirão do Peixe, em Minas Gerais (ALMEIDA *et al.*, 2022); do rio Tibagi, no Paraná (PERTILLE *et al.*, 2017); e do rio Itajaí, em Santa Catarina (GERBER *et al.* 2018).

A bacia hidrográfica do rio Tapacurá, em Pernambuco, abrange áreas com baixas declividades e densamente urbanizadas, além disso possui um reservatório que é utilizado como manancial de abastecimento de parte da Região Metropolitana do Recife (RMR). Dessa forma, conhecer as suas características morfométricas é fundamental para subsidiar a gestão adequada dos seus recursos hídricos, de modo a proporcionar uma convivência harmoniosa entre a população e a água. Diante do exposto, o presente

estudo teve como objetivo analisar as características morfométricas da referida unidade territorial, a partir de MDE de alta resolução e proveniente de perfilamento a *laser* aerotransportado (LiDAR), a fim de contribuir na gestão e planejamento dos recursos hídricos dessa região.

2. Metodologia

2.1. Localização e caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Tapacurá constitui-se como uma sub-bacia do rio Capibaribe e está localizada entre as mesorregiões da Zona da Mata e do Agreste Pernambucano (MIRANDA *et al.*, 2017; XAVIER; SILVA, 2018), compreendida entre as coordenadas UTM (Fuso 25 S) 270.350,7572mE e 224.565,0392mE, e 9.118.808,3437mN e 9.090.889,9817mN, abrangendo os municípios de Vitória de Santo Antão, Pombos, São Lourenço da Mata, Gravatá, Moreno e Chã Grande, como apresenta a **Figura 1**.

Seu canal principal, o rio Tapacurá, tem sua nascente no município de Chã Grande e seu exutório no rio Capibaribe, em São Lourenço da Mata. Atende a uma vazão média de 6,1 m³/s e a uma vazão máxima de 50,7 m³/s, sobretudo em períodos chuvosos (LORENA *et al.*, 2018). Nele está situada uma barragem homônima, cuja capacidade máxima de acumulação é de 94,20 milhões de m³ e sua finalidade é abastecer cerca de 40% da Região Metropolitana do Recife (RMR), além de controlar enchentes no rio Capibaribe (BRAGA *et al.*, 2021; GUSMÃO *et al.*, 2021). Também se destaca, nesta bacia, a presença da barragem Várzea do Una, que abastece os municípios de Camaragibe e São Lourenço da Mata, ambos situados na RMR.

Acerca da geomorfologia da região, conforme Xavier e Silva (2018), a bacia é representada, em grande parte, por colinas e cristas. As colinas são predominantes na bacia, estando presentes do exutório até a parte leste do município de Pombos, enquanto que na porção mais ocidental da região, as colinas vão cedendo lugar aos relevos mais contínuos e orientados, constituindo as cristas (XAVIER; SILVA, 2018).

A morfoestrutura da bacia é caracterizada pelo predomínio de rochas do complexo gnáissico-magmático indiscriminado constituídas no paleoproterozóico, contemplando feições intensamente retrabalhadas, sobretudo, nas direções NW a SW, o que colabora no estabelecimento de uma área de captação e produção de maior fluxo de escoamento das águas superficiais (MIRANDA *et al.*, 2017).

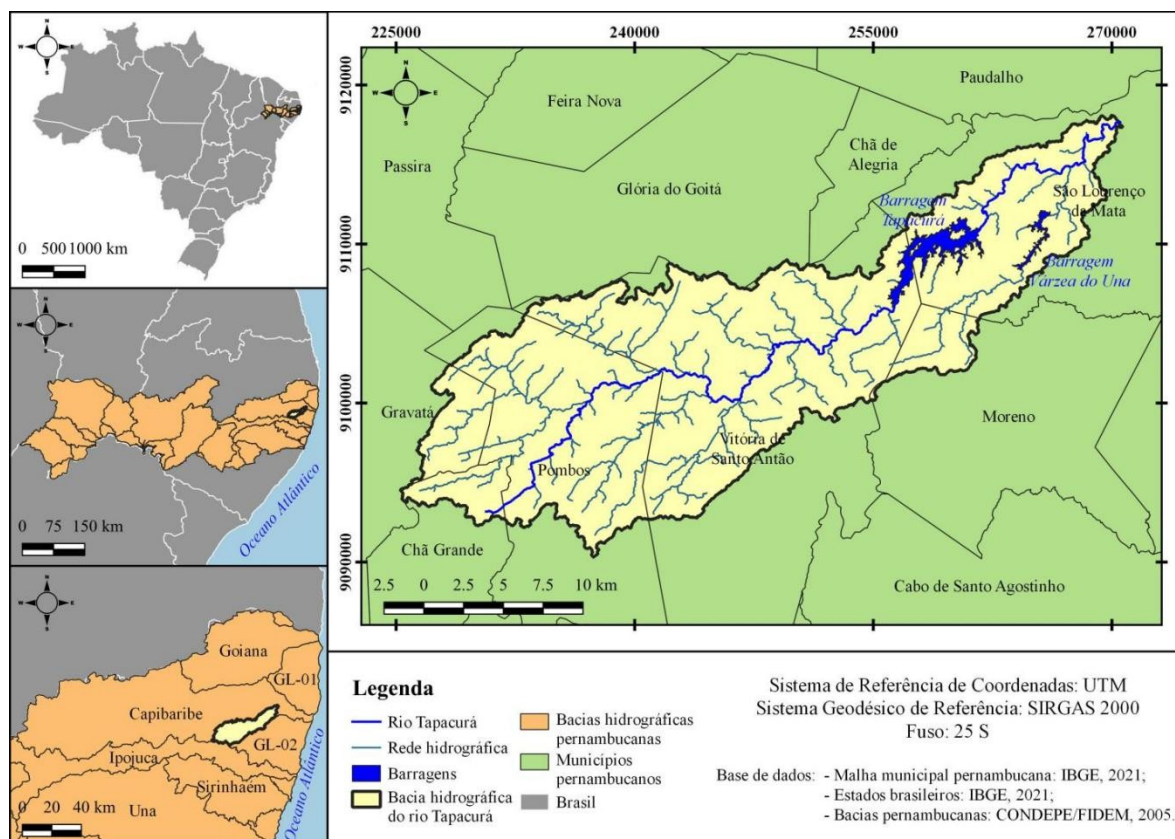


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Tapacurá.

Quanto à pedologia, maior parte da região abrange os Argissolos vermelho-amarelos e Argissolos amarelos (MIRANDA *et al.*, 2017). Ainda de acordo com os autores, é constatada na bacia a deficiência da capacidade de infiltração dos solos, devido a existência de um horizonte B subsuperficial com um expressivo teor de argila. Também é verificada a presença do Latossolo, sendo profundos e bem drenados, e do Gleissolo nos fundos de vales estreitos (MIRANDA *et al.*, 2017).

Em relação ao uso e cobertura da terra, segundo levantamento realizado por meio do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomas), a classe da agricultura é predominante na bacia, representada, sobretudo, pelo cultivo de cana-de-açúcar, mas também por lavouras de subsistência; a pecuária ocupa segundo lugar de destaque, sendo predominantemente bovina; a cobertura florestal é composta por resquícios de Mata Atlântica e vegetação campestre; por fim, a área urbana da bacia é representada, praticamente, pelas cidades de Vitória de Santo Antão e Pombos (XAVIER; SILVA, 2018; BRAGA *et al.*, 2021; MAPBIOMAS, 2023).

A bacia apresenta índices pluviométricos médios máximo e mínimo mensais de 230,00 mm e 21,00 mm, respectivamente, e média anual de 1.210,00 mm, sendo o período chuvoso compreendido pelos meses de março a julho, podendo atingir, sobretudo em eventos extremos, valores acima do índice de precipitação médio máximo (SILVA *et al.*, 2010; BRAGA *et al.*, 2021). A temperatura média mensal da bacia oscila entre 23 e 27 °C, enquanto a umidade relativa do ar, durante os meses de maio a agosto é superior a 75% (BRAGA *et al.*, 2021).

A escolha da bacia hidrográfica do rio Tapacurá como região de estudo se deu por apresentar específicas características físico-naturais e formas de cobertura do solo, tornando o conhecimento das suas características morfométricas de grande importância para avaliação de seu comportamento hidrológico.

2.2. Aquisição e tratamento do MDE

Para realizar a delimitação e obtenção das características morfométricas da bacia do rio Tapacurá foi utilizado um MDE, em formato matricial (grade regular), de resolução espacial de 30 m, cedido pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), o qual foi obtido a partir do Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D). Este programa foi executado pela Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos (SRHE) do estado de Pernambuco, o qual, por meio de uma varredura a laser do terreno (LiDAR), realizou um mapeamento de todo o estado pernambucano que permitiu obter com rapidez e qualidade as informações altimétricas com resoluções espaciais de 1 m e 0,5 m, em escalas respectivas a 1:5000 e 1:1000 (CIRILO *et al.* 2014).

Vale salientar que no Brasil, o perfilamento a *laser* aerotransportado (LiDAR) é uma das tecnologias mais atuais para a obtenção de MDE, oferecendo alta precisão e menor intervalo de tempo (ARAÚJO *et al.*, 2018). Por capturar uma alta densidade de pontos, essa tecnologia permite que a vegetação seja segregada, fazendo com que o solo e outros elementos notáveis abaixo das árvores sejam representados com maior exatidão. Diversos estudos, sobretudo internacionais, vêm utilizando dados de sensor LiDAR para análise de bacias hidrográficas, principalmente para realização de caracterização morfométrica, permitindo o conhecimento das restrições, potencialidades e/ou propensões específicas da bacia de maneira mais precisa (SOARES; GALVÍNCIO, 2020).

O MDE adquirido foi processado no *software* livre QGIS (versão 3.10.9), onde, inicialmente, seus sistemas de coordenadas e geodésico foram reprojatados para UTM (fuso 25S) e SIRGAS 2000, respectivamente. Logo após essa etapa, os *pixels* espúrios foram eliminados através da função *r.fill.dir*, encontrada na Caixa de Ferramentas do referido programa, tornando o arquivo em um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC). De acordo com Alves Sobrinho (2010), esse tipo de processamento é necessário, porque os *pixels* espúrios representam empecilhos ao escoamento durante a aplicação de modelos hidrológicos, sedimentológicos e de poluentes de origem difusa.

2.3. Delimitação automática da bacia

Após a etapa do tratamento do MDE, por meio da função *r.watershed* foi possível gerar camadas, no formato *raster*, com informações sobre as direções de fluxo e a declividade da região. Através desses arquivos, com a utilização da função *r.water.outlet* e a determinação do ponto de exutório, foi possível realizar a delimitação automática da bacia. Como a camada da bacia foi gerada em formato matricial, foi necessário realizar sua conversão para um arquivo no formato vetorial, do tipo polígono, para que fosse possível a extrair os valores geométricos, como área e perímetro.

2.4. Caracterização morfométrica da bacia

A partir da utilização do SIG para obtenção das camadas referentes às áreas de drenagem e rede hidrográfica da bacia do rio Tapacurá, a caracterização morfométrica foi realizada por meio de modelos matemáticos que relacionam as suas características geométricas, a rede de drenagem e o relevo. Os valores dos parâmetros obtidos de forma automatizada foram gerados a partir do *software* livre QGIS (versão 3.10.9).

2.4.1. Características geométricas

- Área da bacia (A): É a superfície total da bacia (SCHUMM, 1956). Esse parâmetro é o elemento básico para obtenção de outras características morfométricas (SANTOS et al., 2018). A área da bacia em estudo, dada em km², foi obtida de forma automática a partir da criação, por meio da tabela de atributos da camada, de uma coluna, em que foi utilizada a função \$area da “calculadora de campo”.
- Perímetro da bacia (P): Geralmente dado em km, é o comprimento do divisor topográfico (SCHUMM, 1956). Assim como a área, o perímetro da bacia estudada foi obtida de forma automática, a partir da função \$perimeter da “calculadora de campo”.
- Comprimento axial da bacia (La): É o comprimento entre o exutório e o ponto mais longínquo da bacia (SCHUMM, 1956). A partir da obtenção das coordenadas desses pontos, pelo QGIS (versão 3.10.9), foi calculado o comprimento axial da bacia do rio Tapacurá, em km.
- Largura média da bacia (Lm): Razão entre a área e o comprimento axial da bacia (HORTON, 1945). Esse parâmetro foi determinado a partir do modelo apresentado na Equação 1.

$$L_m = \frac{A}{L_a} \quad (\text{Eq. 1})$$

- Coeficiente de compacidade (Kc): Relaciona a forma da bacia com um círculo (Equação 2). Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia (HORTON, 1945).

$$K_c = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (\text{Eq. 2})$$

- Fator de forma (Kf): Como apresenta a Equação 3, é a razão entre a área e o quadrado do comprimento axial da bacia (HORTON, 1945).

$$K_f = \frac{A}{(L_a)^2} \quad (\text{Eq. 3})$$

- Índice de circularidade (Ic): Relação entre a área e o perímetro da bacia (Equação 4). Tende a um, à medida que se aproxima da forma circular (MÜLLER, 1953).

$$I_c = 12,57 \times \frac{A}{P^2} \quad (\text{Eq. 4})$$

- Razão de alongação (Re): Definida pela relação entre índices pré determinados (Equação 5), a área e o comprimento axial da bacia (SCHUMM, 1956).

$$R_e = 1,128 \times \frac{\sqrt{A}}{L_a} \quad (\text{Eq. 5})$$

2.4.2. Características hidrográficas

- Comprimento do canal principal (L): É o comprimento entre a nascente e o exutório do rio principal (HORTON, 1932). Para a bacia em estudo, o comprimento do rio principal, em km, foi determinado automaticamente pela função \$length da “calculadora de campo”.
- Comprimento do talvegue do canal principal (Ltal): Distância, em linha reta, entre a nascente e o exutório do rio principal (HORTON, 1932). Por meio das coordenadas dos pontos que definem a nascente e o exutório do rio Tapacurá, definidas pelo QGIS (versão 3.10.9), foi calculado o comprimento do seu talvegue, em km.

- Comprimento total da rede hidrográfica (L_t): Somatório de todos os cursos d'água da bacia (HORTON, 1932). Calculado de maneira automática, em km, pela utilização, respectivamente, das funções *length* e *sum* da “calculadora de campo”.
- Densidade de drenagem (D_d): Correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica (HORTON, 1932). É dada em km/km² e foi obtida conforme a Equação 6.

$$D_d = \frac{L_t}{A} \quad (\text{Eq. 6})$$

- Sinuosidade (S): É definida pela relação entre o comprimento do rio principal e o comprimento do talvegue, como apresenta a Equação 7 (SCHUMM, 1963).

$$S = \frac{L}{L_{\text{tal}}} \quad (\text{Eq. 7})$$

- Índice de sinuosidade (I_s): Relação expressa em porcentagem entre o comprimento rio principal e o comprimento do talvegue do rio principal (Equação 8) (SCHUMM, 1963).

$$I_s = 100 \times \frac{(L - L_{\text{tal}})}{L} \quad (\text{Eq. 8})$$

- Tempo de concentração (T_c): Tempo, comumente dado em horas, que a água leva do ponto mais distante até o exutório da bacia (KIRPICH, 1940), o qual pode ser obtido pela Equação 9.

$$T_c = 85,2 \times \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,358} \quad (\text{Eq. 9})$$

- Ordem da bacia: Classificação hierárquica da bacia (STRAHLER, 1957). Realizada pela função *channel network and drainage basins*, a classificação hierárquica da área em estudo seguiu a ordenação proposta pelo Método de Strahler.

2.4.3. Características de relevo

- Altitudes máxima ($H_{\text{máx}}$) e mínima ($H_{\text{mín}}$): São as cotas altimétricas de maior e menor valor de elevação, respectivamente. Obtidas, em metros, pelo MDE da região.
- Amplitude altimétrica (ΔH): Diferença entre as altitudes máxima e mínima da bacia (Equação 10) (STRAHLER, 1957).

$$\Delta H = H_{\text{máx}} - H_{\text{mín}} \quad (\text{Eq. 10})$$

Declividade do rio principal: Relação da amplitude altimétrica e do comprimento do rio principal (VILLELA E MATOS, 1975). Para esse parâmetro, foram utilizadas duas categorias: a declividade baseada nos extremos (S_1), que é determinada pela razão entre a amplitude altimétrica e o comprimento do canal principal (Equação 11), e a declividade obtida a partir das altitudes a 10% e 85% (S_{10-85}) do comprimento do rio, sendo esse comprimento medido a partir de seu exutório (Equação 12). Em ambos os casos, as declividades foram geradas na unidade m/km.

$$S_1 = \frac{\Delta H}{L} \quad (\text{Eq. 11})$$

$$S_{10-85} = \frac{H_{85\%} - H_{10\%}}{0,75 \times L} \quad (\text{Eq. 12})$$

- Índice de rugosidade (I_r): Relação entre a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem (MELTON, 1957). Definida pelo modelo apresentado na Equação 13.

$$I_r = \Delta H \times D_d \quad (\text{Eq. 13})$$

- Perfil longitudinal do rio principal: Produzido a partir do MDE da bacia, representa a variação de cotas altimétricas ao longo do comprimento do rio principal.
- Curva hipsométrica: É a representação gráfica da relação entre a área ocupada pela referida altitude da bacia hidrográfica. Esse fator pode ser representado por dados absolutos (onde o eixo x apresenta a área e o eixo y a altitude) ou relativos (em percentuais da área e altitude máxima). Para a bacia do rio Tapacurá, o gráfico foi obtido pela função “Curvas hipsométricas”, a partir do MDE da região.

Por fim, foi realizada uma classificação dos parâmetros morfométricos determinados, conforme relação descrita no **Tabela 1**.

Tabela 1: Valores de referência para classificação dos parâmetros morfométricos.

Parâmetro	Intervalo	Unidade	Descrição	Fonte
Características Geométricas				
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,00 - 1,25	-	Bacia com alta propensão à enchentes.	HORTON, 1945
	1,26 - 1,50		Bacia com tendência mediana à enchentes.	
	> 1,50		Bacia não sujeita à enchentes.	
Fator de forma (Kf)	< 0,50	-	Bacia não sujeita à enchentes.	HORTON, 1945
	0,50 - 0,75		Bacia com tendência mediana à enchentes.	
	0,76 - 1,00		Bacia sujeita à enchentes.	
Índice de circularidade (Ic)	< 0,50	-	A bacia possui forma alongada.	MÜLLER, 1953
	0,51 - 0,75		A bacia possui forma intermediária.	
	0,76 - 1,00		A bacia possui forma circular.	
Razão de alongação (Re)	< 0,50	-	A bacia possui forma muito alongada.	SCHUMM, 1956
	0,51 - 0,70		A bacia possui forma alongada.	
	0,70 - 0,80		A bacia possui forma pouco alongada.	
	0,81 - 0,90		A bacia possui forma ovalada.	
	> 0,90		A bacia possui forma circular.	
Características Hidrográficas				
Densidade de drenagem (Dd)	< 0,50	km/km ²	Bacia com drenagem pobre.	HORTON, 1932
	0,50 - 1,50		Bacia com drenagem regular.	
	1,51 - 2,50		Bacia com drenagem boa.	
	2,51 - 3,50		Bacia com drenagem muito boa.	
	> 3,50		Bacia excepcionalmente bem drenada.	
Sinuosidade (S)	≅ 1,00	-	O rio principal tende a ser retilíneo.	SCHUMM, 1963
	> 2,00		O rio principal tende a ser tortuoso.	
Índice de sinuosidade (Is)	< 20,00	%	O rio principal tende a ser muito retilíneo.	SCHUMM, 1963
	20,00 - 30,00		O rio principal tende a ser retilíneo.	
	30,01 - 40,00		O rio principal tende a ser divagante.	
	40,01 - 50,00		O rio principal tende a ser sinuoso.	
	> 50,00		O rio principal tende a ser muito sinuoso.	
Ordem da bacia	1	-	Improvável habitat de peixes.	STRAHLER, 1957
	2		Baixas condições para habitação.	
	3		Moderadas condições para habitação.	
	≥ 4		Elevadas condições para habitação.	
Características de Relevo				
Índice de rugosidade (Ir)	< 150,00	-	Fraca.	MELTON, 1957
	150,00 - 550,00		Média.	
	551,00 - 950,00		Forte.	
	> 950,00		Muito forte.	

Fonte: Adaptado de PESSOA NETO *et al.* (2021).

3. Resultados e discussão

3.1. Características geométricas

Os valores dos parâmetros referentes à caracterização geométrica da bacia hidrográfica do rio Tapacurá estão apresentados na **Tabela 2**. A partir da utilização do SIG, foram determinados a área, o perímetro e o comprimento axial da região, respectivos a 469,65 km², 216,77 km e 50,87 km. Esses valores, quando relacionados, determinam o formato da bacia, isto é, se é mais alongada ou circular.

A partir da determinação do Kc, com valor igual a 2,80, comprova-se que a bacia hidrográfica do rio Tapacurá, em condições médias de precipitação, possui baixa propensão a enchentes. Lopes *et al.* (2018), justificam essa caracterização pelo Kc apresentar o valor afastado do unitário. A respeito do Kf, o valor de 0,18 demonstra que a região do estudo possui formato alongado, indicando o baixo risco de inundações e cheias instantâneas. Corroborando a caracterização determinada pelo Kf, o Ic e a Re, equivalentes a 0,13 e 0,48, respectivamente, demonstram que a bacia possui formato bastante alongado, pelo fato de possuírem valores menor que 0,50.

Tabela 2: Características geométricas da bacia hidrográfica do rio Tapacurá.

Característica geométrica	Valor
Área da bacia (A)	469,65 km ²
Perímetro da bacia (P)	216,77 km
Comprimento axial da bacia (La)	50,87 km
Largura média da bacia (Lm)	5,08 km
Coefficiente de compacidade (Kc)	2,80
Fator de forma (Kf)	0,18
Índice de circularidade (Ic)	0,13
Razão de alongação (Re)	0,48

Fonte: Elaborada pelo autor.

Apesar de o formato da bacia em estudo não favorecer à ocorrência de enchentes, vale ressaltar que parte do seu médio curso está inserido numa região urbanizada do município de Vitória de Santo Antão. A expressiva quantidade de ocupações irregulares nessa área promove a remoção da mata ciliar, bem como o lançamento de resíduos sólidos e de efluentes industriais e domésticos não tratados diretamente no rio Tapacurá (LORENA *et al.*, 2018). Além de outras consequências, esses tipos de intervenções refletem em alterações significativas nos elementos do ciclo hidrológico, tornando a bacia propensa à inundações, principalmente na ocorrência de eventos pluviométricos extremos (PESSOA NETO *et al.*, 2022).

Além da expressiva ocupação urbana desordenada, conforme Miranda *et al.* (2017), a suscetibilidade a inundações na bacia no médio curso é ocasionada pela combinação de um conjunto de fatores, como: a geologia, a pedologia e a alta pluviosidade conferidas no local. Ao analisar a morfoestrutura nessa porção da bacia, é verificada a presença de rochas e tipos de solo que dificultam a infiltração das águas precipitadas, potencializando o escoamento superficial e promovendo sua acumulação, sobretudo durante eventos críticos (MIRANDA *et al.*, 2017).

No estudo produzido por Duarte *et al.* (2007), foram encontrados resultados semelhantes aos deste trabalho, sendo os valores de área, comprimento axial e Kf da bacia do rio Tapacurá respectivos a 471,33 km², 50,91 km e 0,18, confirmando que a bacia não está sujeita a enchentes. Para determinação desses resultados, os autores utilizaram cartas planialtimétricas digitalizadas na escala de 1:100.000, disponibilizadas pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), as quais foram processadas no *software* ArcGIS (versão 9.1). As pequenas divergências encontradas nos valores da área e comprimento axial da bacia podem ser justificadas pela utilização de dados numéricos de origens distintas, entretanto a grande proximidade entre os valores não compromete a consistência dos resultados.

Resultados similares foram encontrados por Soares e Galvêncio (2020) para a bacia hidrográfica do rio Beberibe, localizada na RMR, também em Pernambuco. Nesse estudo foi constatado que a referida bacia possui formato alongado, uma vez que seu Kc, Kf e Ic correspondem, respectivamente, a 1,86, 0,18 e 0,28. Para definição desses resultados, os autores processaram no *software* ArcGIS (versão 9.3) MDE provenientes do Programa PE3D, com resolução espacial de 5 m e em uma escala de 1:5000.

3.2. Características hidrográficas

Além das características geométricas da bacia, é fundamental conhecer e caracterizar seus padrões de drenagem, uma vez que o entendimento desses fatores são essenciais para corroborar o desenvolvimento e planejamento destas unidades territoriais (SOARES; GALVINCIO, 2020). Os parâmetros morfométricos relativos à caracterização hidrográfica estão representados na **Tabela 3**. Os resultados encontrados referentes aos comprimentos do rio principal, do talvegue do rio principal e da rede hidrográfica da bacia do rio Tapacurá foram de 77,26 km, 46,77 km e 412,66 km, respectivamente. Os referidos valores exercem influência direta na densidade de drenagem da bacia, se é bem ou mal drenada, e sinuosidade do rio principal, se tende a ser retilíneo ou sinuoso. O padrão formado pela rede hidrográfica da bacia é caracterizado como dendrítico, visto que assemelha-se a uma formação arborescente, e seu escoamento global é classificado como exorreico, por ser uma sub-bacia do rio Capibaribe, que conflui com o oceano Atlântico (BRAGA *et al.*, 2021).

Tabela 3: Características hidrográficas da bacia hidrográfica do rio Tapacurá.

Característica hidrográfica	Valor
Comprimento do canal principal (L)	77,26 km
Comprimento do talvegue do canal principal (Ltal)	46,77 km
Comprimento total da rede hidrográfica (Lt)	412,66 km
Densidade de drenagem (Dd)	0,88 km/km ²
Sinuosidade (S)	1,65
Índice de sinuosidade (Is)	39,47 %
Tempo de concentração (Tc)	21,15 h
Ordem da bacia	4 ^a

Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme Souza *et al.* (2021), a Dd permite classificar se a bacia possui uma drenagem pobre ou excepcional. Para a bacia do rio Tapacurá, o valor encontrado para o referido parâmetro de 0,88 km/km² indica que sua drenagem é regular. Segundo Smichowski e Contreras (2022), quanto maior o valor da Dd, mais rápida será a resposta da bacia diante de um evento extremo de precipitação, pois, nessas condições, o escoamento da água ocorre com maior velocidade. No entanto, bacias com menores valores de Dd, de modo geral, possuem solos mais resistentes à erosão ou são mais permeáveis e o relevo tende a ser mais suave, fazendo com que o escoamento do fluxo ocorra de forma mais lenta (COSTA *et al.*, 2020).

Quanto às características hidrográficas da bacia do rio Real, situada entre os estados da Bahia e Sergipe, a Dd encontrada foi de 0,957 km/km² (MELO *et al.*, 2020). De acordo com os autores, esse resultado revela que a bacia possui uma média capacidade de gerar novos cursos de água e seu escoamento superficial é considerado razoavelmente baixo. Souza *et al.* (2021) verificaram que a Dd da bacia do riacho do Navio, inserida no Sertão pernambucano, possui um valor de 0,50 km/km², indicando que a bacia está inserida no limite de classificação que oscila entre uma drenagem pobre e regular.

Acerca do parâmetro S para o rio principal, o resultado de 1,65 confere que o canal tende a ser divagante, uma vez que esse é um valor intermediário a 1,00 e 2,00. A taxa de 39,47% para o Is ratifica o referido formato do rio principal, por estar situada entre 30,01% e 40,00%. Melo *et al.* (2020) afirmam que a sinuosidade configura um fator que está diretamente relacionado à velocidade do fluxo, ou seja, quanto mais sinuoso é o curso d'água, mais dificuldade a água terá para se deslocar, o que resulta em baixas velocidades de escoamento. Já em canais retilíneos, as velocidades de fluxo são maiores, pois apresentam menos barreiras físicas (LOPES *et al.*, 2022).

Em relação ao Tc, para a região do estudo foi encontrado o de 21,15 horas, ou seja, a bacia leva pouco menos de um dia para que toda água precipitada chegue ao exutório. Conforme Mamédio *et al.* (2018), esse parâmetro é fundamental para análises hidrológicas, como a determinação de vazões máximas de bacias hidrográficas. Apesar da existência de outros modelos matemáticos empíricos para obtenção do Tc, os quais foram elaborados por meio de aspectos físicos das bacias hidrográficas como área, declividade e comprimento do rio principal, vale ressaltar que esse parâmetro também depende de outros tipos fatores, como: condições de uso e cobertura da terra, condições da hidráulica dos canais (declividade, revestimento), a variabilidade das intensidades e durações das chuvas, compartimentos geológicos do solo, condições do solo no início do evento de precipitação e entre outros (MAMÉDIO *et al.*, 2018).

Um dos fatores que está diretamente relacionado ao tempo de concentração de uma bacia é o seu nível de urbanização. Queiroz e Alves (2020) enfatizam que as intervenções estruturais na morfologia dos canais, a remoção da cobertura vegetal e a impermeabilização do solo advindas do processo de urbanização

potencializam escoamento superficial da bacia e, por consequência, reduzem seu tempo de concentração. Essa sucessão de fatores corroboram com o aumento da recorrência dos episódios de inundação na bacia devido ao adiantamento da sua vazão de pico (QUEIROZ; ALVES, 2020).

Como pode ser verificado na **Figura 2**, a bacia do rio Tapacurá é de quarta ordem, conforme classificação designada por Strahler (1957). Essa hierarquia fluvial denota um sistema de drenagem com boa ramificação e grande quantidade de afluentes de primeira ordem, proporcionando boas condições para habitação de peixes. Para Smichowski e Contreras (2022), a hierarquia fluvial da bacia indica o grau de estruturação da rede de drenagem, o que significa que quanto maior o ordenamento da bacia, maior será a rede de drenagem e sua estrutura será mais definida.

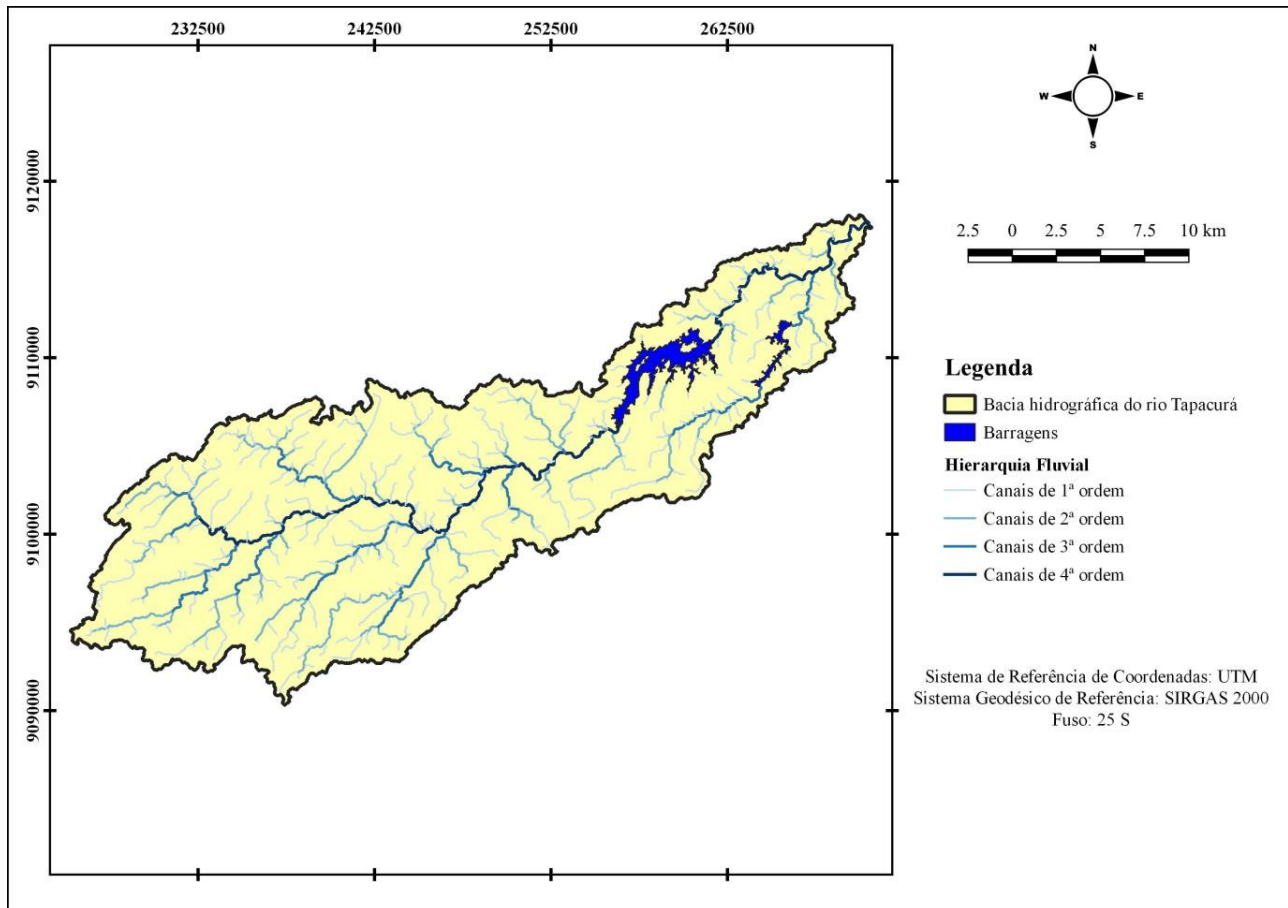


Figura 2: Hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do rio Tapacurá

4.3. Características de relevo

A **Tabela 4** apresenta as características do relevo relativas à bacia do rio Tapacurá. Os valores de altitude máxima e mínima da bacia foram respectivos a 576,30 m e 40,06 m, resultando numa amplitude altimétrica de 536,24 m. Outra importante característica referente ao relevo da bacia é o Índice de rugosidade, que, conforme Silva *et al.* (2018), relaciona a disponibilidade do escoamento hídrico superficial com o potencial erosivo, isso significa que quanto maior for o Ir, maior será o risco de degradação da bacia quando as vertentes são íngremes e longas. Para a bacia do Tapacurá, o Ir resultou em 471,17, indicando médio risco de degradação.

Tabela 4: Características do relevo da bacia hidrográfica do rio Tapacurá.

Característica geométrica	Valor
Altitude máxima (Hmax)	576,30 m
Altitude mínima (Hmin)	40,06 m
Amplitude altimétrica (ΔH)	536,24 m
Declividade do rio principal (S_1)	5,36 m/km
Declividade do rio principal (S_{10-85})	2,37 m/km
Índice de rugosidade (Ir)	471,17

Fonte: Elaborada pelo autor.

O mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Tapacurá pode ser conferido na **Figura 3**. Para Lopes *et al.* (2018) o mapa hipsométrico de uma bacia hidrográfica evidencia a relação entre o MDE e a representação da rede de fluxo, permitindo a determinação das conectividades a montante e a jusante dos cursos d'água.

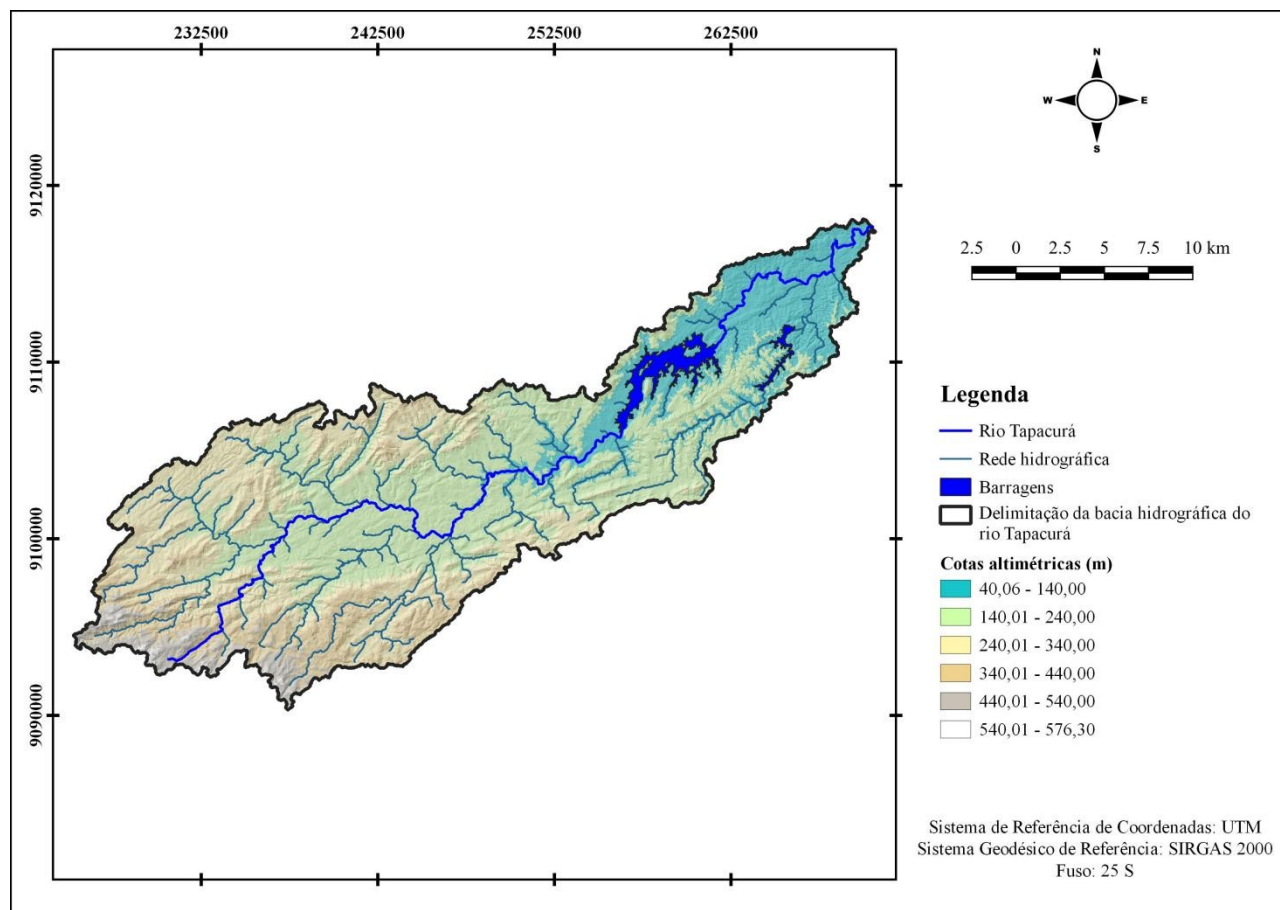


Figura 3: Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Tapacurá

As classes hipsométricas da bacia do rio Tapacurá, com suas respectivas áreas e porcentagens, em relação à área total da região, podem ser verificadas na **Tabela 5**, que mostra que a maior reincidência por classe de altitude foi de 140 a 240 m, representando uma taxa de 39,85%. A partir desses dados, foi possível elaborar a curva hipsométrica da bacia (**Figura 4**), a qual apresenta sua altitude média correspondente a 90,35% da área da bacia e sua altitude mediana a de 445,02 m.

Para a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, no Tocantins, Ribeiro *et al.* (2021) identificaram que suas cotas altimétricas variam entre 190 m e 715 m, sendo a classe hipsométrica com altitudes compreendidas entre 570 m e 650 m a mais recorrente da região, correspondendo a 31,85% da área em estudo. Em análise semelhante, Raiol *et al.* (2022) verificaram que a distribuição das altitudes da bacia hidrográfica do rio Caripi, no Pará, apresenta uma amplitude altimétrica de 70,03 m, sendo as altitudes mínima e máxima respectivas a 4,97 m e 75,00 m, e que 22,76% da altimetria da bacia está situada entre as cotas 20 m e 28 m, sendo essa a sua classe hipsométrica mais representativa.

Tabela 5: Distribuição das classes hipsométricas da bacia do rio Tapacurá.

Classes hipsométricas (m)	Área (km ²)	Taxa percentual da área total (%)
40,00 - 140,00	92,39	19,67
140,01 - 240,00	187,14	39,85
240,01 - 340,00	116,85	24,88
340,01 - 440,00	53,24	11,34
440,01 - 540,00	18,42	3,92
> 540,00	1,61	0,34
Total	469,65	100,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

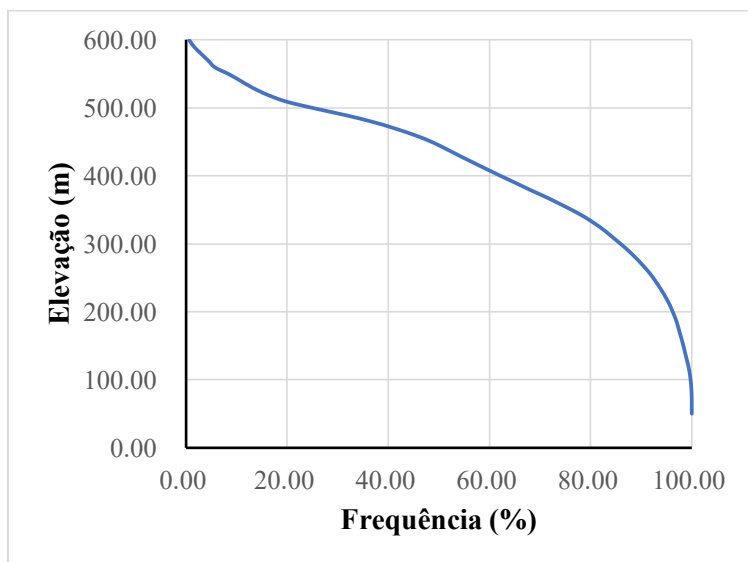


Figura 4: Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do rio Tapacurá

Os valores de declividade do rio principal resultaram em 5,36 m/km (S_1) e 2,37 m/km (S_{10-85}), podendo ser considerada como baixa, o que favorece a proteção da rede de drenagem. A divergência nos valores da declividade se justifica pela cota altimétrica da nascente do rio Tapacurá ser de 545,04 m, enquanto que à 85,00 % do comprimento deste corpo hídrico ser de 184,86 m, como mostra seu perfil longitudinal (**Figura 5**). Através do referido perfil também é possível identificar a acumulação de água que é represada pela barragem Tapacurá, a qual compreende o trecho que vai de 44,60 km a 58,20 km à jusante da nascente do rio principal. Segundo Souza *et al.* (2021), o parâmetro da declividade do rio principal está diretamente relacionado com a velocidade do escoamento da água.

De acordo com Luz *et al.* (2015), baixos valores de declividade para o fundo do vale e planícies de inundação, quando há a presença da vegetação ciliar, proporcionam a infiltração das águas precipitadas, reduzindo a evolução de processos erosivos. No entanto, ainda conforme os referidos autores, a supressão desse tipo de vegetação potencializa o desenvolvimento de processos erosivos, pois as baixas declividades tornam essas regiões sensíveis ao escoamento concentrado das águas de chuva.

O perfil longitudinal, ferramenta que representa a relação gráfica entre a altitude e a extensão de um curso d'água, está associado diretamente ao relevo e, por meio de sua análise, é possível ser verificada a declividade do rio (SOUZA *et al.*, 2011). Segundo Monteiro e Souza (2016), o perfil longitudinal se configura como um instrumento primordial para análise do comportamento dos rios, pois permite o entendimento de possíveis anomalias instaladas ao decorrer de seu curso.

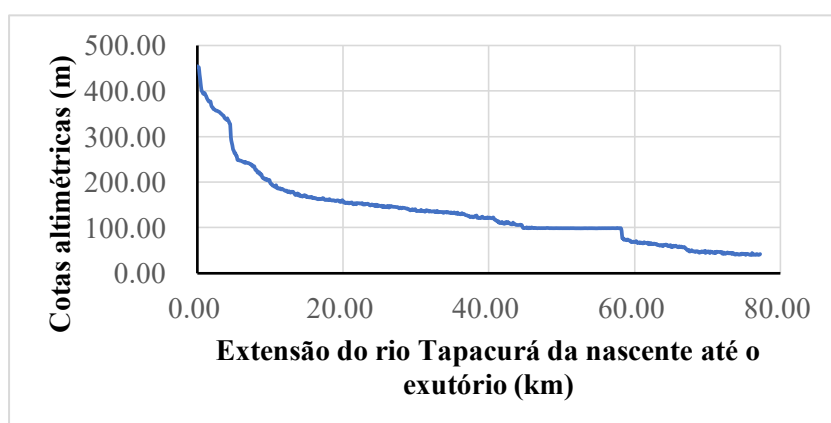


Figura 5: Perfil longitudinal do rio Tapacurá

Por meio do perfil longitudinal, Servidoni *et al.* (2021) verificaram uma expressiva ruptura de relevo no canal principal da bacia hidrográfica do Alto Sapucaí, em Minas Gerais, o que ocasiona um significativo aumento na vazão do curso d'água, causando riscos às comunidades próximas à região ou a jusante dessa anomalia.

A caracterização morfométrica do rio Tapacurá verificada neste estudo abastece o conhecimento da região e permite-se ser utilizada por órgãos competentes, fundamentando a elaboração de políticas públicas que proporcionem a convivência harmoniosa entre a população e os recursos hídricos. Resultados consistentes quanto às geometria, hidrografia e topografia de uma bacia, sobretudo na indicação de suscetibilidade a inundações, estruturação da rede de drenagem, velocidade de escoamento dos cursos d'água e entre outros aspectos, possibilitam a elaboração de medidas eficazes à prevenção, proteção e mitigação de impactos negativos provenientes de desastres hidrológicos, como inundações.

4. Considerações finais

A utilização da tecnologia do geoprocessamento possibilitou a obtenção das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Tapacurá de modo satisfatório, demonstrando praticidade e eficiência quanto à precisão na determinação dos resultados e se mostrando uma ferramenta viável tanto em termos de economia de tempo, quanto de recursos financeiros. A utilização de MDE proveniente de perfilamento a *laser* aerotransportado (LiDAR) possibilitou uma melhor precisão no alcance dos resultados.

A partir da determinação dos parâmetros morfométricos referentes à caracterização geométrica, foi possível demonstrar que a região estudada apresenta formato alongado e, em condições médias de precipitação, baixa propensão à enchentes. Apesar disso, a combinação de alguns fatores como a expressiva ocupação urbana desordenada, a presença de rochas e solos argilosos e a elevada pluviosidade conferidas no médio curso da bacia a torna suscetível a inundações, sobretudo durante eventos extremos de precipitação.

A respeito das características hidrográficas, foi possível verificar que a bacia detém um sistema de drenagem regular, seu canal principal pode ser classificado como divagante e toda a água que precipita em seu ponto mais longínquo leva 21 horas e 9 minutos para percorrer toda sua extensão até chegar no exutório. Em relação ao relevo, verifica-se a presença de altitudes compreendidas entre 40,06 m e 576,30 m e que maior parte da área total (39,85%) está representada pela classe altimétrica que varia de 140,00 m a 240,00 m.

Os resultados apresentados neste estudo são capazes de facilitar o entendimento da relação entre as propriedades físicas e dinâmicas da bacia, permitindo a realização do monitoramento dos seus processos hidrológicos de forma consistente. O conhecimento dessas características aplicado à bacia hidrográfica configura um instrumento fundamental na gestão e planejamento dos recursos hídricos da região. Nessa perspectiva, este trabalho pode ser utilizado como subsídio à tomada de decisão por gestores e/ou profissionais da área, a fim de fundamentar a elaboração de políticas públicas que proporcionem a convivência harmoniosa entre a população e os recursos hídricos.

Referências

- ABDETA, G. C.; TESEMMA, A. B.; TURA, A. L.; ATLABACHEW, G. H. Morphometric analysis for prioritizing sub-watersheds and management planning and practices in Gidabo Basin, Southern Rift Valley of Ethiopia. **Applied Water Science**, v. 10, n. 7, p. 158, 2020. DOI: 10.1007/s13201-020-01239-7
- ALBUQUERQUE, R. L. O.; DIAS, D. S.; RODRIGUES, R. S. S. Evolução temporal do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Parauapebas, Pará. **Journal Of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 10, n. 3, p. 122-129, 2020. DOI: 10.29150/jhrs.v10.3.p122-129
- ALMEIDA, J. B. G.; FONSECA, J. M. A.; COSTA, L. V. S.; JUVENAL, L. H. S.; CORDEIRO, J.; SANTIAGO, G. L. A. Uso de técnicas de sensoriamento remoto para a análise morfométrica da sub-bacia do Ribeirão do Peixe, Itabira-MG. **Research, Society And Development**, v. 11, n. 5, p. e5211527770, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i5.27770
- ALVES, A. T. A.; BARROS, V. H. O. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Riacho das Garças, Pernambuco, Brasil. **Revista Semiárido de Visu**, v. 9, n. 2, p. 131-142, 2021. DOI: 10.31416/rsdv.v9i2.236
- ALVES, W. S.; MARTINS, A. P.; MORAIS, W. A.; PÔSSA, E. M.; MOURA, D. M. B.; SANTOS, L. N. S.; FERREIRA, R. S.; NUNES, N. C.; PEREIRA, M. A. B.; MOREIRA, E. P. Morfometria da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, sudoeste de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 07, p. 3636-3658, 2020. DOI: 10.26848/rbfg.v13.07.p3636-3658

- ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; AYRES, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 1, p. 46-57, 2010. DOI: 10.1590/S0100-69162010000100005
- ARABAMERI, A.; TIEFENBACHER, J. P.; BLASCHKE, T.; PRADHAN, B.; BUI, D. T. Morphometric Analysis for Soil Erosion Susceptibility Mapping Using Novel GIS-Based Ensemble Model. **Remote Sensing**, v. 12, n. 5, p. 874, 2020. DOI: 10.3390/rs12050874
- ARAÚJO, P. V. N.; AMARO, V.; ALCOFORADO, A. V. C.; SANTOS, A. L. Vertical Accuracy and Calibration of Digital Elevation Models (DEMs) for the Piranhas-Assu River Basin, Rio Grande do Norte, Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 41, n. 1, p. 351-364, 2018. DOI: 10.11137/2018_1_351_364
- BATISTA, D. F.; CABRAL, J. B. P.; ROCHA, T.; BARBOSA, G. R. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio - GO. **Geoambiente On-Line**, n. 29, p. 15-35, 2018. DOI: 10.5216/revgeoamb.v0i29.50882
- BORGES, E. F.; MESQUITA, M.; MORÃES, D. H. M.; CASAROLI, D.; ALVES JUNIOR, J.; OLIVEIRA, H. F. E.; FLORES, R. A.; MORÃES, V. H. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Grande, oeste da Bahia-BA. **Brazilian Journal Of Development**, v. 6, n. 5, p. 31863-31875, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n5-584
- BRAGA, S. E.; CALDAS, A. M.; RIZZI NETO, E.; SILVA, L. J. S.; PERÔNICO, A. M. B. L.; WANDERLEY, R. A.; FREITAS, P. M. L.; LIMA, J. R.; CUNHA, C. R. R. O.; ABREU, B. S. Conflito ambiental de uso do solo na bacia hidrográfica do Tapacurá-PE. **Research, Society And Development**, v. 10, n. 2, p. e52310212833, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i2.12833
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a política nacional de recursos hídricos e cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos. Disponível : <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=9433&ano=1997&ato=a12ATVU90MJpWTbaf>. Acesso: 27 jul. 2022.
- 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. DOI: 10.26848/rbgf.v16.4.p2228-2243
- CARVALHO, L.; CERQUEIRA, F. C.; MOREIRA, L. L.; GARDIMAN JUNIOR, B. S. A caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do ribeirão Santa Marta, Ibitirama-ES. **Revista Ifes Ciência**, v. 9, n. 1, p. 01-15, 2023. DOI: 10.36524/ric.v9i1.1844
- CHANDRA, V.; GIDDE, M. R. Morphometric Analysis of Baltira Watershed Using QGIS Platform. **International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)**, v. 8, n. 2, p. 387-391, 2019. DOI: 10.35940/ijrte.B1720.078219
- CHRISTOFOLETT, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, v. 9, n. 18, p. 35-64, 1969.
- CIRILO, J. A.; ALVES, F. H. B.; SILVA, L. A. C.; CAMPOS, J. H. A. L. Suporte de Informações Georreferenciadas de Alta Resolução para Implantação de Infraestrutura e Planejamento Territorial. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 4, p. 755-763, 2014. DOI: 10.26848/rbgf.v7.4.p755-763
- CONDEPE/FIDEM - Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco, 2005. **Série Bacias Hidrográficas de Pernambuco**. Disponível: <http://www.condepefidem.pe.gov.br/web/condepefidem/apresentacao13>. Acesso: 31 jul. 2021.
- COSTA, A. A. D.; GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S. Análise morfométrica da bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara, Mato Grosso - Brasil. **Geosul**, v. 35, n. 74, p. 483-500, 2020. DOI: 10.5007/1982-5153.2020v35n74p483

- CRISPIM, D. L.; BEZERRA, P. E. S.; LIMA, G. V. B. A.; FERNANDES, L. L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé Quarenta Horas no município de Ananindeua, Pará. **Journal Of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 11, n. 1, p. 01-10, 2021. DOI: 10.29150/jhrs.v11.1.p1-10
- CUNHA, E. R.; BACANI, V. M. Influência da resolução do MDE na caracterização morfométrica de bacia hidrográfica. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 59, p. 1029-1043, 2019. DOI: 10.5752/P.2318-2962.2019v29n59p1029
- 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. DOI: 10.36524/ric.v6i2.502
- DUARTE, C. C.; GALVÍNCIO, J. D.; CORRÊA, A. C. B.; ARAÚJO, M. S. B. Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Tapacurá- PE. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 24, n. 2, p. 50-64, 2007.
- DUARTE, M. L.; SILVA, D. M. P.; SILVA, T. A.; GUIMARAES, L. R. Avaliação de Modelos Digitais de Elevação na delimitação de bacias hidrográficas na região Sul do Amazonas. **Journal Of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 9, n. 2, p. 99-107, 2019. DOI: 10.29150/jhrs.v9.2.p99-107
- ESTEVES, L. V.; ESTEVES, A. M. S. L.; ALVES, E. M.; PAZ, D. H. F. Caracterização morfométrica como instrumentos de planejamento e gestão da sub-bacia hidrográfica do rio Cajabuçu em Pernambuco. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 6, p. 1088-1097, 2023. DOI: 10.51891/rease.v9i6.10307.
- FARIA, M. M.; ARAÚJO, W. F.; GONÇALVES, R.; WANKLER, F. L.; EVANGELISTA, R. A. DE O.; SANDER, C. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé Carrapato, Boa Vista, Roraima. **Revista Vértices**, v. 19, n. 2, p. 9-22, 2017. DOI: 10.19180/1809-2667.v19n22017p9-22
- FIGEISE, C. H. U. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pardo, estado do Espírito Santo. **Revista brasileira de Geomática**, v. 9, n. 3, p. 235-250, 2021. DOI: 10.3895/rbgeo.v9n3.13417
- GERBER, D.; PERTILLE, C. T.; VIEIRA, F. S.; CORRÊA, B. J. S.; SOUZA, C. F. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí – Santa Catarina. **Acta Biológica Catarinense**, v. 5, n. 1, p. 72-83, 2018. DOI: 10.21726/abc.v5i1.446
- GUSMÃO, A. C. V. L.; RODRIGUES, D. F. B.; ARAÚJO, D. C. S.; VIANA, J. F. S.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Estudo da variabilidade de índices de vegetação utilizando análise de agrupamentos. **Journal Of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 11, n. 3, p. 161-171, 2021. DOI: 10.29150/2237-2202.2021.250962
- HORTON, R. E. Drainage basin characteristics. **Transactions American Geophysical Union**, v. 13, n. 1, p. 350-361, 1932. DOI: 10.1029/TR013i001p00350
- 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. DOI: 10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. **Malhas Territoriais**. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html>. Acesso: 31 jul. 2021.
- KIRPICH, Z. P. Time of concentration in small agricultural watersheds. **Civil Engineering**, v. 10, n. 6, p. 362, 1940.
- LIMA, L. R. F.; MORAES, R. F.; RODRIGUES, R. S. S. Análise espacial de uma pequena bacia hidrográfica na Amazônia. **Journal Of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 10, n. 2, p. 95-107, 2020. DOI: 10.29150/jhrs.v10.2.p95-107
- LOPES, I.; RAMOS, C. M. C.; LEAL, B. G. Caracterização morfométrica de bacia hidrográfica no semiárido de Pernambuco através de dados SRTM em softwares livre. **Journal Of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 8, n. 1, p. 31-40, 2018. DOI: 10.29150/jhrs.v8.1.p31-40

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, n. 1, p. 429-442, 2022. DOI: 10.26848/rbgf.v15.1.p429-442

LORENA, E. M. G.; SOBRAL, D. M.; LIRA, A. S.; MORAES, A. S.; ROLIM NETO, F. C.; HOLANDA, R. M. Modelo de diagnóstico de risco de inundações em área urbana na Zona da Mata de Pernambuco, Brasil. **Journal Of Environmental Analysis And Progress**, v. 3, n. 2, p. 210-217, 2018. DOI: 10.24221/jeap.3.2.2018.1804.210-217.

LUZ, T. E.; LIMA, E. B. N. R.; SALOMÃO, F. X. T.; LIMA, Z. M. Morfopedologia aplicada à concepção de obras em microbacia do perímetro urbano de Várzea Grande-MT. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, v. 10, n. 3, p. 646-659, 2015. DOI: 10.4136/ambiente-agua.1614

MAMÉDIO, F.; CASTRO, N.; CORSEUIL, C. Tempo de concentração para Bacias Rurais Monitoradas na Região do Planalto Basáltico no Sul do Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 15, n. 1, p. 4, 2018. DOI: 0.21168/rega.v15e1

MAPBIOMAS - Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil. **Coleções MapBiomias**, 2023. Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR>

MARINHO, D. S.; VENDRUSCOLO, J.; VASCONCELOS, T. B.; CAVALHEIRO, W. C. S.; STACHIW, R. Caracterização morfométrica da Sub-bacia do Rio Ribeirão, Amazônia Ocidental, Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 2, p. e7225, 2021. DOI: 10.17765/2176-9168.2021v14n2e7225

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. DOI: 10.24221/jeap.7.2.2022.4247.117-126

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, n. 1, p. 377-391, 2021. DOI: 10.22201/iingen.0718378xe.2021.14.1.71014

MENDES, A. T. Delimitação da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio pela ferramenta de delimitação automática TauDEM. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 3, p. 973-987, 2018. DOI: 10.26848/rbgf.v11.3.p973-987

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, n. 07, p. 3554-3570, 2020. DOI: 10.26848/rbgf.v13.07.p3554-3570.

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.

MIRANDA, M. R. B.; BARBOSA NETO, M. V.; SILVA, O. G.; MENEZES JÚNIOR, E. M. Análise do perigo de inundação na bacia hidrográfica do Rio Tapacurá-PE. *In*: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (Org.). **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. 1. ed. São Paulo: Instituto de Geociências - UNICAMP, 2017. p. 99-110. DOI: 10.20396/sbgfa.v1i2017.1781.

MONTEIRO, D. C. S.; SOUZA, J. O. P. Perfil longitudinal e aplicação do índice de gradiente na bacia riacho do Tigre, Semiárido paraibano. *In*: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 11.; 2016, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2016.

- MORETTO, B.; GENTILI, J. O.; CAMPO, A. M. Análisis morfométrico multiescalar en la cuenca alta del arroyo Sauce Corto (Buenos Aires, Argentina). **Revista Huellas**, v. 23, n. 2, p. 149-167, 2019. DOI: 10.19137/huellas-2019-2316
- MÜLLER, V. C. **A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee**. Department of Geology Columbia University, New York, 389-402, 1953.
- PARENTE, Y. Y.; MENDES, A. C.; MIRANDA, A. G. O.; DOURADO JÚNIOR, O. C. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Curuçá (Pará) e demarcação de nascentes fluviais como subsídio à gestão. **Journal Of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 10, n. 3, p. 138-152, 2020. DOI: 10.29150/jhrs.v10.3.p138-152
- PERTILLE, C. T.; VIEIRA, F. S.; CORRÊA, B. J. S.; SOUZA, C. F.; GERBER, D. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tibagi - Paraná. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 11, n. 2, p. 60-65, 2017.
- PESSOA NETO, A. G. Caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica do rio Pirapama, em Pernambuco. **Geoconexões**, v. 1, n. 15, p. 253-274, 2023. DOI: 10.15628/geoconexes.2023.14786.
- PESSOA NETO, A. G.; SILVA, S. R.; BARBOSA, I. M. B. R. Mapeamento das áreas suscetíveis às inundações e aos alagamentos no município de Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. **Boletim de Geografia**, n. 40, p. 277-296, 2022. DOI: 10.4025/bolgeogr.v40.a2022.e63948
- PESSOA NETO, A. G.; SOARES, A. E. P.; SILVA, S. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, em Pernambuco, utilizando Modelos Digitais de Elevação provenientes de sensor LiDAR. **Journal Of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 11, n. 4, p. 242-253, 2021. DOI: 10.29150/jhrs.v11.4.p242-253
- QUEIROZ, M. S.; ALVES, N. S. Aplicação de diferentes fórmulas de tempo de concentração para uma bacia hidrográfica urbana. **Revista Tocantinense de Geografia**, v. 9, n. 18, p. 219-231, 2020. DOI: 10.20873/rtg.v9n18p219-231
- 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. DOI: 10.26848/rbgf.v15.5.p2354-2370
- RIBEIRO, L. S.; ROBAINA, L. E. S.; CRISTO, S. S. V. Análise e caracterização dos aspectos do relevo da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado - Tocantins. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 5, p. 2851-2865, 2021. DOI: 10.26848/rbgf.v14.5.p2851-2865
- ROSSETE, A.; PESAMOSCA, C.; ARAÚJO, A. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Darro, Querência – Mato Grosso. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 38, p. 171-185, 2021. DOI: 10.18677/EnciBio_2021D12
- 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. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/75647>. Acesso em: 18 set. 2023.
- SANTOS, G. O.; SILVA, A. A.; BRAZ, A. R. C.; CARNEIRO, F. M. Caracterização morfométrica das bacias hidrográficas inseridas no município de Rio Verde, Goiás, como ferramenta ao planejamento urbano e agrícola. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 22, e17, 2018. DOI: 10.5902/2236499426572.
- 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. DOI: 10.1130/0016-7606(1956)67[597:eodsas]2.0.co;2

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

SERVIDONI, L. E.; AYER, J. E. B.; ESTELLA, P. V. M.; OLIVEIRA, G. H.; MINCATO, R. L. Atributos morfológicos e hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí, Minas Gerais. **Geography Department University Of São Paulo**, v. 41, p. e169817, 2021. DOI: 10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.169817

SILVA, G.; ALMEIDA, F.; ALMEIDA, R.; MESQUITA, M.; ALVES JUNIOR, J. Caracterização morfológica da bacia hidrográfica do riacho Rangel - Piauí, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 28, p. 244-258, 2018. DOI: 10.18677/EnciBio_2018B22

SILVA, J. S. A.; RODRIGUES, R. S. S.; BITTENCOURT, G. M. Aplicação de diferentes MDE's para extração de variáveis morfológicas de uma bacia hidrográfica. **Journal Of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 10, n. 1, p. 10-19, 2020. DOI: 10.29150/jhrs.v10.1.p10-19

SMICHOWSKI, H.; CONTRERAS, F. I. Análisis morfológico de la cuenca río Santa Lucía (Corrientes, Argentina). **Revista Geográfica de América Central**, v. 1, n. 70, p. 297-320, 2022. DOI: 10.15359/rgac.70-1.11

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 morfológica 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. DOI: 10.26848/rbgf.v14.3.p1530-1540

SOUZA, R. B.; SOUZA J. B. Determinação e análise do perfil longitudinal do rio Una - PE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19.; 2011, Maceió. **Anais...** Maceió: ABRHidro, 2011. p. 1-13.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions, American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957. DOI: 10.1029/TR038i006p00913

TOME HERNÁNDEZ, G.; VILLARREAL MANZO, L. A. Caracterización morfológica de la cuenca del río Huitzilac, Puebla, México. **Boletín Geográfico**, v. 44, n. 1, p. 41-58, 2022.

VALE, J. R. B.; BORDALO, C. A. L. Caracterização morfológica e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Apeú, Amazônia Oriental. **Formação (Online)**, v. 27, n. 51, p. 313-335, 2020. DOI: 10.33081/formacao.v27i51.6026

VENKATESH, M.; ANSHUMALI. A GIS-based assessment of recent changes in drainage and morphometry of Betwa River basin and sub-basins, Central India. **Applied Water Science**, v. 9, n. 7, p. 157, 2019. DOI: 10.1007/s13201-019-1033-6

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

XAVIER, A. P. C.; SILVA, R. M. Modelagem temporal dinâmica do uso e ocupação do solo baseado em SIG para a bacia do rio Tapacurá (PE). **Geociências**, v. 37, n. 1, p. 193-210, 2018.



Este artigo é distribuído nos termos e condições do *Creative Commons Attributions/Atribuição- NãoComercial-CompartilhaIgual (CC BY-NC-SA)*.