



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge>



Caracterização Fisiográfica e Suscetibilidade a Enchentes da Bacia Hidrográfica do Igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre

Carolina de Lima Accorsi Montefusco¹; Fernanda Lima Rocha²; Henrique Paulo Silva de Melo³; Girlene Lima de Araújo⁴; Adcleides Araújo da Silva⁵; Ricardo Ribeiro do Nascimento⁶; José Genivaldo do Vale Moreira⁷

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE pela Universidade Federal do Acre. E-mail: carolina.montefusco@ufac.br (autor correspondente) ² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia (PPGCITA) pela Universidade Federal do Acre. E-mail: rocha.fernanda@sou.ufac.br ³ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia (PPGCITA) pela Universidade Federal do Acre. E-mail: henrique.melo@sou.ufac.br ⁴ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia (PPGCITA) pela Universidade Federal do Acre. E-mail: girlene.araujo@sou.ufac.br ⁵ Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Docente do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal do Acre. E-mail: adcleides.silva@ufac.br ⁶ Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais. Docente do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal do Acre. E-mail: ricardo.nascimento@ufac.br ⁷ Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais. Docente do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal do Acre. Docente do Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia (CITA), do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE. E-mail: jose.moreira@ufac.br

Artigo recebido em 15/09/2025 e aceito em 26/05/2026

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo realizar a análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Igarapé São Francisco (localizada na cidade de Rio Branco, Acre), a fim de identificar parâmetros fisiográficos associados à susceptibilidade a inundações. Utilizando ferramentas de geoprocessamento, como o QGIS e o Modelo Digital de Elevação Copernicus Global DEM, foram estimados diversos parâmetros fisiográficos, como coeficiente de compactidade, fator de forma, declividade, densidade de drenagem, sinuosidade e rugosidade. Os resultados indicam que a bacia possui forma alongada, baixa declividade e rede de drenagem pouco densa, características que apontam para baixa susceptibilidade a inundações repentinas, mas maior propensão a cheias prolongadas. Os indicadores de declividade média dos rios (0,205%) e de susceptibilidade a enchentes (0,374 km/km²) confirmam essa tendência. Os achados fornecem subsídios importantes para o planejamento urbano e a gestão de riscos ambientais na região, especialmente diante das mudanças climáticas, da expansão urbana desordenada e das alterações na forma de ocupação e uso do solo.

Palavras-chave: parâmetros morfométricos; eventos hidrológicos; geoprocessamento; inundações, Amazônia.

Physiographic Characterization and Flood Susceptibility of the São Francisco Stream Basin, Rio Branco, Acre

ABSTRACT

This study aims to perform a morphometric analysis of the São Francisco Stream Watershed (located in the city of Rio Branco, Acre) in order to identify physiographic parameters associated with susceptibility to flooding. Using geoprocessing tools such as QGIS and the Copernicus Global DEM Digital Elevation Model, several physiographic parameters were estimated, such as compactness coefficient, form factor, slope, drainage density, sinuosity, and roughness. The results indicate that the watershed has an elongated shape, low slope, and a sparse drainage network, characteristics that point to low susceptibility to flash floods, but a greater propensity for prolonged floods. The indicators of average river slope (0.205%) and flood susceptibility (0.374 km/km²) confirm this trend. The findings provide important insights for urban planning and environmental risk management in the region, especially in light of climate change, uncontrolled urban sprawl, and changes in

Introdução

As mudanças climáticas têm provocado alterações significativas no ciclo hidrológico, intensificando a frequência e a magnitude de eventos extremos como enchentes, inundações e secas (IPCC, 2022). Na Amazônia, esses impactos são potencializados pela combinação de vulnerabilidade socioambiental, expansão urbana desordenada e pressão sobre os recursos naturais (Coutinho et al., 2017).

No estado do Acre, especialmente na cidade de Rio Branco, observa-se uma crescente recorrência de desastres hidrológicos. Dados históricos revelam que, entre 1987 e 2023, ocorreram mais de 200 eventos extremos, majoritariamente enchentes (Silva et al., 2023), e que, nos últimos 52 anos, o rio Acre transbordou em 41 ocasiões (IPAM, 2023). Um dos episódios mais severos ocorreu em março de 2024, quando o rio atingiu 17,79 metros, a segunda maior cota já registrada, causando impactos severos à população (SGB, 2024).

Nesse contexto, a Bacia Hidrográfica do Igarapé São Francisco (BHISF), que contempla área densamente urbanizada de Rio Branco, tem se destacado como uma das mais vulneráveis aos impactos de eventos hidrológicos extremos. A inundação ocorrida em março de 2023 evidenciou a fragilidade da região, resultando em transbordamentos abruptos, danos expressivos à infraestrutura urbana, perdas econômicas e sociais e centenas de famílias desabrigadas. Torna-se, portanto, fundamental a adoção de estratégias de gestão do espaço urbano na BHISF, a qual desempenha papel relevante na configuração urbana de Rio Branco e exerce influência significativa sobre o processo de desenvolvimento da cidade. O estudo realizado por Mansano e Serrano (2023) identificou uma tendência de recorrência desses eventos extremos, associada a múltiplos fatores, como alterações no uso e ocupação do solo, expansão urbana desordenada e mudanças nos padrões hidrológicos. Essa constatação reforça a necessidade urgente de estudos que subsidiem estratégias de gestão de riscos e adaptação às novas condições climáticas.

A bacia hidrográfica pode ser definida como a área do relevo na qual a água das chuvas é coletada e conduzida por um curso d'água principal e seus afluentes até um ponto de saída comum, chamado exutório, ou, em parte, infiltrada no solo, alimentando os aquíferos subterrâneos (Caraminan et al., 2019; Zanchetta et al., 2019; Carmo Filho et al., 2021; Vale et al., 2021; Estevam & Maia, 2022;

Silva et al., 2022). Essa área é estabelecida a partir das formas do relevo, delimitada pelos divisores de águas, localizados nos pontos mais elevados do terreno ao redor da rede de drenagem (Mendes, 2018; Silva et al., 2020; Raiol et al., 2022).

Conforme apontam Servidoni et al. (2021), a bacia hidrográfica integra componentes naturais e sociais que interagem de maneira dinâmica, originando processos geomorfológicos, hidrológicos e socioambientais. Por essa razão, trata-se de uma unidade de planejamento complexa, cujo entendimento requer o conhecimento de todas as suas dimensões. Nessa mesma direção, Costa et al. (2020) ressaltam que analisar suas propriedades físicas é fundamental para compreender o funcionamento ambiental e territorial da área de drenagem, constituindo etapa central para o gerenciamento sustentável.

Entre os instrumentos utilizados nesse tipo de estudo, os parâmetros morfométricos se destacam por descreverem as condições físicas da bacia a partir da relação entre atributos de forma, relevo e rede hidrográfica, obtidos mediante fórmulas específicas (Ferreira et al., 2020; Alves et al., 2021; Tomé Hernandez & Villarreal Manzo, 2022). A análise desses índices fornece informações que permitem avaliar o comportamento hidrológico da bacia, identificando, por exemplo, sua propensão a enchentes, processos erosivos e a eficiência da drenagem (Gutiérrez et al., 2019; Salis et al., 2019; Ramírez-Granados et al., 2021; Esteves et al., 2023).

A caracterização morfométrica assume papel essencial para a compreensão das particularidades de cada bacia, apoiando estratégias de conservação, revelando vulnerabilidades e potenciais de uso (Martins et al., 2021; Bucker et al., 2023). Com base nessas informações, o planejamento e a gestão dos recursos hídricos tornam-se mais consistentes, favorecendo o manejo integrado e sustentável (Lopes et al., 2022; Bucker et al., 2023).

Aliada ao uso de tecnologias geoespaciais, como modelos digitais de elevação (MDE) de alta resolução e sistemas de informações geográficas (SIG), essa abordagem permite uma caracterização precisa da dinâmica hidrogeomorfológica, fornecendo subsídios técnicos para o ordenamento territorial e a mitigação de desastres (Braz et al., 2018).

Esse tipo de análise é essencial para fortalecer a resiliência na Amazônia e está alinhado às metas dos Objetivos de Desenvolvimento

Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU (ONU, 2015a), especialmente ao ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) que visa tornar as cidades mais inclusivas e resilientes, reconhecendo que o crescimento desordenado e a ocupação inadequada de áreas de risco agravam os impactos das enchentes e ao ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima) que preconiza o fortalecimento da resiliência e da capacidade adaptativa frente aos eventos climáticos extremos (ONU, 2015b; ONU, 2015c).

Diante desse contexto, este estudo tem como objetivo realizar a análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Igarapé São Francisco, a fim de identificar parâmetros fisiográficos associados à susceptibilidade a inundações. Por meio da integração de técnicas de geoprocessamento e dados espaciais de alta resolução, busca-se subsidiar o planejamento urbano e a gestão de riscos, contribuindo para a formulação de políticas públicas voltadas à adaptação climática e à redução de vulnerabilidades socioambientais.

Material e métodos

Área de Estudo

A BHISF situa-se na porção oeste do município de Rio Branco (AC). Está localizada nos municípios de Bujari e Rio Branco, na mesorregião do Vale do Acre, Estado do Acre (Andrade et al., 2022; Almeida et al., 2025).

A área de estudo compreende uma região de aproximadamente 54,5 km² e integra a rede de drenagem estadual, tendo como principal canal de drenagem o Igarapé São Francisco, o qual confere o nome a bacia e é afluente da margem esquerda do rio Acre (Nascimento et al., 2013; Andrade et al., 2022; Almeida et al., 2025).

A nascente do Igarapé situa-se próxima ao limite entre os municípios de Bujari e Rio Branco, enquanto sua foz encontra-se no Rio Acre, na área urbana de Rio Branco. Ao longo de seu percurso, o Igarapé atravessa 17 bairros da cidade, sendo considerado o maior afluente urbano da região, com aproximadamente 20 km de extensão, contribuindo com cerca de 50% da drenagem da Bacia do Rio Acre. Seus principais afluentes são os córregos Senzala, Onça, Saituba, Dias Martins e Batista, na margem direita (parte norte da bacia). Há poucos afluentes na margem esquerda, todos intermitentes e de extensão limitada (Andrade et al., 2022; Almeida et al., 2025).

O clima da região é do tipo equatorial quente e úmido, caracterizado por altas temperaturas e média anual de pluviosidade próxima de 2.000 mm. O período de junho a agosto apresenta baixa precipitação, enquanto o período de novembro a março é considerado o chuvoso (Oliveira et al., 2021; Taveira et al., 2023).

A BHISF apresenta características essencialmente urbanas e, por isso, sofre intensa pressão decorrente do crescimento desordenado da cidade. Esse processo resulta em impactos ambientais significativos e aumenta a vulnerabilidade da região diante de eventos de chuvas intensas e das consequentes inundações (Lima et al., 2012; Araújo et al., 2020; Andrade et al., 2022). Segundo Andrade et al. (2022), um aspecto particular dessa bacia é a presença de uma Área de Proteção Ambiental (APA) em seu interior, a qual corresponde a mais da metade de sua extensão.

A Figura 1 exibe uma representação da localização da bacia hidrográfica.

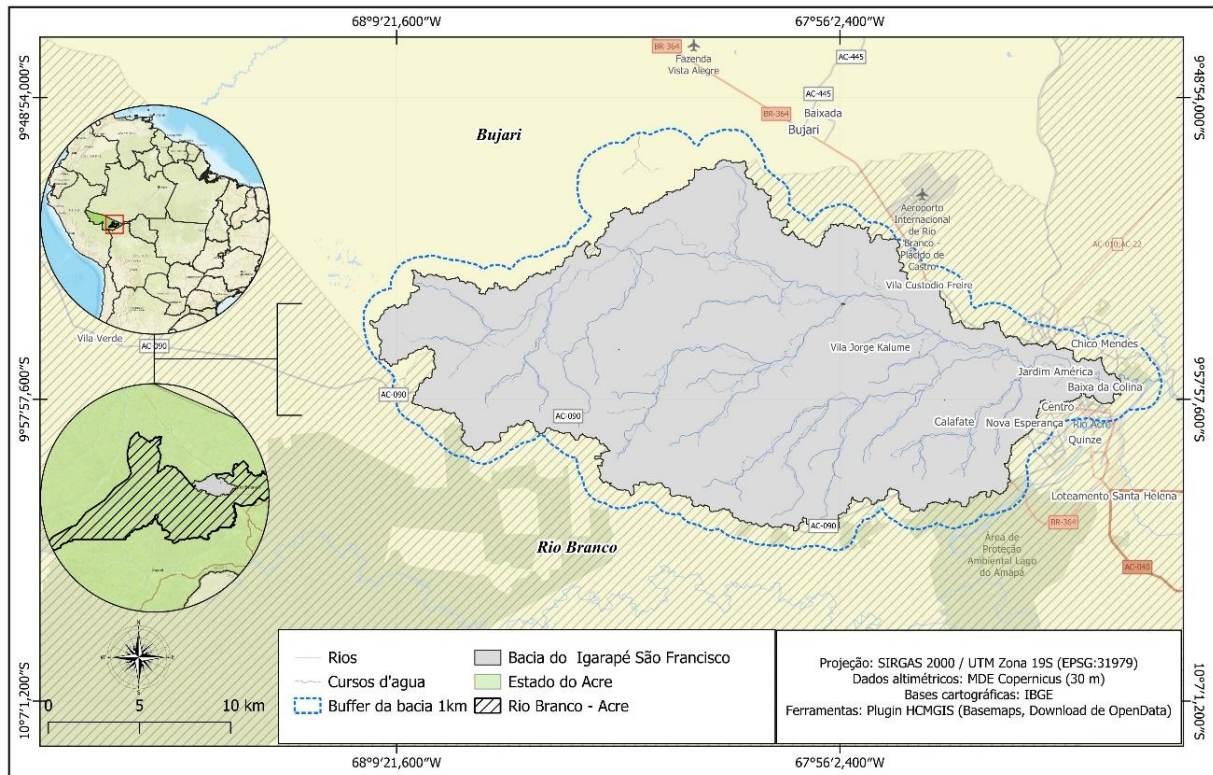


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Igarapé São Francisco, Acre.

Processamento de Dados e Delimitação da Bacia

A delimitação da BHISF de seu a partir do Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando o *Software* QGis, versão 3.18. Foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) *Copernicus Global DEM*, em um *raster* com resolução espacial de 30 m. O *Datum* utilizado foi o Sirgas 2000, com projeção da camada vetorial do Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) UTM *zone* 19S. Os dados foram acessados por meio do *plugin* OpenTopography (Negri & Fill, 2023; Souza et al., 2023; Lima et al., 2024).

O pré-processamento do MDE se deu fundamentalmente ao preenchimento de *pixels* sem dados, à correção de valores negativos e à remoção de depressões espúrias. Quanto ao processamento, que culminou com a delimitação da bacia hidrográfica em estudo, ocorreu basicamente em cinco etapas: primeiramente se procedeu com a direção de fluxo e escoamento (*Flow Direction - channel network and drainage basins*); em seguida, analisou-se a acumulação do fluxo de escoamento da água (*Flow Connectivity - channel network and drainage basins*); hierarquia fluvial proposta (*Strahler Order*); em etapa seguinte, procedeu-se a geração da grade de bacias para a área de estudo (*Drainage Basins - channel network and drainage basins*), e finalmente, estabeleceu-se

os limites da bacia em estudo (*Upslop area*) (Souza et al., 2023; Lima et al., 2024).

Os cursos d'água foram classificados segundo a metodologia de Horton (1945), modificada por Strahler (1952; 1957; 1964), conforme destacado por Negri e Fill (2023).

Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica

Os parâmetros morfométricos determinados para análise fisiográfica da bacia estão apresentados na sequência. Além disso, foram apresentadas informações fundamentais como área (A), perímetro (P) e outros dados relevantes.

a) Coeficiente de compacidade

É a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo da mesma área que a bacia hidrográfica em estudo. É sempre maior que 1 e quanto maior o seu valor indica que menor é o tempo de concentração (Lima et al., 2024; Negri & Fill, 2023).

$$K_C = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

b) Fator de forma

É a razão entre a largura média da bacia ($\frac{A}{L}$) e o comprimento do eixo da bacia ou comprimento axial (L) (da foz ao ponto mais longínquo da área). Quanto menor for o seu valor (mais próximo de 0) a bacia hidrográfica é mais alongada e menos suscetível a enchentes (Alcântara & Amorim, 2005; Negri & Fill, 2023).

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

c) Declividade simples

É a razão entre a diferença de altitude entre a nascente e a foz e o comprimento do rio principal. Maior a declividade indica maior velocidade de escoamento, maior potencial erosivo e menor tempo de concentração. Áreas com rios de alta declividade são mais propensas a eventos de inundação e deslizamentos de terra mediante chuvas intensas (Souza et al., 2021; Lima et al., 2024).

$$I_S = \frac{Cota_{Nascente} - Cota_{Foz}}{L_C}$$

d) Declividade axial (razão de relevo)

Consiste na relação entre a diferença máxima de altitude da bacia (H_m) e o comprimento do eixo da bacia ou comprimento axial (L) (Souza et al., 2021; Negri & Fill, 2023).

$$D_A = \frac{H_m}{L}$$

e) Densidade de drenagem

É a razão entre os comprimentos total dos cursos d'água e a área da bacia hidrográfica em estudo. De acordo com Nascimento et al. (2013), este índice varia de 0,5 km/km², para bacias com drenagem pobre, a 3,5 km/km² ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas.

$$D_D = \frac{L_t}{A}$$

f) Densidade hidrográfica

Representa a razão entre o número de rios ou canais de primeira ordem (N) e a área da bacia hidrográfica (A). Tem relação com a capacidade de ramificação dos cursos d'água. De acordo com Santos et al. (2012), D_H menor que 3 é baixa

enquanto maior que 15 é muito alta (Santos et al., 2012; Lima et al., 2024).

$$D_H = \frac{N}{A}$$

g) Densidade de confluência

Representa a razão entre o número de confluências ou bifurcações (N_C) e a área da bacia hidrográfica (A). Baixas densidades de confluências indicam bacias aluviais, enquanto valores altos de densidade significam estruturas de colinas (Negri & Fill, 2023).

$$D_C = \frac{N_C}{A}$$

h) Comprimento de escoamento superficial

É definido como a distância de escoamento superficial da água até atingir determinado canal. Quanto menor for o comprimento de escoamento superficial, menor o tempo de concentração da bacia hidrográfica. Quanto maior a densidade de drenagem, menor é o comprimento do escoamento superficial, indicando menor tempo de concentração e potencializando o risco de inundações repentinas (Souza et al., 2021; Negri & Fill, 2023).

$$L_G = \frac{1}{2 D_D}$$

i) Coeficiente de sinuosidade

É a relação entre o comprimento do rio principal (L_C) e o comprimento do talvegue do rio principal (L_T) medido em linha reta da nascente até o exutório. Tem relação com o controle de velocidade na bacia e com o tempo de concentração. Quanto maior a sinuosidade, maior será a dificuldade de se atingir o exutório do canal, portanto, a velocidade de escoamento será menor (Santos et al., 2012; Nascimento et al., 2013; Negri & Fill, 2023).

$$K_S = \frac{L_C}{L_T}$$

j) Coeficiente de rugosidade

É o produto da diferença máxima de altitude da bacia (H_m) pela sua densidade de

drenagem (D_D), tendo relação com a declividade média dos cursos d'água. Os valores de rugosidade elevados indicam bacias de declive mais íngremes, enquanto os valores de rugosidade baixos indicam

bacias menos íngreme e menos influenciadas pelas estruturas geológicas (Salis et al., 2019; Negri & Fill, 2023).

$$K_R = D_D * H_m$$

Para a determinação do indicador de declividade média dos rios, utilizou-se coeficiente proposto por Negri e Fill (2023), descrita na Equação 1.

$$D_R = \frac{D_A}{K_S} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

D_R : indicador da declividade média dos rios (%);

D_A : declividade axial (%);

K_S : coeficiente de sinuosidade (adimensional)

A classificação sugerida por Negri e Fill (2023) para o indicador de declividade média dos rios é apresentada no Quadro 2.

Quadro 1: Classificação do indicador de declividade média do rio (D_R)

Valor do D_R	Denominação
Menor que 0,5%	Pouco inclinado
Entre 0,5% e 1,0%	Suavemente inclinado
Entre 1,0% e 2,5%	Inclinado
Entre 2,5% e 5,0%	Moderadamente inclinado
Maior que 5,0%	Fortemente inclinado

Para a determinação da suscetibilidade da bacia hidrográfica a enchentes (km/km^2 %) para a bacia hidrográfica em estudo, utilizou-se o coeficiente apresentado por Negri e Fill (2023), destacado na Equação 2.

$$K_{SE} = D_D * D_A = \frac{\sum L_t}{A} * \frac{H_m}{L} * 100 \quad (\text{Equação 2})$$

D_D : densidade de drenagem (km/km^2);

D_A : declividade axial (%);

A : área de drenagem (km^2);

$\sum L_t$: comprimento total dos cursos d'água da bacia hidrográfica em estudo (km);

L : comprimento axial (km);

H_m : desnível altimétrico máximo (m).

Onde:

K_{SE} : coeficiente de suscetibilidade a enchentes (km/km^2 %);

A classificação sugerida por Negri e Fill (2023) para o coeficiente de suscetibilidade a enchentes é apresentada no Quadro 3.

Quadro 2: Classificação o coeficiente de suscetibilidade a enchentes (K_{SE})

Valor do K_{SE}	Denominação
Menor que 1,0%	Baixo
Entre 1,0% e 2,0%	Regular
Entre 2,0% e 10,0%	Alta
Maior que 10%	Muito alta

Resultados e discussão

A delimitação da bacia hidrográfica em estudo, a partir do MDE Copernicus Global DEM, em um raster com resolução espacial de 30 m, permitiu a obtenção de parâmetros fisiográficos fundamentais para a compreensão da dinâmica

hidrológica do sistema. A bacia apresentou área de aproximadamente 468,966 km^2 e perímetro de 201,504 km, abrangendo parte dos municípios de Rio Branco e Bujari, configurando-se como uma importante unidade hidrográfica no contexto urbano da capital acreana. Na Tabela 1 são

apresentadas as medidas fundamentais, além de outros valores importantes para a determinação dos parâmetros de caracterização fisiográfica e suscetibilidade a enchentes da BHISF, localizado na cidade de Rio Branco, Acre.

Tabela 1: Valores das medidas fundamentais para a determinação dos parâmetros fisiográficos da BHISF

Medida	Unidade	Valor
Área (A)	km ²	468,966
Perímetro (P)	km	201,504
Comprimento axial (da foz ao ponto mais longínquo da área) (L)	km	43,070
Comprimento do rio principal (da nascente à foz) (L _c)	km	55,914
Comprimento total dos cursos d'água (L _t)	km	646,166
Número de rios ou canais (N)	unidade	802,000
Número de rios ou canais de primeira ordem (N ₁)	unidade	402,000
Número de confluências ou bifurcações (N _c)	unidade	400,000
Comprimento do talvegue (comprimento vetorial) do rio principal (L _T)	km	42,313
Cota da nascente	m	202,890
Cota da foz	m	124,814
Maior cota da bacia	m	241,703
Menor cota da bacia	m	124,814
Diferença máxima de altitude	Hm	116,889

A análise morfométrica constitui uma ferramenta amplamente utilizada para avaliar o comportamento hidrológico de bacias hidrográficas, permitindo inferir sua resposta frente a eventos pluviométricos intensos. De acordo com diversos autores, os parâmetros morfométricos fornecem indicativos relevantes sobre a eficiência da drenagem, o tempo de concentração das águas e a suscetibilidade a processos erosivos e enchentes (Ramírez-Granados et al., 2021; Tomé Hernández & Villarreal Manzo, 2022; Esteves et al., 2023).

A partir dos valores apresentados foram estimados os parâmetros para a bacia hidrográfica em estudo, além do indicador de declividade do rio (D_R) e do coeficiente de suscetibilidade da bacia

hidrográfica a enchentes (K_{SE}), que indica maior ou menor potencial para enchentes repentinas ou enxurradas. Na Tabela 2, elenca-se os parâmetros fisiográficos e os indicadores mencionados para a bacia hidrográfica em análise. Os critérios de classificação foram considerados de acordo com Negri e Fill (2023).

Tabela 2: Estimativa dos parâmetros fisiográficos e suas classificações para a BHISF

Características fisiográficas			
Parâmetro e unidade	Critério e Intervalo	Valor	Classificação
Coeficiente de compacidade K_C	Alto: $K_C \leq 1,25$ Médio: $1,25 < K_C < 1,5$ Baixo: $K_C \geq 1,5$	2,624	Baixo
Fator de forma K_F	Alto: $K_F \geq 0,75$ Médio: $0,75 < K_F < 0,50$ Baixo: $K_F \leq 0,5$	0,253	Baixo
Declividade simples I_s (%)	Plano: $I_s < 3\%$ Suavemente ondulado: $3 \leq I_s < 8\%$ Ondulado: $8 \leq I_s < 20\%$ Fortemente ondulado: $20 \leq I_s < 45\%$ Montanhoso: $45 \leq I_s < 75\%$ Escarpado Maior: $I_s \geq 75\%$	0,140	Plano
Declividade axial (razão de relevo) D_A (%)	Plano: $D_A < 0,4\%$ Suavemente inclinado: $0,4\% \leq D_A < 1\%$ Inclinado: $1\% \leq D_A < 2\%$ Moderadamente inclinado: $2\% \leq D_A < 3\%$ Fortemente inclinado: $3\% \leq D_A < 9\%$ Montanhoso: $D_A \geq 9\%$	0,271	Plano
Densidade de drenagem D_D (km/km ²)	Baixa: $D_D < 0,50$ km/km ² Regular: $0,5 \leq D_D < 2$ km/km ² Alta: $2 \leq D_D < 3,5$ km/km ² Muito Alta: $D_D \geq 3,5$ km/km ²	1,378	Regular
Densidade hidrográfica D_H (N/km ²)	Baixa: $D_H < 3$ N/km ² Média: $3 \leq D_H < 7$ N/km ² Alta: $7 \leq D_H < 15$ N/km ² Muito Alta: $D_H \geq 15$ N/km ²	0,857	Baixa
Densidade de confluência D_C (Nc/km ²)	Baixa: $D_C < 3$ Nc/km ² Média: $3 \leq D_C < 7$ Nc/km ² Alta: $7 \leq D_C < 15$ Nc/km ² Muito Alta: $D_C \geq 15$ Nc/km ²	0,853	Baixa
Comprimento de escoamento superficial L_G (km)	Mal Drenada: $L_G \geq 1$ km Mediamente Drenada: $0,33 \text{ km} \leq L_G < 1$ km Bem Drenada: $0,15 \text{ km} \leq L_G < 0,33$ km Muito bem drenada: $L_G < 0,15$ km	0,363	Mediamente drenada
Coeficiente de sinuosidade K_S	Retilíneo: $K_S \leq 1,2$ Sinuosidade média: $1,2 < K_S < 2$ Sinuosidade elevada: $K_S \geq 2$	1,321	Sinuosidade média

Coeficiente de rugosidade K_R (m.km/km ²)	Pouco suscetível: $K_R < 300$ m.km/km ² Regular: $300 \leq K_R < 750$ m.km/km ² Suscetível: $750 \leq K_R < 1.000$ m.km/km ² Muito suscetível: $K_R \geq 1.000$ m.km/km ²	161,056	Pouco suscetível
Indicadores de suscetibilidade a enchentes bruscas			
Parâmetro e unidade	Critério	Valor	Classificação
Indicador de declividade média dos rios D_R (%)	Pouco inclinado: $D_R < 0,5\%$ Suavemente inclinado: $0,5\% \leq D_R < 1,0\%$ Inclinado: $1,0\% \leq D_R < 2,5\%$ Moderadamente inclinado: $2,5\% \leq D_R < 5,0\%$ Fortemente inclinado: $D_R \geq 5,0\%$	0,205	Pouco inclinado
Coeficiente de suscetibilidade de enchente (K_{SE}) (% km/km ²)	Baixa: $K_{SE} < 1,0\%$ Regular: $1,0\% \leq K_{SE} < 2,0\%$ Alta: $2,0\% \leq K_{SE} < 10,0\%$ Muito alta: $K_{SE} \geq 10,0\%$	0,374	Baixa

A avaliação da forma espacial da BHISF desvela de maneira inequívoca a predominância de formas delgadas. O coeficiente de compacidade (K_C) estabeleceu-se em 2,624, que conforme os preceitos validados na bibliografia atual, bacias hidrologicamente perigosas tendem a possuir um perímetro semelhante ao de um círculo perfeitamente regular ($K_C = 1,0$), uma vez que a forma radial favorece que a precipitação coletada em qualquer um dos extremos viaje pelo mesmo comprimento e alcance a foz no mesmo instante temporal, provocando um pico hidrológico monumental. Um valor superior a 1,5, como o da BHISF, indica grande distanciamento da forma circular, caracterizando um polígono de forma mais alongada e estreita, com característica de ser menos suscetível a picos de cheias severas e repentinas.

Esse perfil alongado é ratificado solidamente pelo fator de forma (K_F), quantificado em modestos 0,253, inserindo-se com precisão na classe de baixa tendência a cheias ($K_F \leq 0,5$). O arcabouço bibliográfico construído na última década na Amazônia aponta resultados análogos para bacias que escoam em extensas planas. Trabalhos morfométricos recentes como os de Silva et al. (2022), na bacia do rio Itacaiunas (Amazônia Oriental), e as pesquisas na bacia do rio Parauapebas (Azambuja & Conceição, 2024), têm correlacionado esse "estiramento" geométrico com um eficiente mecanismo fisiográfico de retardamento do tempo de concentração. Em outras palavras, as águas oriundas de temporais

precipitados nas cabeceiras demoram um tempo muito superior para atingir a zona urbana em Rio Branco do que as chuvas que caem no médio curso. Esse descasamento temporal dos tributários amortece o hidrograma global de resposta da bacia natural.

Na bacia do Riacho das Garças, em Pernambuco, valores reduzidos de fator de forma e índice de circularidade indicaram uma configuração alongada da bacia, o que favorece maior distribuição temporal do escoamento e menor propensão à ocorrência de enchentes em condições normais de precipitação (Alves & Barros, 2021).

Lima et al. (2024) encontraram resultados semelhantes, para a Bacia Hidrográfica do Igarapé Canela Fina, em Cruzeiro do Sul, também no estado do Acre. De modo similar, foram os resultados encontrados por Souza et al. (2023), para a Bacia Hidrográfica Treze de Maio, no oeste da Amazônia. Isso pode ser um indicativo de características das bacias hidrográficas da região amazônica. Nascimento et al. (2013) também analisaram o fator de forma e o coeficiente de compacidade para a bacia do Igarapé São Francisco, a partir de base de dados diferentes, e encontraram estimativas semelhantes.

À luz exclusiva dos coeficientes de forma, a BHISF dispõe de uma baixa probabilidade inata à constituição de cheias súbitas intensas originárias unicamente da precipitação, constituindo-se uma unidade territorial fisiograficamente resiliente.

Lima et al. (2024) destacam que a configuração geomorfológica de uma bacia hidrográfica é um parâmetro importante, uma vez que, quanto mais próxima da circularidade, maior é a sua capacidade de retenção hídrica. Todavia, a declividade é uma das mais importantes variáveis utilizadas na gestão de bacias hidrográficas, pois maior declividade se associa a maior velocidade de escoamento.

Outro parâmetro relevante para a análise hidrológica é a declividade média da bacia, que apresentou valores relativamente baixos. A análise da declividade da bacia fornece informações relevantes sobre a dinâmica do escoamento superficial. Áreas com relevo mais acidentado tendem a apresentar maior velocidade de escoamento e maior potencial erosivo, enquanto regiões com declividades mais suaves favorecem a infiltração da água no solo e reduzem a energia do fluxo superficial. Nesse sentido, a declividade média da bacia pode influenciar diretamente o tempo de concentração das águas pluviais e a magnitude das vazões geradas durante eventos de precipitação intensa.

A declividade média dos cursos d'água estimada para a bacia foi relativamente baixa, característica típica de ambientes de planície amazônica. Os valores da declividade simples e declividade axial foram estimados em 0,140 e 0,271, respectivamente (Tabela 2). Em terrenos planos, como a bacia em estudo, indica região propensa a escoamento lento e redução de picos de cheia repentinas. Porém, mostra-se mais propensa a cheias prolongadas e, neste caso, medidas de armazenamento e retenção, melhorias na drenagem ou técnicas de impulsionamento de infiltração são algumas estratégias viáveis à gestão de eventos com potencial danoso (Belarmino & Bastos, 2021; Etchebehere et al., 2004).

Esse comportamento também foi observado em estudos realizados em outras bacias hidrográficas da região amazônica. Silva et al. (2022), ao analisarem a morfometria da bacia do rio Itacaiunas, no estado do Pará, identificaram que áreas com baixa declividade apresentam resposta hidrológica mais lenta, com maior tempo de concentração das águas pluviais. De forma análoga, Souza et al. (2023) observaram que bacias localizadas em ambientes de relevo suave apresentam menor energia do escoamento superficial e maior tendência à ocorrência de inundações graduais, especialmente em períodos de chuvas persistentes.

No que diz respeito à drenagem, a BHISF apresenta densidade de drenagem regular, com

coeficiente estimado em 1,378 km/km², sugerindo que a bacia em estudo possui quantidade moderada de canais para escoar a água. Esse índice expressa a relação entre o comprimento total dos cursos d'água e a área da bacia, sendo amplamente utilizado para avaliar a eficiência da rede de drenagem. A densidade hidrográfica e a densidade de confluência foram estimadas em 0,857 e 0,853, respectivamente, classificadas como baixa. De acordo com Peruzzo et al. (2022), a densidade de drenagem reflete a transmissibilidade do terreno e, consequentemente, a susceptibilidade à erosão. Os resultados sugerem que, embora a água encontre seu caminho para escoar, a bacia pode ter características que favorecem a infiltração em detrimento de uma densa rede de canais superficiais. É importante notar que esses parâmetros são influenciados por fatores como tipo de solo, geologia, vegetação e regime de chuvas (Failache & Zuquette, 2021; Vidaletti et al., 2021; Rahman Joy et al., 2023; Meles et al., 2024).

Segundo estudos recentes de análise morfométrica, a densidade de drenagem exerce forte influência sobre a dinâmica hidrológica e a susceptibilidade a processos erosivos e enchentes. Em bacias com alta densidade de drenagem, a água precipitada alcança rapidamente os canais fluviais, aumentando o potencial de geração de cheias rápidas. Por outro lado, densidades menores tendem a favorecer a infiltração e o armazenamento temporário da água no solo, contribuindo para uma resposta hidrológica mais lenta (Shaddoud et al., 2025).

A bacia hidrográfica em análise apresenta sinuosidade média, com coeficiente estimado em 1,321 (Tabela 2), indicando que não se trata de um rio excessivamente reto e nem excessivamente meandrante. A sinuosidade exerce influência direta na dinâmica hidráulica dos rios, pois canais mais sinuosos dissipam parte da energia do fluxo, reduzindo a velocidade da água e favorecendo processos de deposição sedimentar (Salis et al., 2019). Canais com baixa sinuosidade intensificam a velocidade do escoamento e permitem que o fluxo de água seja mais rápido durante eventos de chuva intensa, pois há menos obstáculos e curvas para desacelerar a água (Souza et al., 2023; Lima et al., 2024).

O padrão moderado de sinuosidade identificado na BHISF contribui para reduzir a energia do escoamento ao longo do canal principal, o que pode auxiliar na diminuição do risco de erosão fluvial e de picos abruptos de vazão. No entanto, esse mesmo fator pode favorecer o acúmulo de sedimentos e o assoreamento do leito,

especialmente em ambientes urbanos onde há elevada carga de sedimentos proveniente da erosão de áreas ocupadas.

A rugosidade é outro indicador muito importante para a gestão de bacias hidrográficas, especialmente para a gestão de cheias. A rugosidade da superfície está diretamente relacionada à presença de vegetação, irregularidades do terreno e características do uso e cobertura do solo. Em bacias com maior rugosidade, o escoamento tende a ser mais lento, favorecendo a infiltração e reduzindo a energia do fluxo superficial (Ferreira et al., 2020). Para o estudo em tela, a BHISF, o coeficiente de rugosidade foi estimado em 161,056 m.km/km², enquadrando-se como pouco suscetível.

Uma rugosidade menor, como é caso do Igarapé São Francisco, acelera o escoamento e aumenta o risco de cheias repentinas. Por sua vez, uma rugosidade maior ajuda a amortecer e distribuir o fluxo, tornando-se um indicador fundamental da capacidade de uma bacia de resistir e retardar o fluxo da água (Salis et al., 2019; Negri & Fill, 2023).

Os indicadores de suscetibilidade a cheias bruscas utilizados no presente estudo permitiram concluir que a BHISF possui pouca inclinação e baixa suscetibilidade a cheias rápidas e bruscas. O indicador de declividade média foi estimado em 0,205%, indicando baixa declividade. Esse valor é semelhante ao que foi estimado por Lima et al. (2024) para a Bacia Hidrográfica do Canela Fina, na região de Cruzeiro do Sul, também no estado do Acre. O estudo conduzido por Negri e Fill (2023), que analisou 14 bacias hidrográficas brasileiras, e encontrou valores semelhantes para esse indicador de declividade em aproximadamente 30% delas.

Em relação ao coeficiente de suscetibilidade a cheias rápidas e bruscas, a BHISF apresentou valor estimado em 0,374% km/km², indicando baixo indicativo de enchentes bruscas. Os resultados indicam um potencial baixo para a ocorrência de inundações repentinas e severas.

A análise geomorfológica, respaldada por todos os seus índices fundamentais, ratifica repetidas vezes que o sistema da BHISF é um agente atenuador natural, alongado, poroso, plano, de fluxo sereno e de baixíssima predisposição para a formação rápida de inundações. Diferentemente dos apontamentos registrados de eventos de cheias extremas na BHISF, como aquele registrado em março de 2023 resultando em danos significativos à infraestrutura urbana e afetando diretamente a população residente (Mansano & Serrano, 2023).

Apesar dos parâmetros morfométricos indicarem baixa suscetibilidade natural a enchentes repentinas, é importante considerar que a BHISF está inserida em uma área predominantemente urbana, onde processos antrópicos podem alterar significativamente a dinâmica hidrológica da bacia.

A resolução deste paradoxo exige uma abordagem mais ampla, preenchida pelos estudos de eventos climáticos e alterações sociais, onde evidencia-se que os eventos hidrológicos não dependem mais apenas de respostas das características morfométricas das bacias, mas também do estrangulamento da capacidade hídrica submetido a agentes extremos.

Nessa conformidade, podem estar relacionados diversos fatores: baixa declividade que vem a potencializar o armazenamento de água na bacia e fluxo acumulado, mudanças na ocupação e uso do solo no contexto da bacia em estudo como a expansão urbana desordenada, além de aumento da frequência e intensidade de chuvas na região, observados pelas mudanças nos padrões hidrológicos amazônicos (Nascimento et al., 2013; Oliveira et al., 2021; Andrade et al., 2022; Araújo et al., 2025).

Estudos recentes sobre a bacia do Rio Acre indicam que, embora os parâmetros morfométricos apontem para baixa suscetibilidade a inundações bruscas, a região tem experimentado eventos de inundação cada vez mais frequentes e severos. Entre 1970 e 2024, o rio Acre transbordou em múltiplas ocasiões, com destaque para eventos particularmente severos em 2015 e 2024 (Santos et al., 2025). Em março de 2024, o rio atingiu 17,89 metros, a segunda maior cota já registrada, afetando milhares de pessoas (Mantovani, 2025). Essa aparente contradição entre baixa suscetibilidade morfométrica e alta frequência de inundações pode ser explicada por fatores relacionados às mudanças climáticas, à expansão urbana em áreas de risco e à alteração dos padrões hidrológicos amazônicos.

Estudos recentes têm demonstrado que a urbanização constitui um dos principais fatores responsáveis pela intensificação de enchentes em bacias hidrográficas urbanas. Araújo et al. (2020) destacam que o crescimento urbano desordenado em Rio Branco tem contribuído para o aumento da vulnerabilidade da cidade frente a eventos hidrológicos extremos. De forma semelhante, Esteves et al. (2023) apontam que alterações no uso e cobertura da terra podem modificar significativamente o comportamento hidrológico das bacias, ampliando os impactos de chuvas intensas.

No caso específico da BHISF, eventos recentes de inundação registrados em Rio Branco demonstram que fatores antrópicos podem estar amplificando os impactos hidrológicos na região. A inundação ocorrida em março de 2023 evidenciou a vulnerabilidade da bacia, resultando em transbordamentos significativos do Igarapé São Francisco e afetando diversas áreas urbanas. Esses eventos indicam que, mesmo em bacias com características morfométricas relativamente favoráveis à dissipação do escoamento, alterações no uso do solo e mudanças climáticas podem intensificar a ocorrência de desastres hidrológicos.

A bacia hidrográfica do Igarapé Redenção, em Rio Branco/AC compartilha do mesmo aspecto, possui geometria alongada, com baixa suscetibilidade a enchentes, baseado na análise morfométrica, porém com elevada antropização, que associado ao regime de chuvas da região mostra-se um fator preocupante, indicando riscos de cheias (Araújo et al., 2022).

Dessa forma, os resultados obtidos neste estudo evidenciam que a BHISF apresenta características fisiográficas que, em condições naturais, tenderiam a reduzir a ocorrência de enchentes repentinas. No entanto, a combinação entre urbanização acelerada, ocupação irregular do solo e alterações climáticas pode modificar significativamente a dinâmica hidrológica da bacia, aumentando sua vulnerabilidade a eventos extremos.

Nesse contexto, a análise morfométrica da bacia constitui um importante instrumento de apoio ao planejamento territorial e à gestão de riscos ambientais. A integração dessas informações com estudos de uso e cobertura da terra, modelagem hidrológica, análise de vulnerabilidade e planejamento urbano pode contribuir para a implementação de estratégias mais eficazes de adaptação climática e mitigação de desastres na cidade de Rio Branco.

Conclusão

A análise morfométrica da BHISF evidenciou características fisiográficas que indicam baixa suscetibilidade a cheias rápidas e bruscas. Os parâmetros de forma e compacidade revelaram uma bacia alongada, com menor tendência a geração de picos súbitos de vazão. Além disso, verificou-se valores baixos para a declividade, confirmando a predominância de terrenos planos, o que favorece o escoamento lento.

A densidade de drenagem foi classificada como regular, e as densidades hidrográfica e de

confluência, como baixas, sugerindo uma rede de drenagem pouco densa e uma maior propensão à infiltração, sobretudo em função das características do solo, cobertura vegetal e geologia local. A sinuosidade média e o baixo coeficiente de rugosidade reforçam a condição de escoamento com baixa resistência ao fluxo, contribuindo para o entendimento do comportamento hidrológico da bacia em estudo.

Os indicadores específicos de suscetibilidade a cheias, como o índice de declividade média dos rios (0,205%) e o coeficiente de suscetibilidade a enchentes (0,374% km/km²), também apontam para um baixo potencial de ocorrência de inundações repentinas. No entanto, a topografia plana da bacia pode favorecer a ocorrência de cheias, sobretudo em contextos de mudanças no uso e cobertura do solo e aumento da frequência de eventos extremos de precipitação.

Dessa forma, os resultados apresentados neste estudo oferecem subsídios importantes para o planejamento e a gestão de riscos na bacia do Igarapé São Francisco. Estratégias voltadas à infraestrutura pode estar entre as ações recomendadas para atenuar possíveis impactos negativos, especialmente frente às mudanças climáticas e ao crescimento urbano desordenado.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal do Acre – UFAC e ao Tribunal de Contas do Estado do Acre – TCE/AC pelo apoio à pesquisa.

Referências

- Alcântara, E. H. & Amorim, A. J. (2005). Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso. *Caminhos da Geografia*, 7(14), 70-77. <https://doi.org/10.14393/RCG61415372>
- Almeida, M. S., Montag, L. F. A., Oliveira, L. P., Jardim-Júnior, A. A., Penha, I. C. S., Passos, L. F. G., Fratari, M. C., Vieira, L. J. S. & Hashiguti, D. T. (2025). Length-weight relationship and condition factor of 11 fish species in streams of a protected area in the Acre River basin, northern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 85, e291756. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.291756>
- Alves, K. M. A. S., Dávila, M. C. P., García, E. D. Z., Lira, D. R. & Monteiro, K. A. (2021). Caracterización morfométrica de la cuenca del Salado Bajo, Región de Atacama, Chile. *Investigaciones Geográficas*, 62, 90-105.

<https://doi.org/10.5354/0719-5370.2021.64574>.

- Alves, A. T. A. & Barros, V. H. O. (2021). Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Riacho das Garças, Pernambuco, Brasil. *Revista Semiárido De Visu*, 9(2), 131–142. <https://doi.org/10.31416/rsdv.v9i2.236>
- Andrade, G. B., Rocha, K. S., Hid, A. R., Dueti, L. S. M. & Reis, F. S. (2022). Análise espaço temporal das alterações de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Igarapé São Francisco, Rio Branco – Acre – Brasil (2001 – 2021). *Uaquiri-PPGEO*, 4(2), 139-151. <https://doi.org/10.29327/268458.4.2-9>
- Araújo, G. L., Nascimento, B. S., Lopes, A. B. G., Brito, Y. D., Paula, V. M., Mesquita, A. A., Moreira, J. G. V. & Serrano, R. O. P. (2025). Processo de urbanização e relação com o meio ambiente e recursos hídricos: do contexto histórico à ocupação da bacia hidrográfica do Igarapé São Francisco, em Rio Branco, Acre. *Caderno Pedagógico*, 22(4), e13870. <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n4-026>
- Araújo, L. M. de., Araújo, L. M. de., Medeiros, G. A. de., & Serrano, R. O. P. (2022). Análise morfométrica da bacia hidrográfica do igarapé Redenção em Rio Branco – Acre. In *Anais do Meio Ambiente Poços 2022*. https://meioambientepocos.com.br/anais/AN/AIS2022/33%20-%20240332_analise-morfometrica-da-bacia-hidrografica-do-igarape-redencao-em-rio-branco--acre.pdf
- Araújo, R. M. G., Santos, J. A. R., Ghidini, A. R.; Santos, L., Pereira, P. P. S. & Santos, L. A. (2020). Diagnóstico da integridade ambiental de trechos de um igarapé por meio de protocolo de avaliação rápida – Rio Branco, AC. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, 9(4), 28-38.
- Azambuja, A. M. S., & Conceição, R. A. C. (2024). Caracterização fisiográfica da bacia do rio paraapebas/pa. *Revista Foco*, 17(2), e4501. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n2-116>
- Belarmino, Y. S. & Bastos, F. H. (2021). Análise morfoestrutural e aplicação do índice declividade extensão (RDE) na bacia hidrográfica do rio Ubatuba, divisa CE/PI, nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 22(2), 441-462. <https://doi.org/10.20502/rbg.v22i2.1974>
- Braz, A. M., Xavier, F. V. & Garcia, P. H. M. (2018). Análise da diferença entre dados altimétricos em uma bacia hidrográfica através da comparação entre modelos digitais de elevação. *Ateliê Geográfico*, 12(1), 71-96. <https://doi.org/10.5216/ag.v12i1.41467>
- Bucker, P. O. M., Pons, N. A. D. & Melloni, E. G. P. (2023). Caracterização morfométrica e análise estrutural da Bacia Hidrográfica do Rio Castelo, Espírito Santo, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16, 2228-2243. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.4.p2228-2243>.
- Caraminan, L., Santos, M. V., Pericato, A. J. & Eduvirgem, R. V. (2019). Mapeamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Barra Preta, Paraná. *Caderno de Geografia*, 29, 649-672. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2019v29n58p649-672>
- Carmo Filho, O. J. S., Oliveira, J. C. C. & Albuquerque, A. R. C. (2021). Bacias hidrográficas urbanas: O reflexo da precarização do saneamento em Manaus, Amazonas –Brasil. *Ateliê Geográfico*, 15, 70-93. <https://doi.org/10.5216/ag.v15i2.64877>
- Costa, A. A. D., Galvanin, E. A. S. & Neves, S. M. A. S. (2020). Análise morfométrica da bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara, Mato Grosso -Brasil. *Geosul*, 35, 483-500. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2020v35n74p483>
- Coutinho, E. C., Rocha, E. J. P., Lima, A. M. M., Ribeiro, H. M. C., Gutierrez, L. A. C. L., Barbosa, A. J. S., Paes, G. K. A., Bispo, C. J. C. & Tavares, P. A. (2017). Riscos socioeconômicos e ambientais em municípios banhados pelos afluentes do Rio Amazonas. *Ambiente & Água*, 12(5). <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2013>
- Estevam, A. L. D. & Maia, D. C. (2022). Morfometria e enchentes urbanas na bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe, Salvador-BA. *Geopauta*, 6, e10755. <https://doi.org/10.22481/rg.v6.e2022.e10755>.
- Esteves, L. V., Esteves, A. M. S. L., Paz, D. H. F. & Coutinho, A. P. (2023). Caracterização Morfométrica e Uso do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Sirinhaém (BHRS), Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16, 2609-2623. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.5.p2609-2623>.
- Etchebere, M. L. C., Saad, A. R., Fulfar, V. J. & Perinotto, J. A. J. (2004). Aplicação do índice “Relação Declividade – Extensão” na bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de deformações neotectônicas. *Geologia USP*.

- Série científica*, 4(2), 43 - 56.
<https://doi.org/10.5327/S1519-874X2004000200004>
- Failache, M. F. & Zuquette, L. V. (2021). Soil water infiltration under diferente land use conditions: in situ tests and modeling. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 26, e26.
<https://doi.org/10.1590/2318-0331.262120210063>
- Ferreira, F. A. O., Franco, A. C. S. & Souza, J. C. (2020). Caracterização geomorfométrica e pedológica da bacia hidrográfica do rio Bagagem (Goiás -GO). *Revista de Geografia (Recife)*, 37, 446-464.
<http://dx.doi.org/10.51359/2238-6211.2020.245168>
- Gutiérrez, R. D. G., López, J. L. O., Villa, Ó. R. M. & García, Ó. A. B. (2019). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Ayuquila, Jalisco-México. *Geofocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica*, 24, 141-158.
<https://doi.org/10.21138/GF.622>
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 56(3), 275-370.
[http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)
- IPAM – INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA. (2023). Impactos das mudanças climáticas na Amazônia urbana: relatório técnico sobre a bacia do rio Acre. Rio Branco: IPAM.
<https://ipam.org.br/rio-branco-teve-enchentes-em-41-dos-ultimos-52-anos>
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- Lima, K. D. J. V., Arcos, F. O., Serrano, R. O. P. & Lima, Y. M. S. (2012). Áreas de risco e ocupação urbana: o caso do bairro Raimundo Melo, Rio Branco, Acre – Brasil. *Revista Geonorte*, 2(4), 197-206.
- Lima, L. S., Vieira José, J., Souza, M. D., Pereira, L. B., Leite, K. N. & Moreira, J. G. V. (2024). Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do Canela Fina em Cruzeiro do Sul-Acre. *Revista Agronegócio e Meio Ambiente – RAMA*, 17(2), e11405.
<https://doi.org/10.17765/2176-9168.2024v17n2e11405>
- 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. (2022). Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Açude Grande no semiárido do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Geografia Física* 15, 429-442.
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.1.p429-442>
- Mansano, A. P. & Serrano, R. O. P. (2023). Mapeamento da área de inundação da bacia do Igarapé São Francisco – AC em março de 2023 no contexto Agenda 2030. *Revista de Tecnologia & Gestão Sustentável*, 2(6).
<https://doi.org/10.17271/rtgs.v2i6.4315>
- Mantovani, J. R. A. (2025). Hydrodynamic flood risk mapping of the march 2024 event in the acre river basin, southwestern amazon. UNESP Repository.
- Martins, D. D. S., de Camargo, R. V., Maciel, G. F., Serra, J. C. V. & Zukowski Junior, J. C. (2021). 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*, 14, 377-391.
<https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2021.14.1.71014>
- Meles, M. B., Brandford, S., Trasvina-Casillas, A., Chen, L. Osterman, G., Hatch, T., Ajami, H., Crompton, O., Levers, L. & Kisekka, I. (2024). Uncovering the gaps in managed aquifer recharge for sustainable groundwater management: A focus on hillslopes and mountains. *Journal of Hydrology*, 639, p. 1-16.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131615>
- Mendes, A. T. (2018). Delimitação da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio pela ferramenta de delimitação automática TauDEM. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11, 973-987.
<http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v10.6.p973-987>
- Nascimento, F. I. C., Santos, W. L., Lira, E. M. & Arcos, F. O. (2013). Caracterização morfométrica como base para o manejo da bacia hidrográfica do rio São Francisco – Acre. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 6(2), 170-183.
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v6.2.p170-183>

- Negri, R., & Fill, H. (2023). Caracterização física de 14 bacias hidrográficas brasileiras: proposição do indicador da declividade média dos rios e do coeficiente de susceptibilidade de enchentes. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 28, e20220194. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220220194>
- Oliveira, A. V., Serrano, R. O. P., Mesquita, A. A. & Moreira, J. G. V. (2021). Temporal trend and estimation of the hydrological risk of maximum rainfall and flow extremes in the city of Rio Branco, Acre, Brazil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 36(4), 749-758. <https://doi.org/10.1590/0102-7786360050>
- ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. (2015a). Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Resolução A/RES/70/1, de 25 de setembro de 2015. Nova York: ONU. Disponível: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>
- ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. (2015b). ODS 11: Cidades e comunidades sustentáveis. Nova York: ONU. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>
- ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. (2015c). ODS 13: Ação contra a mudança global do clima. Nova York: ONU. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/13>
- Peruzzo, J. S., Silvino, G. S., Araújo, M. C. P., De Leon, M. J., Filho, N. T. A. & Lisboa, F. D. S. (2022). Caracterização morfométrica das microbacias hidrográficas inseridas no município e Itaporanga (PB). *Revista Iberoamericana de Ciências Ambientais*, 13(3), 92-104. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.003.0008>
- Rahman Joy, A., Upaul, S., Fatema, K. & Amin, M. R. (2023). Application of GIS and remote sensing in morphometric analysis of the river basin at the south-western part of great delta, Bangladesh. *Hydrology Research*, 54(6), 739-755. <https://doi.org/10.2166/nh.2023.087>
- Raiol, L. L., Ferreira, M. T., Santos, D. C. R. & Hayashi, S. N. (2022). Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Caripi, Zona Costeira Amazônica. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15, 2354-2370. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.5.p2354-2370>
- Ramírez-Granados, P., Jiménez, M. A., Alfaro-Jiménez, K., Solís-Torres, L. D. & Castro-Solís, J. (2021). Morfometría de la subcuenca hidrográfica del río Páez, Cartago, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central* 67, 147-168. <https://doi.org/10.15359/rgac.67-2.5>
- Salis, H. H. C., Costa, A. M., Vianna, J. H. M. & Schuler, A. E. (2019). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do córrego do Marinheiro, Sete Lagora – MG. *Boletim de Geografia*, 37, 186-201. <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v37i2.36965>
- Santos, A. M., Targa, M. S., Batista, G. T. & Dias, N. W. (2012). Análise morfométrica das sub-bacias Pedrizes e Fojo no município de Campos do Jorão, SP, Brazil. *Revista Ambiente & Água*, 7(3). <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.945>
- Santos, G. L. P., Souza, L. B. & Fidélis, T. (2025). Floods in the state of Acre in the Brazilian Amazon: 2015 events, impacts and challenges. *Ciência e Natura*, 47, p. e12.
- Servidoni, L. E., Ayer, J. E. B., Estella, P. V. M., Oliveira, G. H. & Mincato, R. L. (2021). Atributos morfométricos e hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí, Minas Gerais. *Geography Department University Of Sao Paulo*, 41, e169817. <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.169817>
- SGB – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. (2024). Boletim de Alerta Hidrológico – Bacia do Rio Acre – Evento de março de 2024. Brasília: SGB/CPRM, 2024. Disponível: <https://www.sgb.gov.br/w/enchentes-no-acre-rio-branco-ac-registra-o-segundo-maior-nivel-da-historia-com-17-79-m>
- Shaddoud, M., Khalil, A., Kotaridis, I., Hag Husein, H., & Costache, R. (2025). Morphometric analysis for flash flood hazard mapping: A case study of the Abu Al-Ward River Basin. *DYSONA–Applied Science*, 6(2), 398-410.
- Silva, J. S. A., Rodrigues, R. S. S. & Bittencourt, G. M. (2020). Aplicação de diferentes MDE's para extração de variáveis morfométricas de uma bacia hidrográfica. *Journal Of Hyperspectral Remote Sensing*, 10, 10-19. <http://dx.doi.org/10.29150/jhrs.v10.1.p10-19>
- Silva, R. C. F., Pimentel, M. A. S. & Araújo, A. N. (2022). Caracterização Morfométrica e Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Itacaunas (BHRI), Amazônia Oriental, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15, 1556-1563.

- <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.3.p1556-1563>.
- Silva, S. S., Lima, D. M., Domingues, G. F., Silva, V. O., Mendes, J. S., Oliveira, A. A., Rocha, R. S. & Pereira, L. R. (2023). Amazon climate extremes: increasing droughts and floods in Brazil's state of Acre. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 21(4), 311–317. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2023.10.006>
- Souza, E. G. F., Nascimento, A. H. C., Cruz, E. A., Pereira, D. F., Silva, R. S., Silva, T. P. & Freire, W. A. (2021). 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*, 14(3), 1530-1540. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.3.p1530-1540>
- Souza, M. D., Vieira José, J., Pereira, L. B., Lima, L. S., Leite, K. N. & Moreira, J. G. V. (2023). Caracterização fisiográfica e do uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica Treze de maio no oeste da Amazônia. *Research, Society and Development*, 12(1), e6412139278. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i1.39278>
- Strahler, A. N. (1952). Dynamics basis of geomorphology. *GSA Bulletin*, 63(9), 923-938. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[923:DBOG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[923:DBOG]2.0.CO;2)
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913-920. <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>
- Strahler, A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: Chow, V. T. (org.). *Handbook of applied hydrology*. Nova York: McGraw Hill Book Company, p. 4-11.
- Taveira, M. K., Costa, J. S., Costa, J. S., Melhorança Filho, A. L., Nascimento, L. O., Serrano, R. O. P., Mesquita, A. A. & Moreira, J. G. V. (2023). Rain probability for city of Rio Branco in the western brazilian amazon. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 38, e38230037. <https://doi.org/10.1590/0102-77863810037>
- Tomé Hernández, G. & Villarreal Manzo, L. A. (2022). Caracterización morfométrica de la cuenca del río Huitzilac, Puebla, México. *Boletín Geográfico*, 44. <https://revele.uncoma.edu.ar/index.php/geografia/article/view/3438>.
- Vale, J. R. B., Costa, L. S. & Pimentel, M. A. S. (2021). Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Mocajuba, zona costeira Amazônica. *Geosul*, 36, 537-557. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e72705>
- Vidaletti, V. F., Marins, A. C., Secco, D., Rizzi, R. L. & Chang, P. (2021). Impact of land cover, slope and precipitation on soil water infiltration. *Research, Society and Development*, 10(17), e193101724562. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i17.24562>
- Zanchetta, M. L., Vendruscolo, J., Cavalheiro, W. C. S., Rosa, D. M., Rosell, E. C. F. & Stachiw, R. (2019). Caracterização morfométrica da sub-bacia do Baixo Rio Jaci Paraná, Amazônia Ocidental, Brasil. *Revista Geográfica Venezolana*, 96-108. http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/46158?locale-attribute=pt_BR