



Técnicas de geoprocessamento para análise morfométricas da microbacia do riacho Buriti no Cariri cearense

Antônio Soares Barros¹, Jackson Guedes¹, Ana Célia Maia Meireles², Carlos Wagner Oliveira², Diego Coelho do Nascimento³, José Bandeira Brasil⁴, Sirleide Maria de Menezes⁴, Edyeleen Mascarenhas de Lima⁵

¹Mestrando pela Universidade Federal do Cariri, Muriti, 126, CEP 63132-210, Crato, Ceará. (88) 3221-9502. antonio.soares@aluno.ufca.edu.br. ORCID: 0000-0002-2432-6801. (Autor Correspondente); jackson.guedes@ufca.edu.br. ORCID: 0000-0002-3130-3691.

²Professor (a), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável – PRODER, Universidade Federal do Cariri. E-mail: ana.meireles@ufca.edu.br. ORCID: 0000-0002-8860-2043.; carlos.oliveira@ufca.edu.br. ORCID: 0000-0003-1013-2974.

³Dr. em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco, Cidade Universitária, 1235, CEP 50670-901, Recife, Pernambuco. (81) 2126-8000. diego.coelho@ufca.edu.br. ORCID: 0000-0003-0255-1570.

⁴Bolsista PNPd, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável – PRODER, Universidade Federal do Cariri. E-mail: josebbrasil@gmail.com. ORCID: 0000-0003-4335-7838; sirleidemeneses@hotmail.com. ORCID: 0000-0003-1225-5572.

⁵Mestranda pela Universidade Federal do Cariri, Muriti, 126, CEP 63132-210, Crato, Ceará. (88) 3221-9502. edyeleen.lima@aluno.ufca.edu.br. ORCID: 0009-0009-3686-4920.

Artigo recebido em 23/09/2024 e aceito em 02/12/2025

RESUMO

As bacias hidrográficas desempenham um papel crucial no planejamento, exigindo uma análise contínua devido às mudanças dinâmicas causadas por fatores naturais e atividades humanas. A análise morfométrica oferece informações essenciais para a caracterização hidrológica nesses locais. Este estudo teve como objetivo delimitar a microbacia hidrográfica do riacho Buriti no município de Santana do Cariri e realizar a caracterização morfométrica, utilizando técnicas de geoprocessamento integrando ao *Building Information Modeling* - BIM. Utilizando o software livre Qgis, ferramenta SAGA para delimitar a rede de drenagem, ferramenta GRASS, Civil 3D e o Excel foi possível obter e calcular parâmetros morfométricos. A área total foi delimitada em 129,312 km², destacando-se pela forma alongada e pela presença de 108 drenos, que formam uma rede de drenagem de 208,86 km. O tempo de concentração foi calculado em 226,54 minutos. O uso e ocupação do solo composto na maioria por floresta arbustiva e área de agricultura/pastagem, com predominância de solo latossolo amarelo. A utilização de ferramentas BIM foi eficiente para delimitar a área de estudo, assim também como o uso do geoprocessamento foi crucial para obter dados morfométricos, caracterizar o relevo e a rede hidrográfica. Essa abordagem permitiu uma análise detalhada da área através de processos automatizados, fornecendo parâmetros importantes para entender a dinâmica hidrológica e ambiental, além de apoiar o planejamento e a tomada de decisão na gestão de uso e ocupação de bacias hidrográficas.

Palavras-Chave: Caracterização, BIM, SIG, Gestão ambiental, Cobertura Vegetal.

Geoprocessing techniques for morphometric analysis of the Buriti Stream watershed in Cariri, Ceará

ABSTRACT

Watersheds play a crucial role in planning, requiring continuous analysis due to dynamic changes caused by natural factors and human activities. Morphometric analysis provides essential information for the hydrological characterization of these locations. This study aimed to delimit the Buriti stream watershed in the municipality of Santana do Cariri and perform morphometric characterization using geoprocessing techniques integrated with Building Information Modeling - BIM. Using the free software Qgis, SAGA tool to delimit the

drainage network, GRASS tool, Civil 3D and Excel it was possible to obtain and calculate morphometric parameters. The total area was delimited in 129.312 km², standing out for its elongated shape and the presence of 108 drains, which form a drainage network of 208.86 km. The concentration time was calculated at 226.54 minutes. The use and occupation of the land composed mostly of shrub forest and agricultural/pasture area, with a predominance of yellow latosol soil. The use of BIM tools was efficient in delimiting the study area, and the use of geoprocessing was crucial in obtaining morphometric data, characterizing the relief and the hydrographic network. This approach allowed a detailed analysis of the area through automated processes, providing important parameters for understanding the hydrological and environmental dynamics, in addition to supporting planning and decision-making in the management of the use and occupation of hydrographic basins.

Keywords: Description, BIM, GIS, Environmental management, Vegetal cover.

Introdução

Uma bacia hidrográfica pode ser descrita como uma área geográfica onde as águas da precipitação são coletadas e direcionadas para um ponto comum de saída, conhecido como exutório ou foz. Esta região é delimitada por um divisor topográfico, uma linha imaginária que conecta os pontos mais altos da área e define a direção do fluxo das águas. Dentro dessa bacia, as águas podem se reunir para formar rios principais e afluentes ou infiltrar no solo, contribuindo para a formação de nascentes e lençóis freáticos (MARTINS *et al.*, 2022).

De acordo com Silva *et al* (2024) o crescimento expressivo da densidade populacional nas áreas urbanas do Brasil resulta na expansão de ocupações irregulares, gerando uma série de problemas sociais, econômicos e, principalmente, ambientais.

Segundo Brito (2021) a ausência de planejamento urbano e o crescimento populacional têm contribuído para a redução das áreas verdes nas zonas urbanas. O sensoriamento remoto tem se destacado no diagnóstico ambiental das cidades, entretanto, há uma escassez de sensores gratuitos com resolução espacial adequada.

De acordo com Teodoro *et al.* (2007) a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica representa um dos primeiros e mais frequentes procedimentos realizados em estudos hidrológicos e ambientais. Seu propósito principal é elucidar uma série de questões que estão relacionadas ao entendimento da dinâmica ambiental em níveis local e regional.

Para Cazula e Mirandola (2010), a bacia hidrográfica é uma unidade natural bem definida, essencial para o planejamento integrado e

sustentável, que permite a integração de recursos e interações ambientais. Sua abordagem multidisciplinar abrange planejamento, gerenciamento, estudos ambientais e gestão dos recursos hídricos, considerando tanto aspectos ambientais quanto socioeconômicos para um manejo eficaz e sustentável.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecida pela Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, incorpora princípios e normas para a gestão dos recursos hídricos, adotando a definição de bacias hidrográficas como unidades fundamentais de estudo e gestão. Portanto, é crucial para gestores e pesquisadores compreenderem o conceito de bacia hidrográfica e suas subdivisões.

Segundo Pessoa (2016), a bacia hidrográfica é uma unidade territorial fundamental para o planejamento integrado, envolvendo aspectos sociais, ambientais, e gestão do território. Suas delimitações nem sempre coincidem com divisões político-administrativas, o que pode dificultar a articulação e gestão de políticas eficazes.

Para Sousa e Oliveira (2017), as características físicas da paisagem, como relevo, forma e rede de drenagem, têm impacto significativo no tempo e na velocidade de escoamento da água, influenciando a infiltração no solo. A rede de drenagem desempenha um papel fundamental na formação da paisagem, definindo o padrão de escoamento superficial e a capacidade de transporte de sedimentos. Esses elementos são essenciais para a eficaz caracterização e gestão das bacias hidrográficas.

De acordo com Bruno (2017), o uso de geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é eficaz para pesquisas ambientais, gestão territorial, caracterização morfométrica e análise do uso do solo em bacias

hidrográficas. Essas técnicas proporcionam rapidez, alta precisão na espacialização dos dados e medidas, utilizando projeção cartográfica.

Segundo Eastman *et al.* (2008), o *Building Information Modeling* (BIM) é caracterizado como uma tecnologia de modelagem juntamente com um conjunto correlato de processos. Esses elementos são essenciais para a criação, comunicação e análise dos modelos de construção.

De acordo com Liu *et al.* (2017), a integração entre BIM (*Building Information Modeling*) e SIG (Sistema de Informação Geográfica) facilita a gestão abrangente da informação, é um campo promissor, porém desafiador, com potencial para transformar informações em conhecimento e inteligência aplicável. Essas tecnologias foram originalmente desenvolvidas com propósitos distintos, o que gera diversos desafios para sua integração eficaz. A capacidade de gerenciar eficazmente dados heterogêneos de várias fontes promove decisões mais informadas e estratégicas.

A microbacia hidrográfica do Riacho Buriti possui grande importância, pois nela está contida nascentes e sendo o principal recurso hídrico do município de Santana do Cariri no estado do Ceará. Este estudo visa analisar as características morfométricas e cobertura vegetal

da microbacia hidrográfica do Riacho Buriti, utilizando ferramentas BIM e SIG para produzir dados e informações que permitam um melhor entendimento das características geométricas, do relevo e da rede de drenagem. Esses dados são essenciais para apoiar futuros planejamentos de gestão integrada dos recursos hídricos, considerando aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Esse estudo teve como objetivos específicos: a) Delimitar a microbacia hidrográfica do Riacho Buriti; b) Caracterizar os parâmetros morfométricos da bacia; c) Determinar os parâmetros fisiográficos da rede de drenagem; d) Interface SIG/BIM; e e) Analisar o uso e ocupação do solo.

Material e métodos

Área de estudo

O município de Santana do Cariri situa-se na região do Cariri ao sul do estado do Ceará, Brasil, como mostra a Figura 1. Com as coordenadas geográficas: -7,187778,-39,736944.

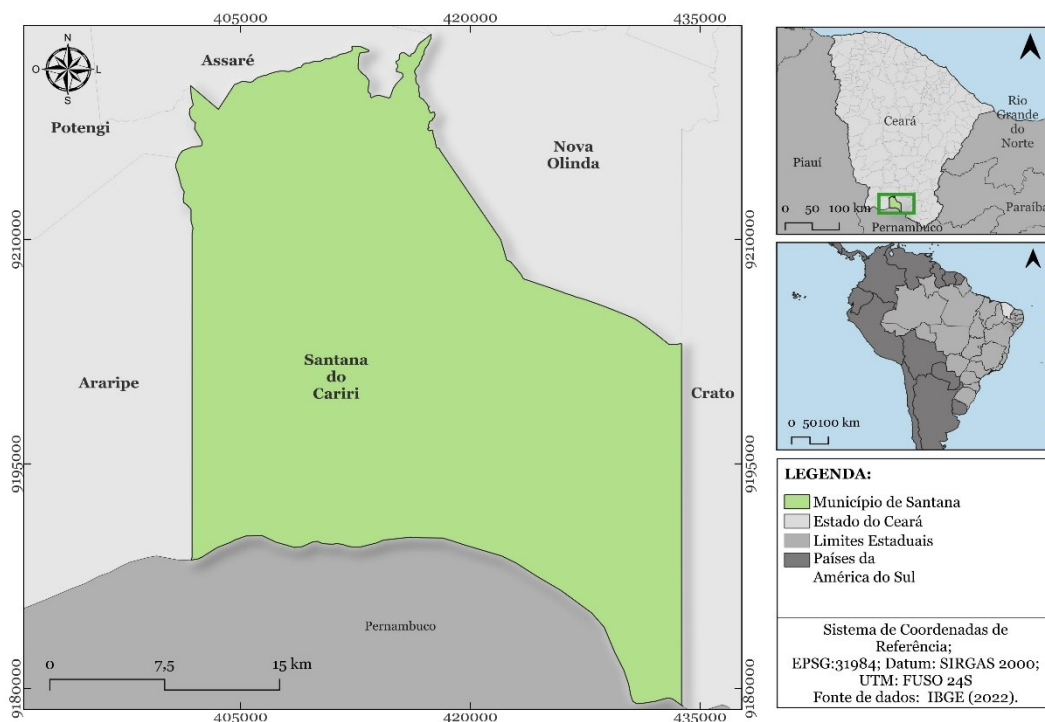


Figura 1. Localização geográfica de Santana do Cariri, CE.

De acordo com o IBGE (2022), o município de Santana do Cariri está localizado na Região Imediata e Intermediária de Juazeiro do Norte, fazendo parte da área de influência deste município e limitando-se com Araripe, Nova Olinda, Assaré, Potengi, Crato e o estado de Pernambuco. Possui uma área territorial de 855,165 km² e uma população residente de 16.954 pessoas. Sua vegetação é diversa, abrangendo desde floresta subcaducifolia tropical xeromorfa até floresta subcaducifolia tropical plúvio-nebular,

além do Carrasco. O clima varia de tropical quente semiárido brando a tropical quente subúmido, com período chuvoso predominante entre janeiro e maio.

A área selecionada para este estudo foi limitada apenas a porção que se encontra dentro do município de Santana do Cariri, é de particular importância devido ao fato de conter nascentes que alimentam o riacho Buriti e está contida sub-bacia do rio Cariús, ilustrado na Figura 2.

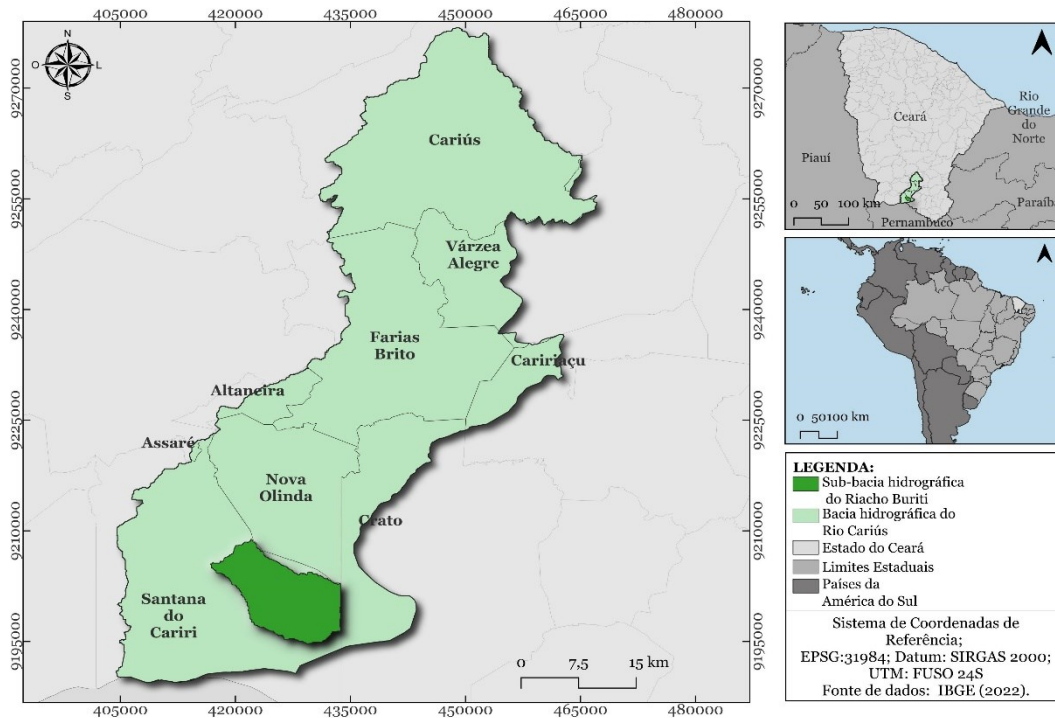


Figura 2. Localização da microbacia do riacho Buriti na sub-bacia do rio Cariús destacando.

A sub-bacia do rio Cariús é parte integrante da bacia do Alto Jaguaribe, situada na porção sudoeste do estado do Ceará. Localizada no extremo sul do estado, faz fronteira com a bacia do Salgado.

Este rio é muito importante para região e para o estado do Ceará, pois suas águas contribuem para o rio Jaguaribe e, subsequentemente, para o açude Castanhão, um dos principais corpos hídricos do estado. Portanto, é imprescindível que essa região receba atenção especial por parte dos gestores públicos e ambientais, a fim de garantir a preservação da qualidade e da quantidade de água, bem como o manejo sustentável dos recursos hídricos locais.

Em Santana do Cariri, apenas 5,97% do esgoto é adequadamente tratado, utilizando sistemas centralizados de coleta e tratamento, ou soluções individuais. Em contraste, 33,34% do esgoto é coletado, porém não recebe tratamento, enquanto 60,69% não é nem coletado nem tratado (SNIS, 2021). A grande maioria desse esgoto que não é coletado nem tratado vai diretamente para a microbacia do riacho Buriti.

Procedimentos metodológicos

Além de realizar uma pesquisa bibliográfica para fundamentação teórica, os procedimentos metodológicos foram fundamentados no processamento digital e na análise de imagens de satélites. Todos os materiais

empregados para realização deste estudo estão detalhadamente listados abaixo, seguidos pela

representação esquemática como mostra a Figura 3.

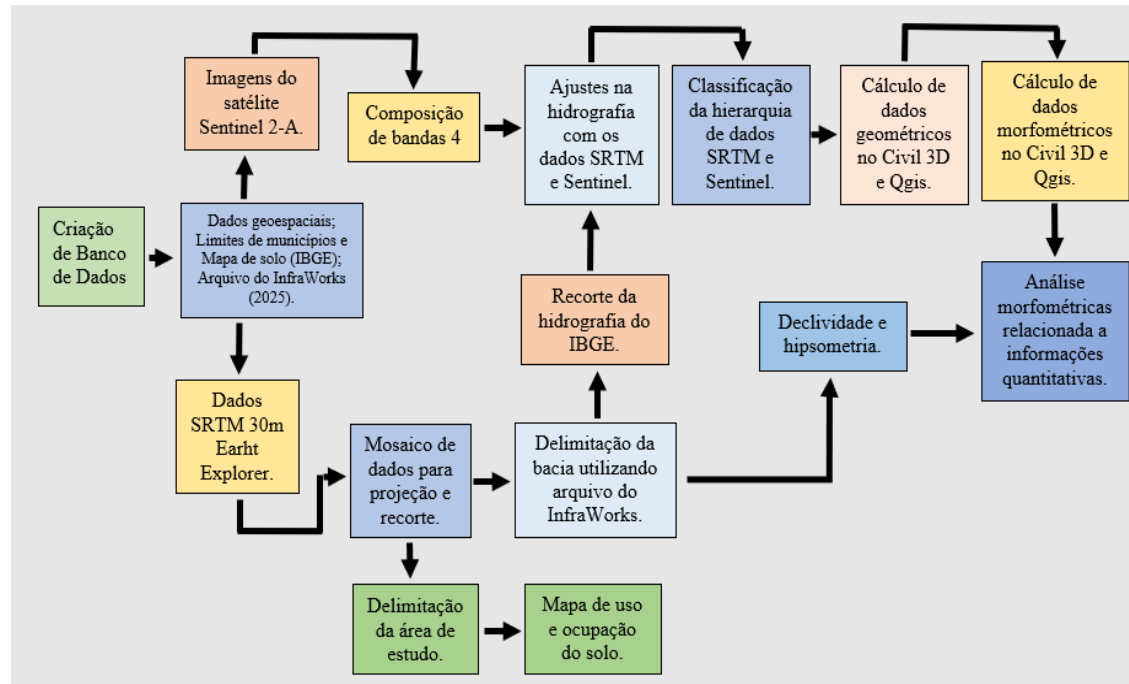


Figura 3. Fluxograma Metodológico.

- *Software* Infraworks para mapear e delimitar a área e estudo;
- *Shapefile* dos limites municipal do estado (IBGE, 2022), para identificação geoespacial e elaboração de mapas de localização e outros mapas;
- *Shapefile* de hidrografia (IBGE, 2022), utilizado apenas para conferência dos canais;
- *Shapefile* de solos (IBGE, 2022), utilizado para caracterizar o solo da área estudada;
- Dados de uso e ocupação do solo obtidos do MapBiomias Coleção 8 (2022);
- Hierárquica da bacia (ajustado a partir dos dados SRTM e Imagens do satélite Sentinel 2-A, bandas 4 e 8);
- Imagens do satélite Sentinel 2-A, bandas 4 e 8 (Instrumento Multi-Spectral Instrument–MSI, 22/10/2023, resolução espacial de 10m), no qual foi realizada a composição de bandas e análise para ajustar a representação da hidrografia;
- Dados SRTM 30 m, baixadas do site Earth Explorer utilizado para delimitar a bacia, ajustar a representação da hidrografia, e gerar mapas de declividade e hipsometria;
- *Software* QGIS 3.22, utilizado para criar bancos de dados e manipular dados geoespaciais;
- *Software* Civil 3D, para auxiliar na checagem e calcular os índices morfométricos.

Na etapa inicial foi utilizado o software Infraworks versão 2025 da Autodesk versão educacional, sua interface permite gerar modelos para entender os dados provindos da fonte da superfície SRTM, por ser uma ferramenta BIM e realizar modelos tridimensionais, seu campo de interação é capaz de explorar melhor a visualização conceitual da área estudada como podemos ver na Figura 4.

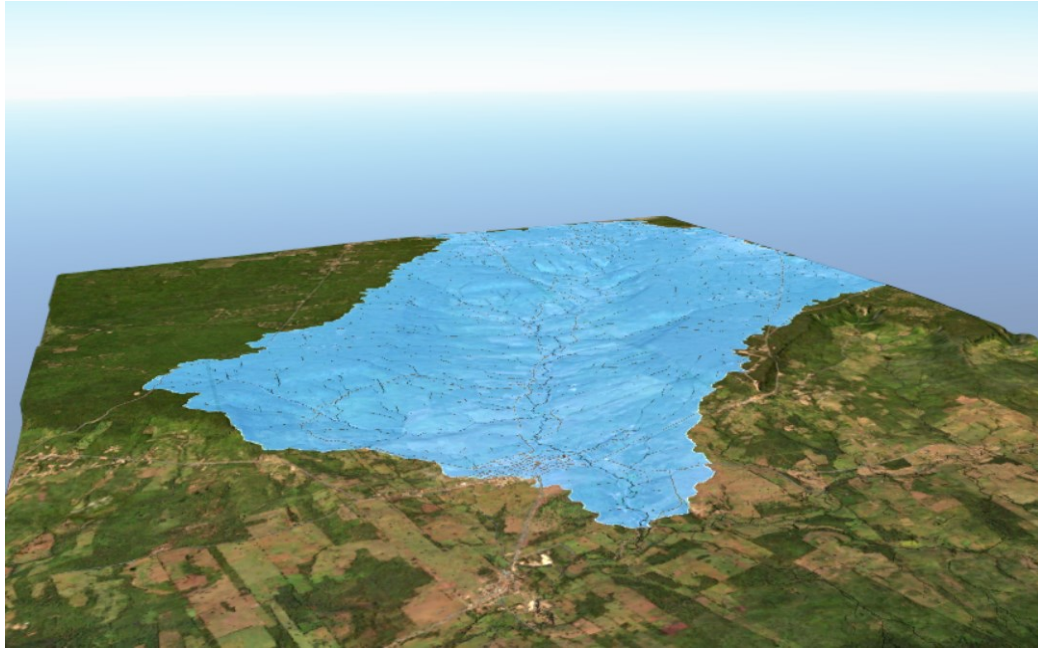


Figura 4. Visualização da microbacia gerada no Infraworks.

Sendo assim, como recomendado por Back (2014, p.58) com Infraworks e dados SRTM 30 m, foi delimitado de forma automática a área da bacia, onde posteriormente utilizando o Qgis foi realizado

a classificação de cordo com a Embrapa (1979) para definir as classes de relevo e classes de declividade, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Classe de declividade e descrição.

Classe de relevo	Classe de declividade	Descrição
Plano	(0 a 3%)	Superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos.
Suave ondulado	(3 a 8%)	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto e/ou outeiros apresentando declividade suave.
Ondulado	(8 a 20%)	Superfície de topografia pouco movimentada, formada por conjunto de colinas e/ou outeiros.
Forte ondulado	(20 a 45%)	Superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros com elevações de 100 a 200m de altitude relativa.
Montanhoso	(45 a 75%)	Superfície de topografia vigorosa, com predominância de formas acidentadas, usualmente constituída por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos.
Escarpado	(>75%)	Regiões ou áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo escapamentos com declividade muito forte.

Com os dados SRTM 30 m, foi possível gerar o mapa de hipsometria e um mapa de declividade. A integração desses mapas fornece uma visão abrangente da morfologia do terreno, revelando padrões de inclinação que contribuem significativamente para uma compreensão detalhada da geomorfologia da área em foco.

As características fundamentais relacionadas à forma e ao tamanho da bacia hidrográfica estão diretamente ligadas à sua resposta hidrológica. Portanto, a análise dos parâmetros morfométricos pode ajudar a compreender aspectos como volume, velocidade e tempo de escoamento (Back, 2014; Taveira, 2018).

De acordo com Lopes *et al* (2022) o tempo de concentração está relacionado à velocidade do fluxo de água na superfície da bacia, pois, quanto maior o tempo de concentração, menor será a velocidade do escoamento e, conseqüentemente, menor a probabilidade de enchentes.

As características morfométricas de uma bacia estão diretamente relacionadas às características geométricas, topográficas e à configuração da rede de drenagem (Alves, 2022).

Para analisar a morfometria da microbacia do riacho Buriti conforme detalhado na Tabela 2, Tabela 2. Índices morfométricos analisados.

utilizou-se o software Qgis, software gratuito de linguagem aberta, Civil 3D 2022 versão estudante e Excel. Com estes softwares foi possível realizar cálculos automáticos com base nos dados geométricos de entrada, obtidos através do software Qgis 3.22. Área da bacia (A em km²), Perímetro (P em km), Comprimento axial (L_x em km), Comprimento total dos rios (L_t em km), Comprimento do rio principal (L em km), Distância nascente-foz (E_v em km), e por fim o Número total de riachos.

Índices relativos à parâmetros da forma da bacia	Siglas	Unidades	Equação e descrição
Coeficiente de compacidade	k _c	-	$K = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}}$ Em que: P é o perímetro da bacia (km) e A é a área de drenagem da bacia (km ²).
Fator de forma	k _f	-	$K_f = \frac{A}{(L_x)^2}$ Em que: A é a área de drenagem (km ²) e L _x é o comprimento axial da bacia (km).
Índice de circularidade	I _c	-	$I_c = \frac{A}{A_c}$ No qual: A é a área da bacia e A _c é área do círculo de perímetro igual ao da bacia, apresentando resultado de valor máximo 1,0 para bacias circulares.
Rea - Razão de alongação	R _e	-	$Re = \frac{Dea}{L} = 1,1284 \frac{\sqrt{A}}{L}$ Corresponde à suscetibilidade a enchentes de acordo com a forma da bacia. Dada por uma relação entre o diâmetro de um círculo e o comprimento do seu eixo (BACK, 2014).
Densidade de drenagem	D _d	km/km ²	$D_d = \frac{L_t}{A}$ Em que L _t é o comprimento total de rios (km) e A é a área da bacia (km ²).
Densidade da Rede de Drenagem	D _r	Drenos/km ²	$D_r = \frac{N}{A}$ No qual: N é o número total de rios e A é a área de drenagem (km ²).
Ct – Coeficiente de torrencidade	C _t	-	$C_t = D_r \cdot D_d$ Em que: D _r é a densidade dos rios e D _d é a densidade de drenagem.
Índice de Sinuosidade	Sin	-	$Sin = \frac{L}{E_v}$ Em que: L é o comprimento do rio principal e E _v é a distância entre os pontos extremos do canal principal.

Extensão média do escoamento Superficial	C_m	km	$C_m = 1/(4.D_d)$ <p>A é a distância que a água da chuva percorreria sobre o terreno da bacia até atingir o ponto mais próximo no leito de um curso d'água em linha reta.</p>
Declividade do curso d'água principal	I_{eq}	m/km	$I_{eq} = \frac{\Delta H}{L}$ <p>É a diferença de cotas nas extremidades do dreno principal</p>
Declividade média da bacia	$I_{(\%)}$	%	$I_{(\%)} = \frac{D}{A} \cdot (\sum CNV_i) \cdot 100$ <p>É um parâmetro importante para a hidrologia, pois está diretamente associado ao tempo de duração de escoamento.</p>
Rede de drenagem de uma bacia hidrográfica	R_d	km	$R_d = \sum L$ <p>Corresponde à soma de todos os comprimentos, em km, dos cursos d'água.</p>
Tempo de concentração	T_c	min	$T_c = 57(L^3/Dh)^{0,385}$ <p>Intervalo de tempo que a água leva para percorrer desde o ponto mais distante até o ponto de saída.</p>

É importante ressaltar que, embora alguns índices compartilhem características semelhantes, cada um possui um propósito específico e pode ser comparado entre si para obter resultados mais precisos, além de fornecer informações cruciais para a compreensão das redes de drenagem (Christofoleti, 1969).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (\text{Equação 1}).$$

o NDVI foi calculado através da Calculadora Raster do Qgis, através da fórmula apresentada a seguir, onde, ρ_{NIR} e ρ_{RED} são, respectivamente, os elementos de reflectância bidirecional de superfície para as bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (RED).

Resultados e discussão

Análise Morfométrica

A partir dos resultados obtidos neste estudo, foi possível concluir que o trecho analisado da microbacia hidrográfica do riacho Buriti possui uma área total de aproximadamente 129,312 km², apresentando uma forma alongada e uma rede de drenagem composta por 225 cursos d'água, totalizando 208,86 km, comprimento axial de 19,09 km, como visto na Tabela 3. Este sistema de

drenagem, típico do semiárido, é de padrão intermitente, dendrítico, endorréico e de 6^a ordem, tempo de concentração de 226,54 minutos, caracterizando-se por um rápido escoamento superficial e baixa susceptibilidade a enchentes e inundações em condições normais de precipitação (Figura 5).

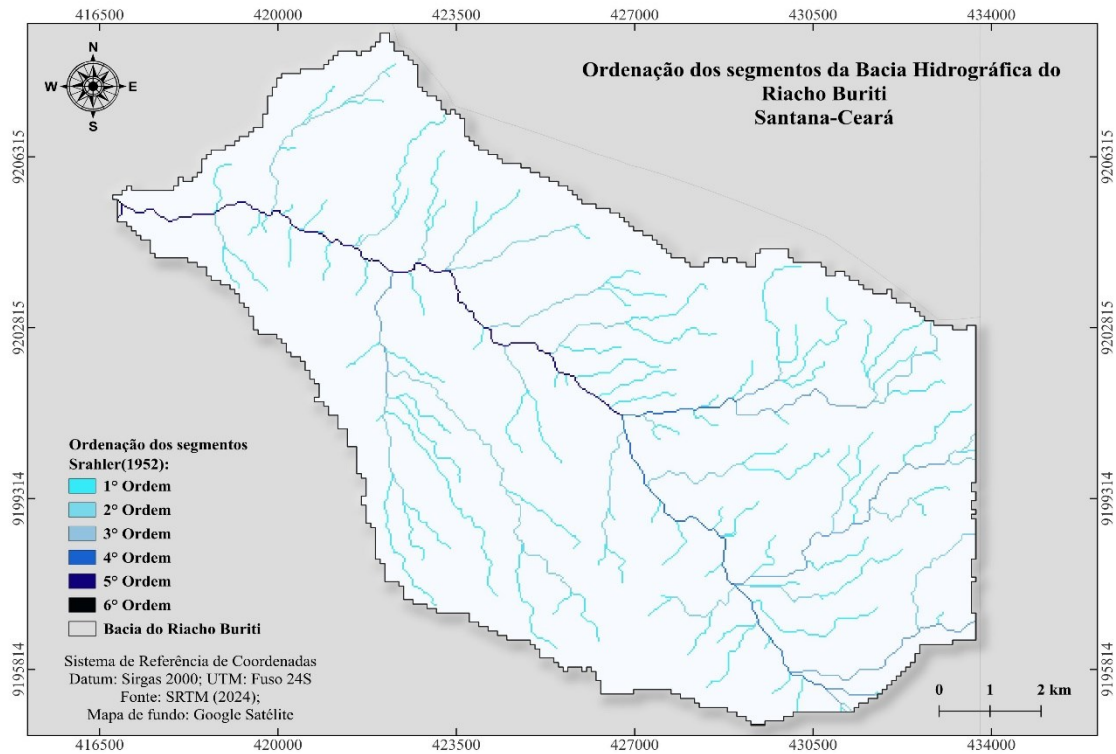


Figura 5. Ordenamento de canais da microbacia do riacho Buriti.

Como destacado por Back (2014), a ordem dos rios emerge como um fator crucial para compreender a complexidade de uma bacia hidrográfica, refletindo o grau de ramificação ou bifurcação entre os canais dentro dela. Essa hierarquia, juntamente com a determinação da ordem dos rios conforme o método de ordenamento de canais proposto por Strahler (1952).

Com base nas informações fornecidas, a microbacia do riacho Buriti apresenta dados de área, perímetro, comprimento axial, comprimento total dos rios, comprimento do rio principal e distância nascente.

Esses índices foram utilizados para calcular os parâmetros apresentados abaixo na Tabela 3.

Tabela 3. Características morfométricas da microbacia hidrográfica do riacho Buriti .

Características	Parâmetros	Siglas	Unidades	Valores
Geométricas	Área de drenagem	A_{bh}	km ²	129,312
	Perímetro da bacia	P_{bh}	km ²	66,69
	Coeficiente de compacidade	k_c	-	1,640
	Fator de forma	k_f	-	0,350
	Índice de circularidade	I_c	-	0,370
	Comprimento axial	E_v	km	19,09
	Maior altitude da bacia	$H_{máx}$	m	931,57
	Maior altitude do canal principal	$HC_{máx}$	m	905,00
	Menor altitude da bacia	H_{min}	m	482,00
Relevo	Menor altitude do canal principal	HC_{min}	m	482,00
	Diferença de cota no dreno principal	ΔH	m	449,57
	Equidistância vertical entre curvas de nível	D	km ²	10,00
	Comprimento total das curvas de nível	CN	km ²	919,60
	Declividade média da bacia	$I_{(%)}$	%	71,11
	Declividade do curso d'água principal	I_{eq}	m/km	16,72
Rede de Drenagem	Ordem da bacia	-	Ordem	6 ^a
	Número total de drenos	N	Und	255,00
	Comprimento do curso d'água principal da bacia	L	km ²	25,30

Distância vetorial entre os extremos do canal	L_t	km ²	19,09
Índice de sinuosidade	Sin	-	1,33
Rede de drenagem	R_d	km	208,86
Densidade de drenagem	D_d	km/km ²	1,620
Densidade da rede de drenagem	D_r	Drenos/km ²	1,74
Extensão média do escoamento superficial	C_m	km	0,15
Coefficiente de torrencidade	C_t	-	2,82
Razão de Elongação	R_e	-	0,551
Tempo de concentração	T_c	min	226,54

O coeficiente de compacidade ou índice de Gravelius (K_c) obtido para a microbacia foi de 1,640. Segundo a interpretação das classes, como podemos ver na Tabela 4, esse valor sugere uma propensão nula de eventos de enchentes significativas.

Em relação ao K_c e ao I_c da bacia do rio Jaguaribe, na Bahia, Estevam e Maia

(2023) obtiveram os valores de 1,79 e 0,30, respectivamente. Esses resultados indicam que a bacia apresenta um formato alongado, o que está em conformidade com o mergulho das estruturas de falhas do interior continental em direção ao leste, rumo ao Oceano Atlântico, sugerindo um controle estrutural significativo sobre a bacia.

Tabela 4. Interpretação do Coeficiente de compacidade ou índice de Gravelius (K_c).

Valor de K_c	Interpretação
1,00 a 1,25	Bacia com alta propensão a grandes enchentes
1,25 a 1,50	Bacia com tendência mediana a grandes enchentes
>1,50	Bacia não sujeita a grandes enchentes

O coeficiente de forma (K_f), que indica a relação entre a área e o comprimento axial da bacia, pode atingir o valor máximo de 1. O valor

encontrado foi de 0,350, indicando que essa bacia não é propensa a enchentes, como mostra a Tabela 5.

Tabela 5. Classes para interpretação do índice de forma (K_f).

Valor de K_f	Interpretação
1,00 a 0,75	Bacia sujeita a enchente
0,75 a 0,50	Bacia com tendência mediana a enchentes
< 0,50	Bacia não sujeita a enchentes

No estudo realizado por Alves (2022) na microbacia do açude Catolé I e de Manaíra-PB, foi encontrado um coeficiente de forma (K_c) de 1,93, o resultado obtido foi de 1,640, mostrando uma tendência mediana a grandes enchentes.

Em estudo realizado por Cursino *et al.* (2021), na bacia hidrográfica do Rio Novo, foi encontrado um (K_f) de 0,264. Vale ressaltar que o trabalho foi feito utilizando interface SIG/BIM, e que os resultados foram eficientes para a caracterização morfométrica da bacia, inclusive permitindo entrada de dados para diversas análises na engenharia, como no estudo realizado que analisou a mitigação de enchentes

em áreas urbanas, pois além de obter resultados, a interface BIM permite realizar simulações.

O índice de circularidade (I_c) calculado para a área estudada foi de 0,370, e, portanto, não possui uma forma circular. Este índice expressa a relação entre a área real da bacia e a área de um círculo com o mesmo perímetro calculado, sendo que um valor máximo de 1,0 representa bacias perfeitamente circulares (Christofolletti, 1969).

Em trabalho realizado na bacia hidrográfica do rio Pirapama, em Pernambuco, Pessoa Neto (2023), obteve um índice de circularidade (I_c) de 0,120, indicando que esta

bacia possui formato bastante alongado, uma vez que o valor é inferior a 0,50.

Para a microbacia do riacho Buriti, foi encontrado um valor de 0,551 para a Razão de Elongação. Esse resultado indica que a bacia possui uma forma menos circular e mais alongada em comparação com um círculo de mesma área. Essa característica pode ter implicações hidrológicas significativas, como influenciar o fluxo de água, a distribuição de precipitação e até mesmo a vulnerabilidade a eventos climáticos como enchentes, (Christofoletti, 1969).

Os autores Costa e Leite (2024), em trabalho realizado na bacia do Ribeirão

Vermelho-MS, obtiveram Razão de Elongação (R_e) de 0,617, esse valor indica que a bacia possui uma forma menos circular e mais alongada em comparação com um círculo de mesma área. Essa característica pode influenciar o escoamento da água, a distribuição de precipitação e aumentar a vulnerabilidade a eventos climáticos como enchentes.

Na microbacia do riacho Buriti, a densidade de drenagem foi medida em 1,620 km/km². Segundo França (1968) a densidade de drenagem é classificada de acordo com o seguinte critério descritos na Tabela 6. Isso significa que o escoamento superficial na área da microbacia é regular.

Tabela 6. Classes para densidade de drenagem (D_d).

Densidade de drenagem (km/km ²)	Classes
Menor que 0,5	Menor que 0,5 Baixa
De 0,5 a 2,0	Mediana
De 2,01 a 3,5	Alta
Maior que 3,5	Muito alta

Em trabalho realizado na bacia do rio Apeú na Amazônia Oriental-PA, Vale e Bordalo (2020) encontraram 0,660, isso significa que a bacia possui baixo escoamento superficial e uma maior taxa de infiltração, além disso, o padrão de drenagem predominante na bacia é dendrítico.

Ao analisarem a bacia do rio Piranhas, na Paraíba, Alves *et al.* (2023) obtiveram para a D_d o valor de 0,745 km/km², o que indica uma drenagem regular. Na região onde a bacia está situada, esse valor de D_d costuma estar relacionado à presença de rochas impermeáveis, além de precipitações de baixa intensidade e pouca concentração.

A Extensão média do escoamento superficial (C_m) foi medida em 0,150 km, o que indica uma estimativa do desenvolvimento médio do fluxo de água sobre a superfície. Já a Extensão do percurso superficial alcançou 0,915 km, representando a estimativa da distância percorrida pelo escoamento superficial.

Em estudo realizado por Martins *et al.* (2022) na sub-bacia hidrográfica do rio Piauitinga, SE, foi encontrado um valor de 0,38,

Quanto à D_r - Densidade de drenagem, o valor registrado foi de 1,74 drenos/km²,

representando a relação entre o número de rios e a área de drenagem.

Oliveira *et al.* (2019) realizou um estudo na região metropolitana do Cariri (RMC), dividindo uma área em 14 bacias, valor médio da densidade de drenagem foi de (0,77 km/km²) junto ao baixo desvio padrão (0,08). A falta de uma densidade de drenagem que promova uma rápida saída da água da chuva facilita a infiltração no solo. Isso reduz a probabilidade de picos de vazão, aumenta a recarga dos lençóis freáticos e diminui o risco de transbordamento dos canais.

Na área estudada foi registrado um valor de 1,33 para o Índice de Sinuosidade (I_s), o que corresponde a uma sinuosidade de 33,160%, este valor indica que o canal principal tende a ser transicional, alternando entre sinuoso e retilíneo. De acordo com Schumm (1963), valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser predominantemente retilíneo.

Para a Bacia Hidrográfica do Rio Verde (BHRV), da Costa e Leite (2023), obteve-se o valor de 1,905 para o Índice de Sinuosidade (I_s), o qual corresponde a uma sinuosidade de 47,497%, classificando a bacia como sinuosa.

A declividade e a hipsometria oferece uma compreensão mais profunda das características do relevo na região estudada, podemos observar nas

Figura 6 e Figura 7, respectivamente, que as elevações mais significativas se distribuem predominantemente da chapada em direção ao enxutório da microbacia. Essa configuração do relevo tem impactos diretos nos padrões hidrográficos e nos processos erosivos,

influenciando a dinâmica hídrica e morfológica. Essas observações são fundamentais para uma compreensão abrangente do ambiente geográfico, sendo essenciais para o planejamento da área estudada.

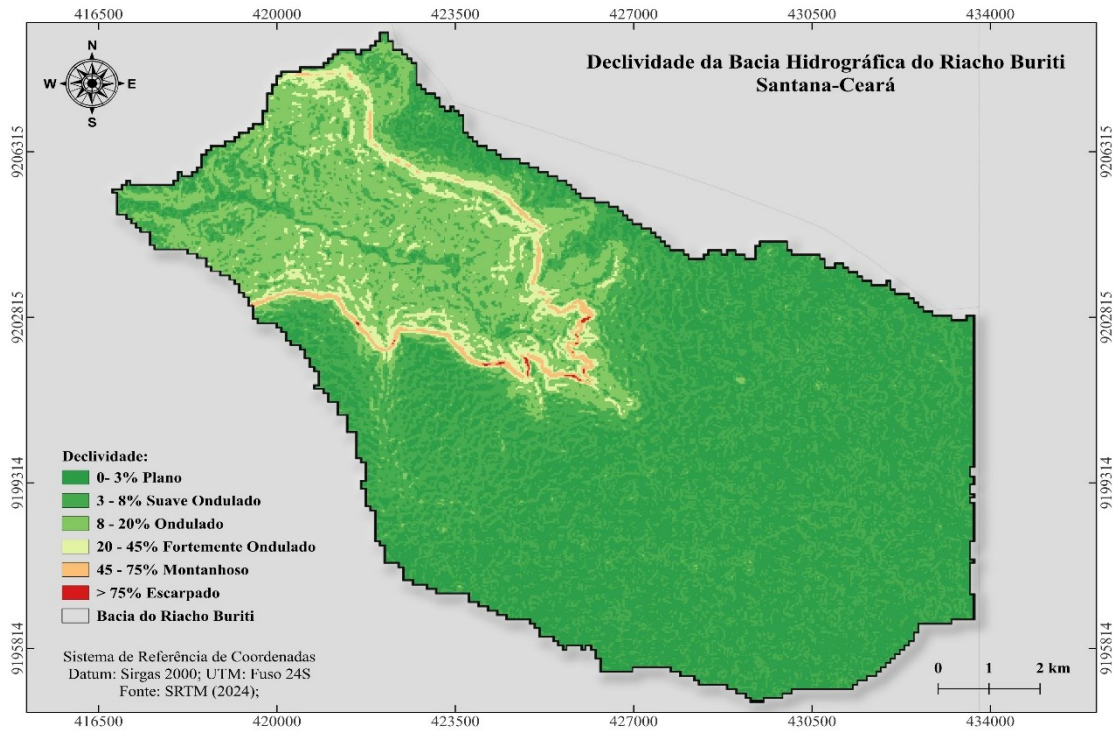


Figura 6. Mapa de declividade.

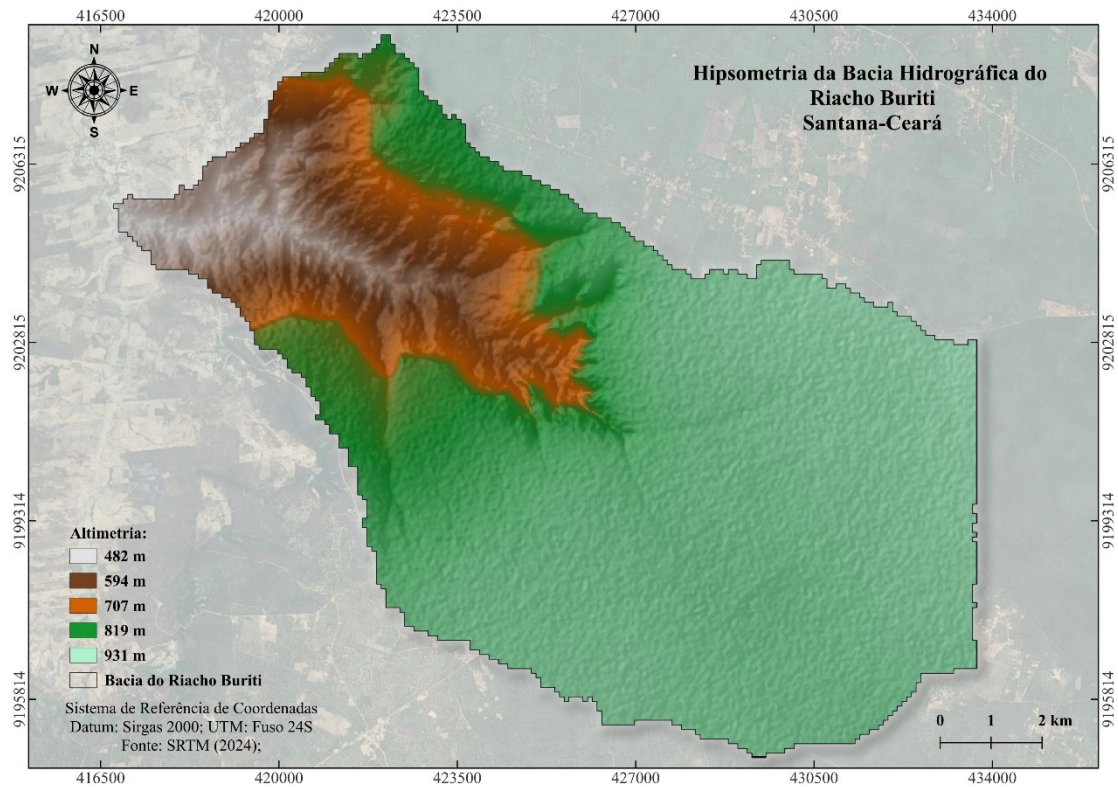


Figura 7. Mapa Hipsômetro.

As áreas com os maiores valores de altitude e declividade estão localizadas na encosta da chapada do Araripe, caracterizada por escarpas e serras. Os valores estão descritos na Tabela 7. As características mostram que a área tem predominância de relevo suave ondulado seguido de ondulado.

De acordo com Teódulo *et al.* (2024), essa curva proporciona uma visão geral do relevo da bacia e é de grande utilidade para comparar diferentes setores e formas da rede de drenagem, oferecendo informações importantes sobre o comportamento hidrológico.

Segundo Tome Hernández e Villarreal Manzo (2022), o formato da curva indica diferentes estágios de desenvolvimento do relevo: curvas convexas são características de relevos jovens, curvas sinuoidais ou em forma de "s" representam bacias em estágio de maturidade, e curvas côncavas sinalizam áreas com relevo peniplanizado, em estágio de senescência.

Tabela 7. Declividade da bacia microbacia do riacho Buriti.

Declividade (%)	Área 2D (m ²)	Área 3D (m ²)	% Ocupação da área 2D	% Ocupação da área 3D
Plano (0 a 3%)	17.109,555	17.109,585	13,23%	13,14%
Suave ondulado (3 a 8%)	79.951,223	80.043,759	61,83%	61,46%
Ondulado (8 a 20%)	24.492,957	24.715,122	18,94%	18,98%
Forte ondulado (20 a 45%)	6.321,863	6.562,421	4,89%	5,04%

Montanhoso (45 a 75%)	1.170,826	1.347,243	0,91%	1,03%
Escarpado (> 75%)	265,580	456,322	0,21%	0,35%
Total	129.312,00	130.234,452	100%	100%

Com base no mapa de declividade e no mapa de hipsometria da área, observa-se que o fluxo de escoamento ocorre com maior velocidade na encosta da chapada por possuir maiores declividade e altitude, isso acaba favorecendo um escoamento superficial mais

rápido e, conseqüentemente, podem intensificar os processos erosivos, podemos fazer uma análise da curva hipsométrica mostrado na Figura 8 e perfil do riacho mostrado na Figura 9, todas as unidades estão em metros.

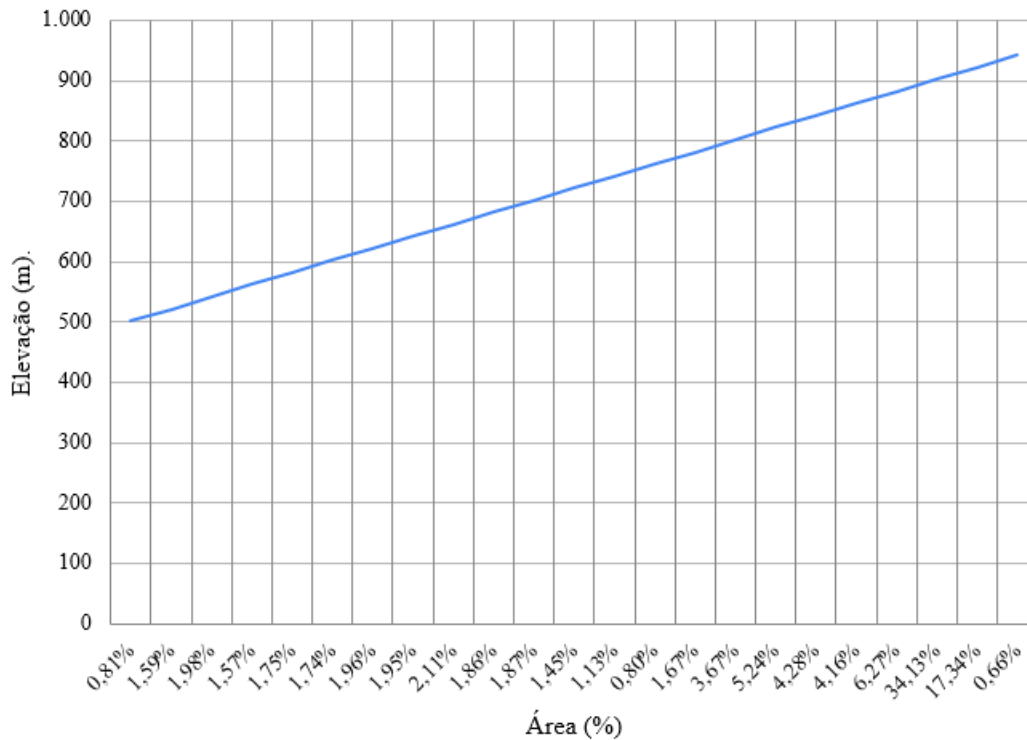


Figura 8. Curva hipsométrica da bacia microbacia do riacho Buriti.

Em relação as cotas da área estudada, podemos ver que maiores valores de altitude abrangem a maior porcentagem de área, entre as cotas 800 e 931. Como podemos verificar na

Tabela 8. As características mostram que a maior parte da área está localizada na chapada do Araripe.

Tabela 8. Cotas do riacho Buriti.

Cota mínima	Cota máxima	Área 2D (m ²)	Área 3D (m ²)	% Ocupação da área 2D	% Ocupação da área 3D
482	500	971,000	996,670	0,75%	0,77%
500	600	11.083,024	11.172,627	8,57%	8,58%
600	700	12.605,028	12.767,566	9,75%	9,80%
700	800	10.909,549	11.299,652	8,44%	8,68%
800	900	66.185,068	66.307,410	51,18%	50,91%
900	931,57	27.558,330	27.690,527	21,31%	21,26%

Total	129.312,00	130.234,452	100%	100%
-------	------------	-------------	------	------

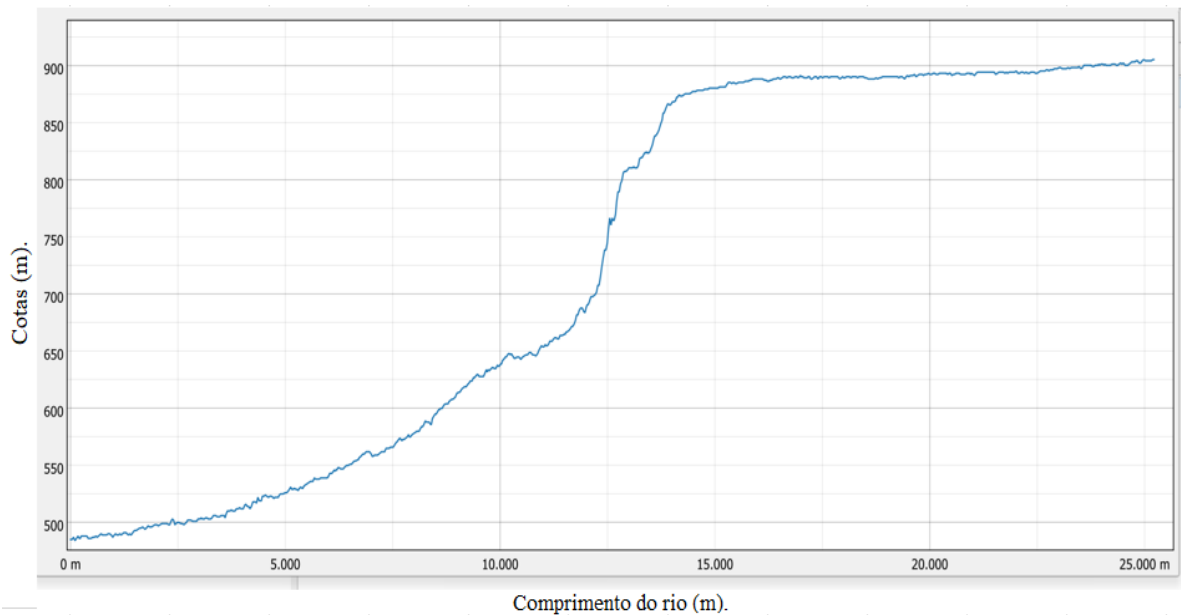


Figura 9. Perfil topográfico do riacho Buriti.

Foi utilizado a equação de Kirpich, ideal para aplicação em bacias menores que 50 hectares, na área estudada o tempo concentração obtido para a área de estudo foi de 226,54 minutos. Definido como sendo o tempo que a água precipitada leva para percorrer desde o ponto mais distante cinematicamente na bacia hidrográfica até a secção de referência Alves (2022).

De acordo com Marinho (2021), a avaliação do perfil longitudinal de um rio é uma ferramenta fundamental para analisar o equilíbrio do sistema fluvial e a sua capacidade de transportar sedimentos.

Uso e ocupação do solo

A área de estudo tem clima tropical quente subúmido, o bioma de acordo com IBGE (2022) é Caatinga com vegetação formada por Floresta subcaducifólia tropical xeromorfa,

Carrasco, Floresta subcaducifólia tropical pluvial e Floresta subcaducifólia tropical plúvio-nebular. Vegetação é típica dos climas semiáridos como mostra a Figura 10.

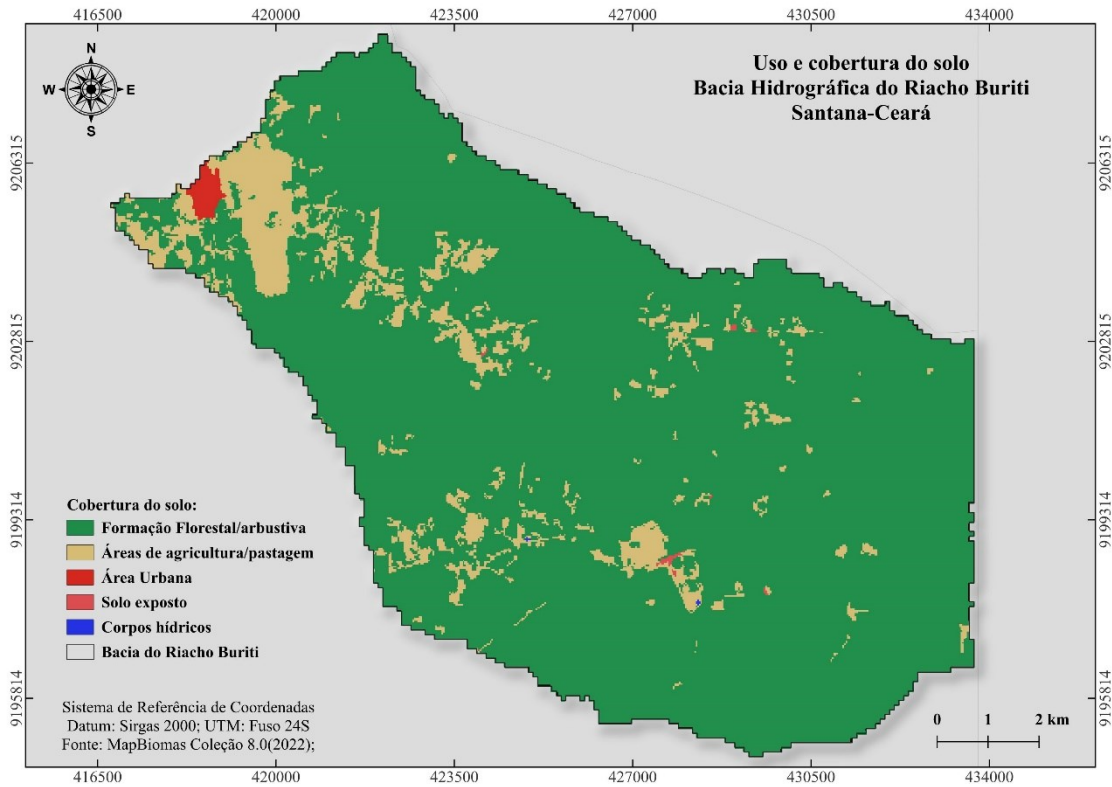


Figura 10. Uso e ocupação do solo da bacia microbacia do riacho Buriti.

As classes de uso e cobertura da terra da microbacia hidrográfica estão descritas na Tabela 9.

Tabela 9. Uso e ocupação do solo na microbacia do riacho Buriti.

Classe de uso e cobertura da terra	Área plana (m ²)	% Ocupação
Corpos hídricos	1.233,03	0,95%
Áreas não vegetadas/solo exposto	950,09	0,73%
Área urbana	488,02	0,38%
Áreas de agriculturas/pastagem	11.256,37	8,70%
Formação florestal/arbustiva	115.384,49	89,23%
Total	129.312,00	100,00%

Podemos ver que a porcentagem maior tem formação florestal/arbustiva, característica marcante da chapada do Araripe.

Os tipos de solo na microbacia do riacho Buriti, de acordo com IBGE (2022), possuem predominância do latossolo mostrado na Figura 11.

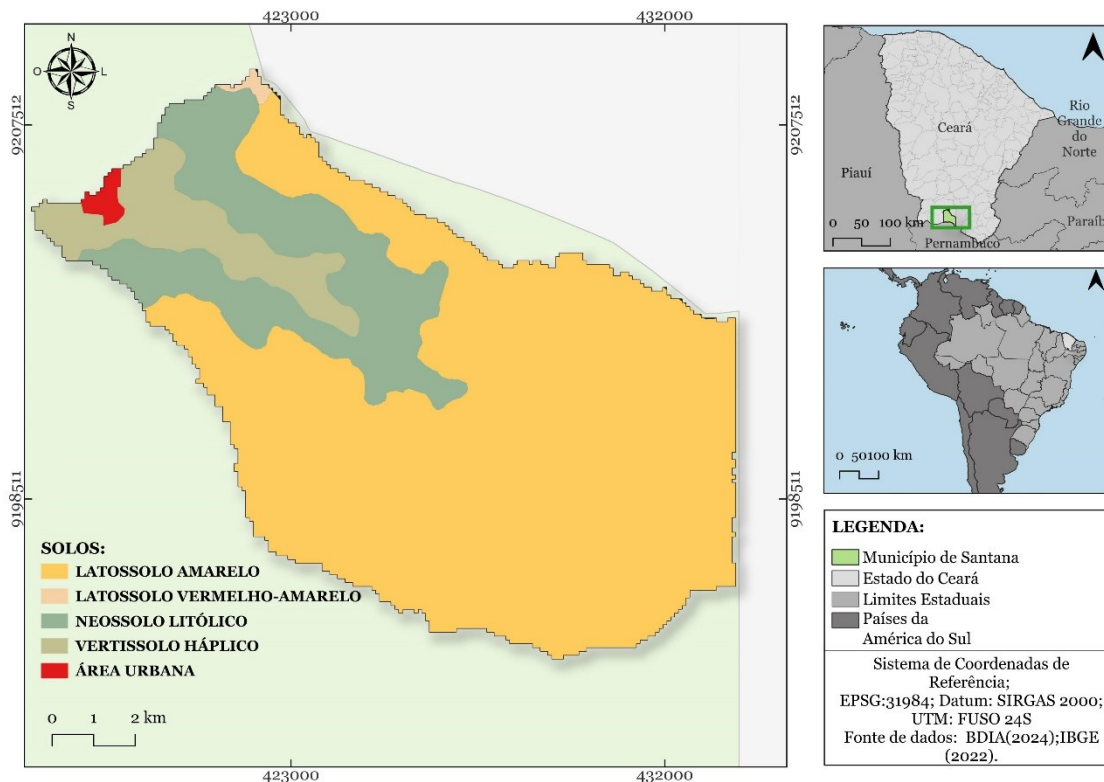


Figura 11. Tipos de solo da bacia microbacia do riacho Buriti.

Os tipos de solo da microbacia hidrográfica estão descritos na Tabela 10.

Tabela 10. Tipos de solo na microbacia do riacho Buriti.

Tipos de solo	Área plana (m ²)	% Ocupação
Latossolo Vermelho-Amarelo	1.570,00	1,21%
Vertissolo Háplico	9.524,00	7,37%
Neossolo Litólico	22.479,00	17,38%
Latossolo Amarelo	95.739,00	74,04%
Total	129.312,00	100,00%

Os dados de sensoriamento remoto desempenham um papel crucial em pesquisas voltadas ao estudo do comportamento da vegetação, além do monitoramento de fenômenos meteorológicos e ambientais. Um dos principais índices utilizados para esse fim é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

Este índice tem sido amplamente adotado para monitorar e avaliar a vegetação, sendo um dos primeiros produtos analíticos derivados de sensoriamento remoto projetados para simplificar a interpretação de imagens multiespectrais (Barros, Farias e Marinho, 2020) como mostra a Figura 12.

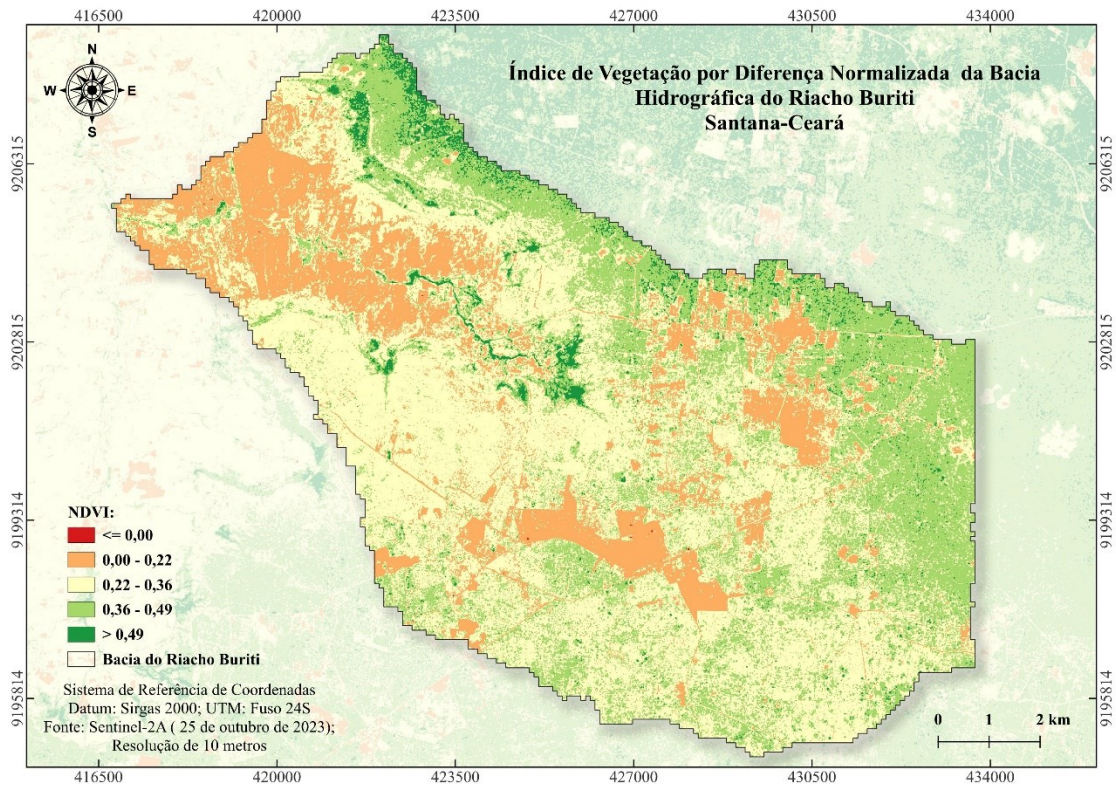


Figura 12. NDVI da bacia microbacia do riacho Buriti.

Podemos observar no mapa de NDVI que, mesmo durante um período sem chuvas, há uma presença significativa de vegetação na região. Isso se deve em grande parte à localização da área na Chapada do Araripe, uma região conhecida por sua biodiversidade e condições geográficas favoráveis ao

desenvolvimento vegetal. A elevada vegetação detectada pelo NDVI reflete não apenas a resistência das espécies locais às condições climáticas adversas, mas também a capacidade única deste ecossistema de manter sua cobertura vegetal mesmo em períodos de estresse hídrico.

Conclusão

A microbacia hidrográfica do riacho Buriti possui uma área total de aproximadamente 12931,2 hectares, apresentando uma forma alongada e uma rede de drenagem composta por 225 cursos d'água, totalizando 208,86 km. Este sistema de drenagem, típico do semiárido, é de padrão intermitente, dendrítico, endorréico e de 6ª ordem, com um tempo de concentração de 226,54 minutos, caracterizando-se por um rápido escoamento superficial e baixa susceptibilidade a enchentes e inundações em condições normais de precipitação.

A microbacia apresenta uma amplitude altimétrica significativa, variando de 482 metros a 931,57 metros, com a altitude mais baixa localizada ao oeste, onde está situado o exutório da microbacia, e as altitudes mais elevadas estão nas partes ao leste onde está a chapada do Araripe.

A combinação de geoprocessamento e ferramentas BIM foi fundamental para alcançar os objetivos do estudo. A análise detalhada do trecho da microbacia do riacho Buriti proporcionou uma compreensão aprofundada de sua dinâmica hidrológica e morfométrica, essencial para o planejamento e a gestão eficiente da área. Os resultados obtidos oferecem uma base sólida para estratégias de manejo e conservação, contribuindo para a sustentabilidade e a preservação ambiental na região.

O uso eficiente do geoprocessamento alinhado a ferramentas BIM foi fundamental para delimitar a área de estudo, obter dados e calcular parâmetros morfométricos, além de caracterizar o relevo e a rede hidrográfica. Esse método permitiu uma análise detalhada de uma extensa área por meio de processos automatizados, proporcionando

resultados essenciais para a compreensão da dinâmica hidrológica e ambiental da região. Essas informações são cruciais para o planejamento e a tomada de decisões na gestão eficiente das bacias hidrográficas.

Portanto, diante dos resultados obtidos, podemos dizer que essa análise detalhada proporcionou não apenas a delimitação precisa da área de estudo e a caracterização da rede hidrográfica, mas também a obtenção de parâmetros essenciais para o entendimento da dinâmica hidrológica local. Com essas informações, é possível subsidiar estratégias mais eficazes na gestão ambiental e no planejamento sustentável do uso do solo, garantindo a conservação dos recursos hídricos e a mitigação de impactos ambientais na região.

Agradecimentos

Os autores expressam sua gratidão pelo apoio recebido durante a elaboração deste trabalho.

Agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministério da Educação (CAPES), Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), ao Governo do Estado do Ceará, à Universidade Federal do Cariri (UFCA) e à Coordenação do programa de mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável (PRODER).

Referências

- Alves, C. S. S., 2022. Caracterização morfométrica de bacia hidrográfica: estudo de caso da microbacia do Açude Catolé I de Manaira-PB. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. Princesa Isabel-PB,
- Alves, M. F. A.; Guimarães, S. A. C. A.; Gomes, R. A.; Vieira, Z. C.; Andrade, S. N. 2023. Parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Piranhas na Paraíba, Brasil. *Revista Tecnologia*, v.44, 1-12.
- Back, Á. J., 2014. *Bacias Hidrográficas: classificação e caracterização física*. Florianópolis: Epagri.
- Barros, A. S.; Farias, L. M.; Marinho, J. L. A. 2020. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na

Caracterização da Cobertura Vegetativa de Juazeiro do Norte – CE. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online], v. 13(06), p. 2885-2895. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/246669>. Acesso: 20 jun. 2024.

Brito, I. R. (2021). Diagnóstico espacial de áreas verdes no Município de Belém-Pa. [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, PA]. Biblioteca Digital de Trabalhos Acadêmicos da Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1718>.

Brasil. (1997). Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Diário Oficial da União*. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso: 20 jun. 2024.

Bruno, L. O. Grass: A Free And Open Source Solution For Hydrographic Body Analysis. *Nativa, [S. l.]*, v. 5, n. 1, p. 24–30, 2017. DOI: 10.31413/nativa.v5i1.3761. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/3761>. Acesso em: 20 jun. 2024.

Cazula, L. P.; Mirandola, P. H. 2010. Bacia Hidrográfica – Conceitos E Importância Como Unidade De Planejamento: um exemplo aplicado na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP - Brasil. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas*, n. 12, p. 101-124, 1 nov.

Christofolletti, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Blucher, 1999.

Costa, E. S. DA; Leite, E. F. 2024. Análise Morfométrica Na Bacia Hidrográfica Do Ribeirão Vermelho-Ms. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas*, v. 1, n. 38, p. 123-147, 23 jan.

Cursino, P. L. S. .; Machado, F. A. .; Scheer, S. . 2021. A interface GIS/BIM na mitigação de riscos de enchentes em áreas urbanas. *In: Simpósio Brasileiro De Tecnologia Da Informação E Comunicação Na Construção*, 3., 2021, Uberlândia. *Anais [...]*. Porto Alegre: ANTAC, p. 1- 15. Disponível em:

<https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/602>. Acesso em: 20 jun. 2024.

- da Costa, E. S., & Leite, E. F. (2023). Análise Morfométrica na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vermelho-MS. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas*, 123-147. <https://periodicos.ufms.br/index.php/RevAGB/article/view/18610>.
- da Silva, Geraldo, L., Campos Moraes, A. L., Diniz dos Santos, C. E., & Garcez Utsumi, A. (2025). Avaliação da Cobertura Vegetal Urbana Utilizando Imagens do Satélite Cbers-4A. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 18(2), 1349-1363. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v18.2.p1349-1363>.
- Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. BIM 2008. Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. New Jersey: John Wiley & Sons,
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). In: Súmula da X reunião técnica de levantamento de solos, Rio de Janeiro, 1979. 83 p. (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 1).
- Estevam, A. L. D.; Maia, D. C. 2022. Morfometria e enchentes urbanas na bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe, Salvador-BA. *Geopauta*, v.6, e10755.
- França, G. V. 1968. Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. 1968. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo -USP, Piracicaba.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (IBGE). 2022. Cidades e estados. IBGE, Disponível em: <https://ibge.gov.br/>. Acesso: 20 jun. 2024.
- Liu, X.; Wang, X.; Wright, G.; Cheng, J. C.; LI, X.; LIU, R. 2017. A state-of-the-art review on the integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS). *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 6, n. 2, 53, DOI: Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi6020053>. Acesso em: 20 jun.
- López, A. E. P.; Melo, V. F.; Fernandes Filho, E. I.; Francelino, M. R. 2022. Delimitación automática y análisis morfométrico de cuencas y subcuencas usando un conjunto digital de datos de elevación en la jurisdicción de Cornare, Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, v.75, n.3, 10037-10051.
- Mapbiomas Brasil. 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 20 jun.
- Marinho, R. R.. 2021. Perfil longitudinal do rio Negro a partir da altimetria radar. In: *A Geografia Amazônica em múltiplas escalas* (Marcos Casto de Lima; Nelcione José de Souza Araújo; Manuel de Jesus Masulo da Cruz). 173-181.
- Martins, C. F. V.; Bahia, D. dos S. G.; Doll, K. M.; Silva, D. T. da. 2022. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Piauitinga, SE. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 117-126. DOI: 10.24221/jeap.7.2.2022.4247.117-126. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/4247>. Acesso em: 20 jun. 2024.
- Gouveia Pessoa Neto. (2023). Caracterização Morfométrica E Hidrológica Da Bacia Hidrográfica Do Rio Pirapama, Em Pernambuco. *Geoconexões*, [S. l.], v. 1, n. 15, p. 253-274, 2023. DOI: 10.15628/geoconexes.2023.14786. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/geoconexoes/article/view/14786>. Acesso em: 22 jun. 2024.
- Oliveira, A. B. N., Alencar, D. A. R. A., Gonçalves, T. F. P. L., & Fontenele, S. B. (2019). Análise morfométrica de bacias hidrográficas da Região Metropolitana do Cariri – Ceará. In H. C. da Silva (Org.), *Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade* (Vol. 3, pp. 127-138). Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.67619270915>.
- Pessoa, F. da S. 2016. A Bacia Hidrográfica como unidade geossistêmica e territorial: em questão a Bacia do Parnaíba. *Revista de Geociências do Nordeste*, [S. l.], v. 2, p. 735-744.. DOI: 10.21680/2447-3359.2016v2n0ID10522.

- Disponível em:
<https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10522>. Acesso em: 20 jun. 2024.
- Schumm, S.A. 1963. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. *Bulletin of Geological Society of America*. v. 74 , n. 9.
- Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento - SNIS. Dados de Santana do Cariri. Disponível em:
<<https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/fontes-notas-tecnicas#snis>>. Acesso em: 23 jun. 2024.
- Sousa, M.M.; Oliveira, W. de. 2017. Análise Morfológica Da Rede De Drenagem Do Alto Juruá /Ac, Extraída De MDE-SRTM. *Caminhos de Geografia , Uberlândia*, v. 61, pág. 44–64,. DOI: 10.14393/RCG186104. Disponível em:
<https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/33767>. Acesso em: 20 jun. 2024.
- Strahler, Arthur N. 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, v. 63, n. 11, p. 1117-1142.
- Taveira, B. D. A. (2018). Hidrogeografia e gestão de bacias. *InterSaberes*.
- Teodoro, V. L. I.; Teixeira, D.; Costa, D. J. L.; Fuller, B. B. 2007. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. *Revista Brasileira Multidisciplinar, [S. l.]*, v. 11, n. 1, p. 137-156, DOI: 10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236. Disponível em:
<https://revistarebram.com/index.php/revistauniar/article/view/236>. Acesso em: 20 jun. 2024.
- Teódulo, J. M. R.; Silva, E. V.; Teódulo, M. J. R.; Cirino, C. S. 2024. Geomorfometria da bacia hidrográfica do rio Gramame, litoral sul da Paraíba, Nordeste do Brasil. *Research, Society And Development*, v.13, n.8, e0113846502.
- Tome, Hernández, G.; Villarreal Manzo, L. A. 2022. Caracterización morfométrica de la cuenca del río Huitzilac, Puebla, México. *Boletín Geográfico*, v.44, n.1, 41-58.
- Vale, J. R. B.; Bordalo, C. A. L. 2020. Caracterização Morfométrica E Do Uso E Cobertura Da Terra Da Bacia Hidrográfica Do Rio Apeú, Amazônia Oriental. *Formação (Online), [S. l.]*, v. 27, n. 51, DOI: 10.33081/formacao.v27i51.6026. Disponível em:
<https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/6026>. Acesso em: 22 jun. 2024.