

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS NO MÉDIO CURSO DO RIO ITAPECURU SOBRE O MUNICÍPIO DE CAXIAS - MA

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS IN THE MIDDLE COURSE OF THE ITAPECURU RIVER OVER THE MUNICIPALITY OF CAXIAS - MA

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS EN EL CURSO MEDIO DEL RÍO ITAPECURU A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CAXIAS - MA

Cristiane da Silva Lima¹

 0000-0001-6435-2572

cristiane-silva89@hotmail.com

Celia Alves de Souza²

 0000-0002-9068-9328

celiaalvesgeo@globo.com

Quésia Duarte Silva³

 0000-0003-4496-3426

quesiasilva@professor.uema.br

Thales Ernildo de Lima⁴

 0000-0002-8494-0192

lima.thales@unemat.br

1 Doutora em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6435-2572>. E-mail: cristiane-silva89@hotmail.com.

2 Pesquisadora bolsista no Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico Regional – PDCTR. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9068-9328>. E-mail: celiaalvesgeo@globo.com.

3 Professora no Curso de Geografia e no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4496-3426>. E-mail: quesiasilva@professor.uema.br.

4 Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8494-0192>. E-mail: lima.thales@unemat.br.

Artigo recebido em maio de 2025 e aceito para publicação em novembro de 2025.

RESUMO: Os parâmetros morfométricos de uma bacia hidrográfica refletem o regime hidrológico e expressam as condições geológicas e geomorfológicas das bacias. O objetivo deste estudo é caracterizar os dados morfométricos da área analisada. Para a realização dos procedimentos, foram utilizados os parâmetros morfométricos, fórmulas específicas e padrões de referência. A área da bacia corresponde a 3.429,65 km² e possui 183 canais, sendo classificada como uma bacia de quinta ordem. Foram registrados 109 canais de primeira ordem, 41 de segunda ordem, 28 de terceira ordem, 4 de quarta ordem e 1 canal de quinta ordem. O comprimento total dos canais é de 1.004,74 km. Os valores observados para o fator de forma, o coeficiente de compactade e o índice de circularidade, permitiram concluir que a rede de drenagem possui forma alongada, com baixa tendência a enchentes. O índice de sinuosidade registrado indicou uma tendência a canais retilíneos. O índice de circularidade foi de 0,31, enquanto o coeficiente de capacidade foi de 1,79. A densidade de canais encontrada foi de 0,03 km². Já a densidade de drenagem foi de 0,29 km/km², o que demonstra que a área é pouco drenada. Além disso, constatou-se que o solo da região é permeável, favorecendo maior eficiência na infiltração da água. A densidade de drenagem sugere que o local não possui uma drenagem excessivamente densa. A coleta desses dados é valiosa para diversas tarefas, como construção e gestão, em diferentes escalas. Embora os dados morfométricos indiquem uma baixa tendência a enchentes, inundações significativas ocorrem em alguns anos, como as inundações registradas em 2022.

Palavras-chave: Morfometria. Rede de drenagem. Rio Itapecuru.

ABSTRACT: The morphometric parameters of a river basin reflect the hydrological regime and express the geological and geomorphological conditions of the basins. The objective of this study is to characterize the morphometric data of the analyzed area. To carry out the procedures, the morphometric parameters, specific formulas and reference standards were used. The basin area corresponds to 3,429.65 km² and has 183 channels, being classified as a fifth-order basin. 109 first-order channels, 41 second-order channels, 28 third-order channels, 4 fourth-order channels and 1 fifth-order channel were recorded. The total length of the channels is 1,004.74 km. The values observed for the shape factor, the compactness coefficient and the circularity index allowed us to conclude that the drainage network has an elongated shape, with a low tendency to flood. The sinuosity index recorded indicated a tendency to rectilinear channels. The circularity index was 0.31, while the capacity coefficient was 1.79. The channel density found was 0.03 km². The drainage density was 0.29 km/km², which shows that the area is poorly drained. In addition, it was found that the soil in the region is permeable, favoring greater efficiency in water infiltration. The drainage density suggests that the site does not have excessively dense drainage. Collecting this data is valuable for various tasks, such as construction and management, at different scales. Although the morphometric data indicate a low tendency for flooding, significant flooding occurs in some years, such as the floods recorded in 2022.

Keywords: Morphometry. Drainage network. Itapecuru river.

RESUMEN: Los parámetros morfométricos de una cuenca hidrográfica reflejan el régimen hidrológico y expresan las condiciones geológicas y geomorfológicas de la misma. El objetivo de este estudio es caracterizar los datos morfométricos del área analizada. Para los procedimientos, se utilizaron parámetros morfométricos,

fórmulas específicas y estándares de referencia. La cuenca tiene una superficie de 3429,65 km² y cuenta con 183 canales, clasificándose como una cuenca de quinto orden. Se registraron 109 canales de primer orden, 41 de segundo orden, 28 de tercer orden, 4 de cuarto orden y 1 de quinto orden. La longitud total de los canales es de 1.004,74 km. Los valores observados para el factor de forma, el coeficiente de compacidad y el índice de circularidad permitieron concluir que la red de drenaje tiene una forma alargada, con baja tendencia a inundaciones. El índice de sinuosidad registrado indicó una tendencia hacia canales rectos. El índice de circularidad fue de 0,31, mientras que el coeficiente de capacidad fue de 1,79. La densidad de canales encontrada fue de 0,03 km². La densidad de drenaje fue de 0,29 km/km², lo que demuestra que la zona presenta un drenaje deficiente. Además, se observó que el suelo de la región es permeable, lo que favorece una mayor infiltración de agua. La densidad de drenaje sugiere que el sitio no presenta un drenaje excesivamente denso. La recopilación de estos datos es valiosa para diversas tareas, como la construcción y la gestión, a diferentes escalas. Si bien los datos morfométricos indican una baja tendencia a las inundaciones, en algunos años se producen inundaciones significativas, como las registradas en 2022.

Palabras clave: Morfometría. Red de drenaje. Río Itapecuru.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável para a sobrevivência humana e fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade. A ausência de preservação das áreas de produção e armazenamento de água contribui, cada vez mais, para a escassez desse recurso. Nesse sentido, o planejamento em áreas de bacias hidrográficas é essencial para a conservação e a manutenção dos recursos hídricos (Nardini *et al.*, 2013).

O médio curso da bacia do rio Itapecuru encontra-se na zona de transição dos climas semiáridos do Nordeste para os úmidos equatoriais da Amazônia. As precipitações anuais variam de 1.200 a 1.400mm, com maiores índices de pluviosidade no período de outubro a abril e menores no período de junho a setembro. O volume de chuva aumenta de montante para jusante, com maiores índices no noroeste do médio curso da bacia (Souza; Silva, 2022).

Estudos realizados por Shen *et al.* (2017) sobre um conjunto de dados morfométricos de bacias distribuídas globalmente demonstraram que a morfometria das bacias constitui uma informação crucial para correlacionar tempestades com deslizamento de terras e inundações. O conjunto de dados obtido pode ser aplicado em diversas áreas, oferecendo suporte tanto para a construção quanto para a gestão sustentável em diferentes escalas de maneira similar entre os diversos continentes.

Christofoletti (1989, p. 102), ao estudar a análise de bacias hidrográficas e os padrões de drenagem, registrou que:

A drenagem fluvial é composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que formam a bacia de drenagem, definida como área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial. A quantidade de água que atinge os cursos fluviais está na dependência do tamanho da área ocupada pela bacia, da precipitação total e de seu regime, e das perdas devidas à evapotranspiração e à infiltração (Christofoletti, 1989, p. 102).

Franco e Santos (2015), ao analisarem a contribuição da morfometria para os estudos sobre inundações, relataram que, em bacias hidrográficas, podem ser influenciadas tanto por fatores naturais quanto por ações antrópicas. Os parâmetros morfométricos de uma bacia refletem o regime hidrológico e “expressam condições geológico-geomorfológicas das bacias, apresentando-se como uma metodologia útil para a investigação da suscetibilidade ao desenvolvimento de inundações”. Tonello (2005) ressalta que as características morfométricas de uma bacia hidrográfica podem ser segmentadas em três categorias principais: geométricas, de relevo e da rede de drenagem.

Tonello *et al.* (2006) destacam, em seus estudos, a relevância da análise da morfometria tanto na bacia principal quanto nas sub-bacias. Os resultados indicaram que as diferenças morfométricas entre as sub-bacias evidenciam a necessidade de um manejo específico para cada uma delas.

Teodoro *et al.* (2007, p. 139), ao analisarem a importância da caracterização morfométrica para compreender a dinâmica ambiental local, destacam que, na hidrologia, a classificação das bacias hidrográficas não se limita à área superficial total, mas considera os efeitos de fatores determinantes na formação dos deflúvios. Segundo os autores, “as microbacias possuem como características distintas uma grande sensibilidade tanto às chuvas de alta intensidade e curta duração, como também ao fator uso do solo (cobertura vegetal)”.

Silva, Costa e Zaidan (2021, p. 201) afirmam que a aplicação da análise morfométrica de bacias hidrográficas é fundamental como subsídio para o “entendimento dos processos crescentes de inundações na malha urbana ganhou grande importância a partir do momento em que os fenômenos de inundações compreendem um dos principais problemas ambientais na América Latina e Brasil”.

De acordo com o IPT (2007), o processo de urbanização no Brasil caracteriza-se pela apropriação, pelo mercado imobiliário, das áreas mais favoráveis para a construção nas cidades. A ausência de espaços urbanos adequados para habitação popular, contudo, forçou a população de menor renda a ocupar terrenos inadequados e negligenciados pelo mercado imobiliário. Para atender às suas necessidades de moradia, essas pessoas passaram a habitar regiões ambientalmente frágeis, como margem de rios, várzeas, manguezais e encostas íngremes, frequentemente de maneira precária.

O estudo da morfometria visa fornecer subsídios para o planejamento em diferentes escalas. No Brasil, diversos autores têm se dedicado a pesquisas sobre a morfometria de bacias hidrográficas. Nardini *et al.* (2013) investigaram a morfometria da microbacia do Ribeirão Água localizada no município de Bofete-SP. Vitte (2005) analisou a aplicação da morfometria de bacias de drenagem como suporte ao mapeamento da fragilidade ambiental nos municípios de Sumaré e Valinhos, na região metropolitana de Campinas, SP. Tonello *et al.* (2006) realizaram um estudo sobre a morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, em Guanhães, MG. França *et al.* (2013) examinaram a morfometria, o uso e ocupação da bacia do Carão, no Estado do Ceará. Félix (2018) investigou a morfologia, morfometria e dinâmica fluvial como subsídios para o planejamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Cabaçal, em MT.

Diversas pesquisas sobre avaliação morfométrica já foram concluídas e publicadas. Santos *et al.* (2019) estudaram a morfometria da bacia hidrográfica do rio Itapecuru, dividindo os dados em categorias de alto, médio e baixo curso, e apresentaram as características de cada sub-bacia dentro de um contexto geral. Barreto (2016) abordou, em sua pesquisa, a caracterização do compartimento de chapadas no quádruplo divisor hidrográfico do sudoeste do Maranhão, com ênfase na cabeceira do rio Itapecuru, sem abranger a bacia como um todo. Soares *et al.* (2016) realizam uma análise

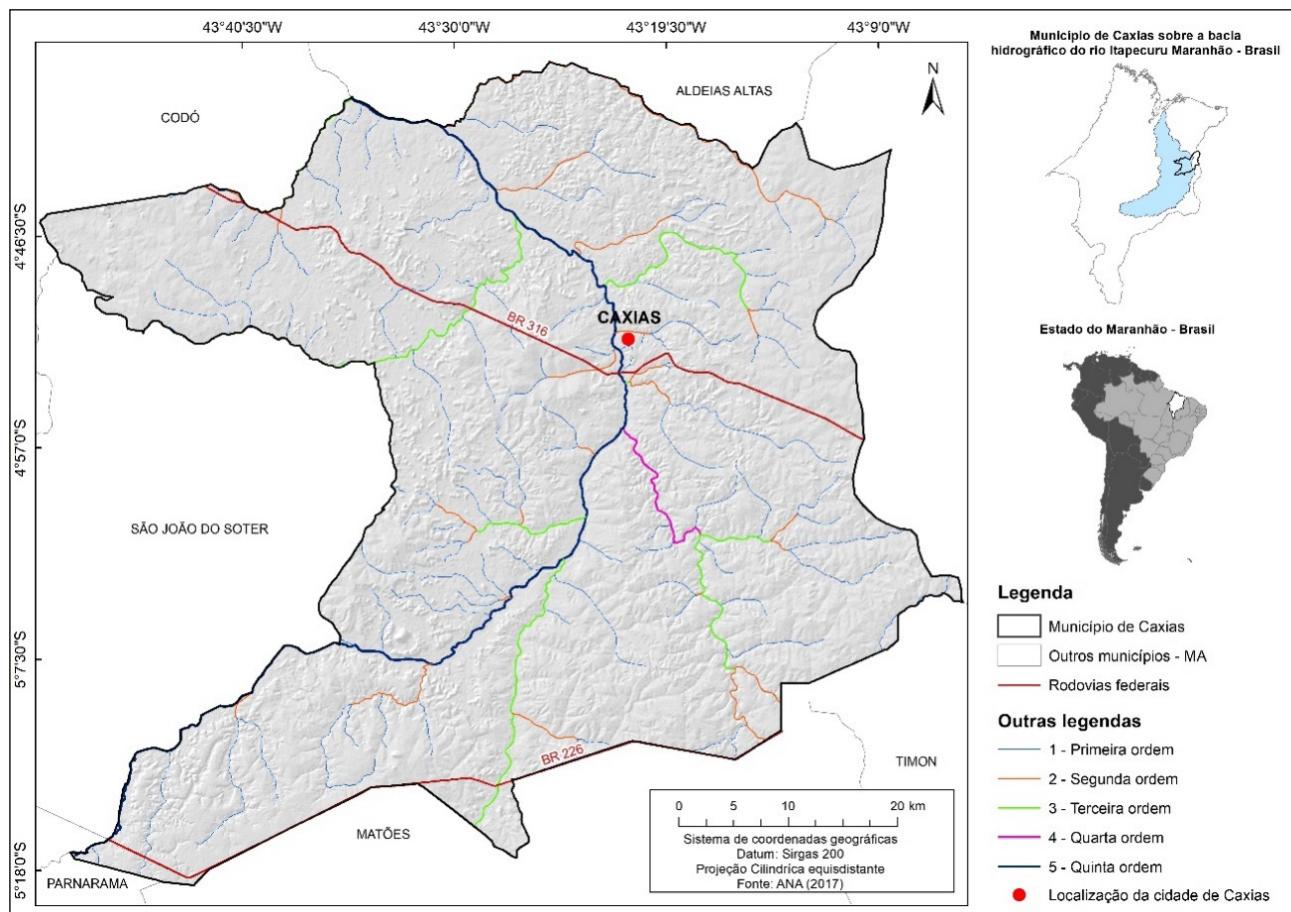
morfométrica e a priorização de bacias hidrográficas para planejamento ambiental integrado, destacando a morfometria de dez sub-bacias no baixo curso do rio Itapecuru.

O presente trabalho aborda alguns dos parâmetros da análise morfométrica de bacias hidrográficas. Contudo, este estudo não se concentra na análise da escala de uma bacia ou sub-bacia. Em vez disso, examina um segmento específico da bacia e sua drenagem, que abrange o médio curso do rio Itapecuru, inserido no município de Caxias - Maranhão, fornecendo dados parciais, mas significativos para a compreensão da drenagem e do escoamento na área de estudo.

O objetivo desta pesquisa foi caracterizar os dados morfométricos aferidos, associando-os aos aspectos geológico-geomorfológicos e topográficos da área de estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo abrange o médio curso do rio Itapecuru, dentro do perímetro do município de Caxias, Maranhão. Está situada entre as coordenadas geográficas $4^{\circ} 45' 00''$ e $5^{\circ} 18' 30''$ de latitude Sul, e $43^{\circ} 45' 30''$ e $43^{\circ} 00' 00''$ de longitude Oeste. O mapa de localização foi elaborado utilizando a projeção cilíndrica equidistante, com base no datum SIRGAS 2000 (Figura 1).



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 1. Localização da área de estudo com análise das nascentes, rede de drenagem e hierarquia de canais.

Procedimentos metodológicos

Para a análise morfométrica na área de estudo, foram considerados diversos parâmetros, dentre os quais: área da bacia, perímetro, comprimento do canal principal, comprimento total dos canais, comprimento do eixo da bacia, altitude média, ordem, extensão do percurso superficial, gradiente de canais, índice de sinuosidade, fator forma da bacia, índice de circularidade, coeficiente de capacidade, densidade de rios, densidade de drenagem, amplitude altimétrica máxima da bacia, relação de relevo e declividade média.

A realização dos procedimentos metodológicos ocorreu por meio da utilização dos parâmetros morfométricos e suas fórmulas e padrões de referência, conforme Quadro 1:

Quadro 1. Padrões metodológicos.

Parâmetros	Fórmula	Padrão De Referência
Lineares		
Extensão do percurso superficial (km) - (Eps)	$Eps = \frac{1}{2 \cdot Dd}$ <p>Onde: Dd: Densidade de drenagem (km^2)</p>	Identificar a distância média que as enxurradas percorrem entre o interflúvio e canal permanente (Christofoletti, 1980).
Gradiente de canais (%) - (G)	$G = \left(\frac{H}{L} \right) \cdot 100$ <p>Onde: H – Altitude máxima (m); h – Altitude da foz (m); L – Comprimento do canal principal (m).</p>	Relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término, compreendendo também o comprimento dos canais. (Christofoletti, 1980).
Índice de sinuosidade - (I_{sin})	$I_{sin} = \frac{L}{\square}$ <p>Onde: L – Comprimento do rio principal (km); Lt – Comprimento do eixo da bacia (km).</p>	Os valores próximos a 1 indicam elevado controle estrutural ou alta energia; Os valores acima de 2 indicam baixa energia, sendo os valores intermediários relativos a formas transicionais entre canais retilíneos e meandrantes (Veiga <i>et al.</i> , 2013).
Areal		
Fator de forma da bacia - (Ff)	$k_f = \frac{A}{L^2}$ <p>Onde: A é áreas da bacia em km^2 e L é a largura máxima da bacia ao ².</p>	1,00 - 0,75: Circular, alta tendência 0,75 - 0,50: Ovalada, tendência mediana 0,50 - 0,30: Alongada, baixa tendência < 0,30: Comprida com tendência a conservação (nada propensa a enchente) (Nardini <i>et al.</i> , 2013).
Índice de circularidade - (Ic)	$I_c = \frac{12,57 \cdot A}{P^2}$ <p>Onde: A - Área da bacia (km^2) P= Perímetro (km)</p>	1,00 - 0,8: Circular, alta tendência 0,8 - 0,6: Ovalada, tendência mediana 0,6 - 0,40: Alongada, baixa tendência < 0,40: Comprida com tendência a conservação (nada propensa a enchente). (Nardini <i>et al.</i> , 2013).
Coeficiente de compacidade - (Kc)	$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi} \cdot A}$ <p>Onde: P – Perímetro da bacia (km); A – Área da bacia (km^2).</p>	Valores entre 1,00 e 1,25: alta propensão; de 1,25 a 1,50: média; e valores superiores a 1,50 representam bacias não propensas a enchentes (Costa; Lança, 2011, p. 9).
Densidade de rios - (Dr)	$Dr = \frac{N}{A}$ <p>Onde: N = Número total de nascentes; A = Área da bacia (km^2).</p>	Estabelece a relação entre o número de cursos d'água e a área, pode inferir maior capacidade de gerar canais, independentemente de suas extensões (Veiga <i>et al.</i> , 2013).

continua

continuação

Parâmetros	Fórmula	Padrão De Referência
Areal		
Densidade de drenagem (Dd) (km/km ²)	$D_d = \frac{Lt}{A}$ Onde: Lt = Comprimento total dos canais (km); A = Área da bacia (km ²).	O resultado pode variar de 0,5 km/km ² em bacias pobremente drenadas a 3,5 km/km ² em bacias bem drenadas. (Villela; Mattos, 1975).
Hipsométrico		
Amplitude altimétrica máxima da bacia (m) - (Hm)	$Hm = AN - AF$ Onde: AF – Altitude da foz (m); AN – Altitude do ponto mais alto do divisor topográfico.	É a diferença altimétrica entre a bacia, as altitudes das barras e o ponto mais alto da rede hidrográfica (Christofoletti, 1980).
Relação de relevo (Rr)	$R_r = \frac{Hm}{Lb}$ Onde: Hm – Amplitude topográfica máxima (m); Lb – Comprimento da bacia (m).	Quanto maior o valor de Rr, maior será o desnível entre a cabeceira e a foz, consequentemente maior será a declividade média da bacia, e maior o escoamento superficial (Schumm, 1956).
Índice de rugosidade - (Ir)	$Ir = H \cdot Dd$ Onde: H – Amplitude altimétrica (km); Dd – Densidade de drenagem (km/km ²).	Quanto maior for o índice de rugosidade, mais colinoso e dissecado o relevo (maiores declividades), e canais mais entalhados (Castro; Carvalho, 2009).

Fonte: Adaptado de Nardini *et al.* (2013).

Os dados referentes à área de estudo, como perímetro, comprimento do tronco de drenagem, comprimento do eixo da área de estudo, altitude, divisor topográfico, confluência e número total de nascentes, foram coletados por meio de um sistema de informações geográficas, utilizando o software ArcGis 10.8, com base em dados oficiais extraídos do IBGE, na escala 1:250.000.

Após a obtenção dos dados mencionados, foram aplicadas as fórmulas para as variáveis lineares, que correspondem à extensão do percurso superficial, gradiente de canais e índice de sinuosidade. Em seguida, calcularam-se as variáveis areais, como o fator de forma da bacia, índice de circularidade, coeficiente de compacidade, densidade de rios e densidade de drenagem. Por fim, também foram calculadas a variável hipsométrica, a partir da amplitude altimétrica máxima da bacia, a relação de relevo e o índice de rugosidade. As equações algébricas foram inseridas e calculadas no software Microsoft Office 365, utilizando a extensão Excel®.

Hierarquia fluvial

A constituição da hierarquia fluvial foi realizada pela metodologia proposta por Strahler (1957), em que a ordenação dos canais fica disposta da seguinte maneira:

- Canais de primeira ordem são constituídos por canais criados a partir de nascentes;
- Canais de segunda ordem foram constituídos quando dois canais de primeira ordem se encontram;
- Terceira ordem, constituídos quando dois canais de segunda ordem se convergem;
- Quarta ordem, constituídos quando dois canais de terceira ordem se convergem; e
- Quinta ordem, constituídos quando dois canais de quarta ordem se convergem.

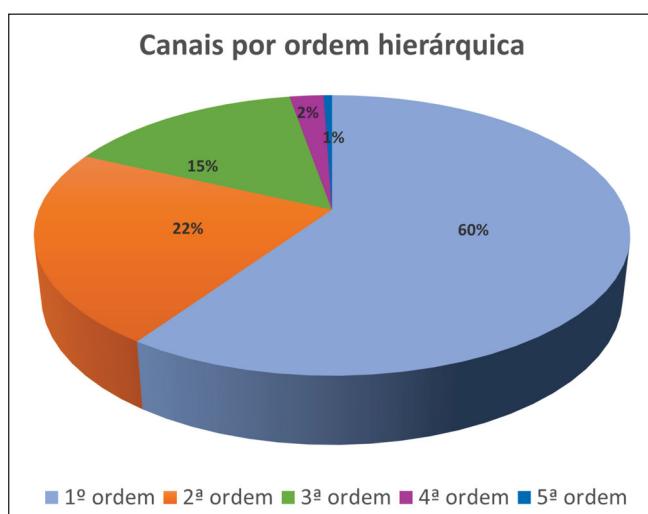
O segmento de maior fluxo, denominado *tronco de drenagem*, corresponde à recepção de todas as ordens fluviais previamente mencionadas, recebendo descarga hidráulica e sedimentar. Assim, estabelece-se a hierarquia fluvial de uma bacia hidrográfica (Strahler, 1957).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Christofeletti (1980), as bacias de drenagem podem ser classificadas conforme seu escoamento em escala global. A bacia hidrográfica do rio Itapecuru é classificada como exorreica, pois o escoamento das águas é contínuo até o Oceano Atlântico, desaguando na Baía de São Marcos, a sudeste da Ilha do Maranhão.

A área de estudo apresenta 183 canais que compõem a rede de drenagem, o comprimento total de 1.004,74 km. Desses, 109 canais correspondem à primeira ordem, 41 à segunda ordem, 28 à terceira ordem, 4 à quarta ordem e 1 à quinta ordem. O comprimento do eixo da bacia foi de 98,85 km, e a altitude média registrada foi de 162m.

Ao compararmos com os resultados de Soares et al. (2019), observa-se uma proximidade nos dados relativos ao número de canais entre a área de estudo e as subbacias hidrográficas Limpeza e Douradinho, localizadas na grande bacia do rio Itapecuru. Estudos realizados por Vilela Filho e Vitte (2005, p. 16.278) destacaram que “quanto maior a quantidade de canais de 1^a ordem, maior é a fragilidade da paisagem, pois indicam maior dissecação do relevo, que pode ser provocada por controle estrutural, como falhas, fraturas ou dobramentos”.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 2. Porcentagem dos canais de drenagem na área de estudo.

Segundo Chistofeletti (1980, p. 103), ao descrever sobre a análise de bacias hidrográficas:

Os padrões de drenagem referem-se ao arranjoamento espacial dos cursos fluviais que podem ser influenciados em sua atividade morfogenética pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região Chistofeletti, 1980, p. 103).

Ao se observar a morfometria em diferentes escalas, é possível realizar uma análise integrada do ambiente, considerando diversos parâmetros, com o objetivo de obter melhores resultados e, assim, elaborar um plano de manejo adequado para a área. Em outras palavras, busca-se contribuir para a mitigação e prevenção de alagamentos, especialmente em áreas urbanizadas (Tabela 1).

Moreira *et al.* (2011, p.13), ao analisarem a caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica do rio Salamanca, Barbalha, CE, ressaltaram que:

Os parâmetros de caracterização do relevo e da rede de drenagem têm grande influência sobre o escoamento superficial e, consequentemente, sobre o processo de erosão, que resulta em perdas de solo, água, matéria orgânica, nutrientes e microfauna, provocando, assim, assoreamento e eutrofização dos corpos d'água (Moreira *et al.* 2011, p.13).

Tabela 1. Características físicas do médio curso do rio Itapecuru no município de Caxias (MA).

Parâmetro	Total/valor
Área da bacia (km ²)	3.429,65
Perímetro (km)	370,90
Comprimento do canal principal (km)	127,96
Comprimento total dos canais (km)	1.004,74
Comprimento do eixo da bacia (km)	98,85
Altitude média (%)	19,26
Ordem	5º
Linear	
Extensão do percurso superficial (km ²)	1.714,83
Gradiente de canais (%)	0,20
Índice de sinuosidade	1,29
Areal	
Fator forma da bacia	0,35
Índice de circularidade	0,31
Coeficiente de capacidade	1,79
Densidade de Rios (canais /km ²)	0,03
Densidade de drenagem (km/km ²)	0,29
Hipsométrico	
Amplitude altimétrica máxima da bacia (m)	81
Relação de relevo (m/km)	2,34
Índice de rugosidade	23,73
Declividade média (%)	19,26

Fonte: Adaptado de Nardini *et al.* (2013).

O padrão de drenagem da área de estudo corresponde à drenagem dendrítica, em que os canais possuem configuração semelhante à de uma árvore. Esse padrão desenvolve-se sobre rochas com resistência uniforme ou em estruturas sedimentares (Christofolletti, 1980). O rio Itapecuru pode ser classificado como um rio subsequente, cuja direção do fluxo é influenciada pela estrutura rochosa, seguindo sempre uma zona de fraqueza, falha, junta, camada delgada ou de fácil erosão. Nas áreas sedimentares, os fluxos correm perpendiculares à inclinação principal das camadas (Christofolletti, 1980).

Na análise linear da rede hidrográfica, constatou-se que a extensão do percurso superficial foi de 1.714,83 km², valor que representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre os interflúvios e o canal principal. Esta é considerada uma das variáveis mais importantes, pois afeta tanto o desenvolvimento hidrológico quanto o fisiógrafo da bacia de drenagem (Christofolletti, 1980).

Os dados referentes à extensão do percurso superficial demonstram que, na área de estudo, a água das chuvas percorre um longo trajeto até encontrar um canal ou lago, o que influencia o tempo de concentração da água e reduz a propensão à erosão na bacia. Diversos agentes controladores afetam esse percurso, sendo a geologia um dos principais fatores. A área de estudo apresenta diferentes formações geológicas, como a Formação Corda, a Formação Motuca e a Formação Sardinha.

Além disso, há dois grupos geológicos predominantes: Barreiras e Itapecuru. A geomorfologia também exerce influência significativa, com o Patamar de Caxias representando 62,06% da área, seguido pelos Tabuleiros do Médio Itapecuru que abrangem 36,30% da área. Os solos também desempenham um papel crucial como agentes influenciadores no processo de infiltração e escoamento superficial. Nardini *et al.* (2013) destacam a importância da morfometria no planejamento de áreas destinadas à preservação ambiental, bem como na manutenção da produção de água, tanto em quantidade quanto em qualidade.

O gradiente dos canais registrou 0,20%, indicando um fluxo lento, o que favorece a deposição de sedimentos finos. O índice de sinuosidade registrado foi de 1,29, o que sugere uma tendência para canais retilíneos. Chistofolletti (1980, p. 109) ressalta que, na “análise linear, são englobados os índices e relações relativos à rede hidrográfica, cujas medições necessárias são efetuadas ao longo das linhas de escoamento”.

Nardini *et al.* (2013) analisaram a microbacia hidrográfica do Ribeirão Água-Fria, localizada no município de Bofete-SP. Os resultados indicaram que a microbacia é de 5º ordem, e o índice de sinuosidade registrado foi de 1,29, sugerindo uma tendência para canais retilíneos. Ou seja, ao comparamos os resultado, observa-se que redes de drenagem de 5º ordem podem apresentar essa inclinação para canais retiílineos.

A análise areal do médio curso do rio Itapecuru registrou que o fator forma da área de estudo é 0,35, indicando que se trata de uma rede de drenagem alongada, com baixa tendência a enchentes, conforme os parâmetros de análise de Nardini *et al.* (2013).

O estudo de Soares *et al.* (2016) examinou dez subbacias no curso inferior do rio Itapecuru. Os resultados mostraram que as bacias possuem ordens de drenagem variando da segunda à quarta e ocupam áreas entre 5,49 e 110,80 km². O índice de circularidade foi de 0,46 km/ km² em média, e a densidade de drenagem foi de 0,79 km/ km². As sub-bacias no baixo curso são pequenas em relação à área total do estudo; no entanto, apresentam um índice de circularidade elevado, o que também indica uma baixa tendência a inundações.

O índice de circularidade registrado foi de 0,31. O coeficiente de capacidade foi de 1,79. A densidade de canais observada foi de 0,03 km², o que indica baixa capacidade para a formação de

novos canais. A densidade de drenagem foi de 0,29 km/km². Villela e Mattos (1975) afirmam que um índice que varia de 0 a 0,5 km/km² indica drenagem pobre, enquanto valores superiores a 3,5 km/km² caracterizam uma bacia bem drenada.

Os dados de densidade de drenagem na área de pesquisa indicam que a área é bem drenada, com baixa propensão a enchentes. Pode-se concluir que o solo é permeável, permitindo uma infiltração de água mais eficiente. Souza e Silva (2022), ao estudarem a densidade de drenagem no médio Itapecuru, entre as cidades de Colinas e Caxias (MA) observaram que as densidades de drenagem baixa (0 a 0,5 km/km²) e média (0,51 a 2,5 km/km²) foram registradas em áreas com predominância de rochas areníticas nas Formações Corda, Grajau e no Grupo Itapecuru.

Segundo Tonello *et al.* (2006), baixos valores de densidade de drenagem “estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação”. Cardoso *et al.* (2006) afirmam que o sistema de drenagem é composto pelo rio principal e seus tributários. O estudo da densidade de drenagem demonstra a variação na velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. A análise desse índice fornece informações sobre o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, revela a eficiência da drenagem da bacia.

Segundo Vilela Filho e Vitte (2005, p.16.820), a densidade de drenagem e o escoamento superficial estão interrelacionados, fornecendo informações que refletem a relação entre a intensidade do fluxo superficial e subsuperficial com a infiltração. Os mesmos autores ressaltam que “outro fator relevante é que em um mesmo ambiente climático, o comportamento das rochas repercute na densidade de drenagem”.

O comportamento hidrológico das rochas e solos influencia a capacidade de infiltração e resulta em um maior escoamento superficial. O solo mais predominante na área de estudo é o Plintossolos Pétricos Concretionários argissólicos, que corresponde a 35,96% da área pesquisada. Esses solos são formados por material mineral e apresentam horizonte plíntico, litoplíntico ou concretionário. Silva (2020), ao estudar a classe dos Plintossolos Pétricos Concretionários, constatou que estes apresentam uma drenagem imperfeita.

Cardoso, Marcuzzo e Pinto Filho (2011) realizaram estudos na bacia do rio Araguaia e relataram que é o décimo terceiro maior rio em extensão do Brasil, totalizando 2.114 km de talvegue. Trata-se de um canal de ordem 6º. O índice de fator forma determinado para a bacia foi de 0,18, o que contribui para o entendimento da baixa suscetibilidade a enchentes na região. A densidade de drenagem registrada foi de 0,18 km/km², indicando baixa densidade de drenagem, o que também se observa na rede de drenagem no médio curso do rio Itapecuru, que apresentou valores semelhantes de baixa densidade de drenagem.

Na análise hipsométrica, a amplitude altimétrica máxima da bacia registrada na área de estudo foi de 81 m. A relação de relevo foi de 2,34, o que determina a inclinação da bacia e influencia velocidade de escoamento. O índice de rugosidade foi de 23,73, o qual está relacionado à predominância de relevo suave ondulado, que corresponde a 41,88% da área. A declividade média do recorte da bacia em estudo foi de 19,26%, caracterizando, segundo Embrapa (1997), como um relevo ondulado.

Observa-se uma diferença ao compararmos com os dados das cabeceiras, conforme apresentado por Barreto (2016). Ele identificou que, na área de 158,90 km² estudada, a densidade de drenagem é de 0,52 km/km², o índice de rugosidade apresenta um valor de 0,11 e a relação de relevo é de 13,2

m/km. Dessa forma, os dados indicam que a área das cabeceiras possui uma drenagem ligeiramente superior à da área em estudo, o que sugere uma maior capacidade de escoamento superficial.

O índice de rugosidade médio do rio Itapecuru em suas sub-bacias é de 145,39, inferior ao alto curso (307,50) e superior ao do baixo curso (81,23), indicando declividades médias com canais mais entalhados (Soares *et al.* 2019). Dessa forma, a declividade média de uma bacia hidrográfica é crucial para o planejamento, pois garante que as intervenções humanas no meio ambiente sejam efetivas. Além disso, desempenha um papel importante na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo, entre outros processos (Tonello *et al.* 2006).

Segundo Nardini *et al.* (2013), o planejamento em áreas de bacias hidrográficas é de grande importância para a preservação dos recursos hídricos. A água é um recurso natural essencial para a vida; e para o processo de desenvolvimento da sociedade. Assim, a falta de preservação de áreas de nascentes e de armazenamento de água torna esse recurso cada vez mais escasso.

CONCLUSÃO

A análise da morfometria possibilitou o exame de diversos parâmetros, como a área da bacia, perímetro, comprimento do canal principal, o comprimento total dos canais, o comprimento do eixo da bacia, a altitude média, a ordem, a extensão do percurso superficial, o gradiente de canais, o índice de sinuosidade, o fator de forma da bacia, o índice de circularidade, o coeficiente de capacidade, a densidade de rios, a densidade de drenagem, a amplitude altimétrica máxima da bacia, a relação de relevo e a declividade média. Dessa forma, os aspectos morfométricos contribuíram para a definição dos aspectos físicos da área de estudo.

Os dados revelam que a rede de drenagem é alongada, apresentando baixa tendência a enchentes. No entanto, o gradiente de canais, bastante suave (0,20%), indica que o fluxo é lento, o que pode favorecer inundações em eventos extremos. A predominância de 109 canais de primeira ordem pode ser atribuída à topografia e geologia da área. Observa-se também uma tendência a canais retilíneos, conforme indicado pelo índice de sinuosidade. A densidade de drenagem sugere que o local não possui uma drenagem excessivamente densa. A coleta desses dados é valiosa para diversas tarefas, como construção e gestão, em diferentes escalas.

Embora os dados morfométricos indiquem uma baixa tendência a enchentes, inundações significativas ocorrem em alguns anos, como as inundações registradas em 2022. As fórmulas usadas na análise nem sempre são adequadas para ambientes de clima tropical úmido. Da mesma forma, os índices utilizados são frequentemente considerados para bacias inteiras, em vez de segmentos ou áreas específicas. No entanto, sua utilização continua sendo essencial para a realização de uma análise morfométrica.

REFERÊNCIAS

- BARRETO, H. N. Morfometria e dinâmica das cabeceiras do divisor hidrográfico dos rios Mearim, Tocantins, Itapecuru e Parnaíba, sudoeste do Maranhão – Brasil. *Anais[...]* XI SINAGEO, Maringá – PR, 2016. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/6/6-51-1455.html/>. Acesso em: 23 abr. 2024.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Rev. Árvore*, Viçosa,

- v. 30, n. 2, mar./abr. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622006000200011. Acesso em: 25 maio. 2023.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; PINTO FILHO, R. F. **Caracterização física básica da bacia hidrográfica Araguaia visando determinar susceptibilidade a enchentes**. CPRM, 2011. 10 p.
- CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Scientia Plena**, v. 5, n. 2, 2009. p. 3-7. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/623/>. Acesso em: 04 dez. 2023.
- CHRISTOFOLLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed., São Paulo, SP: Edgar Blücher, 1980.
- CHRISTOFOLLETTI, A. O desenvolvimento teórico-analítico em geomorfologia: do ciclo de erosão aos sistemas dissipativos. **Geografia**: v. 14, n. 28, p. 15-30, 1989. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/15243/11701>. Acesso em: 23 abr. 2024.
- COSTA, T. D.; LANÇA, R. **Hidrologia de Superfície**. Faro: Universidade do Algarve, v. 1, 2011. 303 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/330804/1/Manualdemetodosdeanalisedesolo2ed1997.pdf/>. Acesso em: 23 abr. 2024.
- FÉLIX, E. **Morfologia, morfometria e dinâmica fluvial como subsídio para o planejamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Cabaçal - MT**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade do Estado de Mato Grosso. Cáceres. 173 f. Orientadora: Profª. Dra. Celia Alves de Souza. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Faculdade de Ciências Humanas, Campus de Cáceres. Disponível em: <https://portal.unemat.br/media/files/PPGGeo/evandro-andre-felix.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2024.
- FRANÇA, J. M. B.; OLIVEIRA, R. R. A.; PAULINO, W. D.; CARNEIRO NETO, J. A. Morfometria e uso e ocupação da bacia hidrográfica do Carão, Estado do Ceará, Brasil. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu, p. 8.138 – 8.145. 2013. Disponível em: [http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.25/doc/p0408.pdf/](http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.25/doc/p0408.pdf). Acesso em: 04 dez. 2023.
- FRANCO, A. V.; SANTO, M. A. Contribuição da morfometria para o estudo das inundações na sub-bacia do rio Luís Alves/SC. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, p. 151-167, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/LrLnmX9GcQTHmbwM7ZZ6cwq/>. Acesso em: 07 mar. 2023.
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p. Disponível em: <http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/mapeamento.pdf/>. Acesso em: 04 dez. 2023.
- MOREIRA, A. A. C.; COSTA, C. T. F.; TAVARES, P. R. L.; MENDONÇA, L. A. R. Caracterização morfométrica e hidrologia da bacia hidrográfica do rio Salamanca, Barbalha, CE. **Anais[...]** Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, v. 19, 2011. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=11178/>. Acesso em: 25 maio. 2023.
- NARDINI, R. C.; POLLO, R. A.; CAMPOS, S.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G.; GOMES, L. N. Análise morfométrica e simulação das áreas de preservação permanente de uma microbacia hidrográfica. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 687-699, 2013. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/669/>. Acesso em: 30 jun. 2022.

- SANTOS, M. M. M.; MENDONÇA, G. C.; OLIVEIRA, L. C. M.; PISSARRA, T. C. T. Uso e ocupação do solo no estado do Maranhão nos anos 2000 e 2016. *Anais[...]* IV Congresso Internacional das Ciências Agrárias. COINTER – PDVAgro. 2019. 15 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343684315_USO_E_OCUPACAO_DO_SOLO_NO_ESTADO_DO_MARANHAO_NOS_ANOS_2000_E_2016/. Acesso em: 04 dez. 2023.
- SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at perth amboy, New Jersey. **Bulletin Of The Geological Society Of America**, v. 67, may., 1956. p. 697-646. Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article-abstract/67/5/597/4811/EVOLUTION-OF-DRAINAGE-SYSTEMS-AND-SLOPES-IN?redirectedFrom=fulltext/>. Acesso em: 04 dez. 2023.
- SHEN, X.; ANAGNOSTOU, E. N.; MEI, Y.; HONG, Y. A global distributed basin morphometric dataset. **Scientific Data/Nature**, 2017. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/sdata2016124/>. Acesso em: 04 dez. 2023.
- SILVA, J. L. S; COSTA, RM; E ZAIDAN, R.T. Aplicação da análise morfométrica de bacias hidrográficas como subsídio ao entendimento dos processos crescentes de inundações na malha urbana da cidade de Ubá-MG. **Caminhos de Geografia Uberlândia-MG**. v. 22, n. 82ago./2021, p. 201–214. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/55911/>. Acesso em: Acesso em: 04 dez. 2023.
- SILVA, M. B.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; OLIVEIRA, V. A. **Guia de campo da XIII Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos**: RCC do Maranhão. Embrapa Solos-Livro técnico (INFOTECA-E), 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1127220/guia-de-campo-da-xiii-reuniao-brasileira-de-classificacao-e-correlacao-de-solos-rcc-do-maranhao/>. Acesso em: 04 dez. 2023.
- SOARES, L. S.; LOPES, W. G. R.; CASTRO, A. C. L.; ARAUJO, G. M. C. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 31, p. 82-100, 2016. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/107715/>. Acesso em: 25 mai. 2023.
- SOARES, L. S.; MARTINS, B. N.; MASULLO, Y. A. G. BANDEIRA, A. M.; CASTRO, A. C. L.; SILVA, E. V. Avaliação Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Itapecuru, MA. In: **Mais Itapecuru**: subsídios ao planejamento e a gestão de recursos hídricos. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. – São Luís: IMESC, 2019. 264 p.
- SOUZA, C. A.; SILVA, Q. D. Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru, Maranhão: características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e densidade de drenagem. **Revista Ciência Geográfica**, v. 26, n. 01, p. 51-71, 2022. Disponível em: <https://ppg.revistas.uema.br/index.php/cienciageografica/article/view/2873/>. Acesso em: 06 fev. 2023.
- STRAHLER, A. N. Quantative Analysis of Watershed Geomorphology. **Transactions, American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, 1957. p. 913-920. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/TR038i006p00913/>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de Bacia Hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. Araraquara, SP: **Revista Uniara**, n. 20, 2007. Disponível em: https://www.uniara.com.br/legado/revistauniara/pdf/20/RevUniara20_11.pdf/. Acesso em: 06 fev. 2023.
- TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas**,

Guanhães, MG. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2005. 69 f. Orientador Prof. Dr. Herly Carlos Teixeira Dias. – Viçosa: UFV, 2005. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/333a24c6-858c-4fa2-ba25-7a8c4e9a3576/content/>. Acesso em 06 fev. 2023.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L. D.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães-MG. **Revista Árvore**, v. 30, p. 849-857, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/Lst9NTwcxpCs8dGtd638x4f/?lang=pt/>. Acesso em: 10 mar. 2023.

VEIGA, A. M.; SANTOS, C. C. P.; CARDOSO, M. R. D.; LINO, N. C. Caracterização Hidromorfológica da bacia do rio Meia Ponte. Uberlândia, MG: **Caminhos de Geografia**, v. 14, n. 46, jun., 2013. p. 126-138. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/153/6276a0b82f4e92cb57fb1b0ae2558e46_a46e58851320dbbd9d8659bf91552d0b.pdf. Acesso em: 10 mar. 2023.

VILELA FILHO, L. R.; VITTE, A. C. A utilização de técnicas morfométricas do relevo aplicadas na determinação da fragilidade ambiental: o caso da bacia do Córrego Proença, município de Campinas (SP). In: Encontro de geógrafos da América Latina. V. 10. p. 16272-16284, 2005, São Paulo, SP. **Anais [...]**. São Paulo, SP: Universidade de São Paulo (USP), 2005. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Procesosambientales/Geomorfologia/15.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2023.

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

VITTE, A. C. O uso da morfometria de bacias de drenagem como suporte ao mapeamento da fragilidade ambiental nos municípios de Sumaré e Valinhos, região metropolitana de Campinas (SP) – Brasil. In: Encontro de geógrafos da América Latina. V. 10. p. 16336 – 16355, 2005, São Paulo, SP. **Anais [...]**. São Paulo, SP: Universidade de São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Procesosambientales/Hidrologia/25.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2023.