

## CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E O USO DA TERRA COMO INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MAÚ NO NORDESTE PARAENSE

Augusto do Carmo Fadu<sup>1</sup>  
Giovanna Manuela de Oliveira Penela<sup>2</sup>  
Bruno Lobão da Silva<sup>3</sup>  
Carla Bastos da Silva<sup>4</sup>  
Silvana do Socorro Veloso Sodré<sup>5</sup>

**RESUMO:** O presente trabalho tem como objetivo realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Maú, que está localizado no nordeste paraense, com base em técnicas de geoprocessamento, proporcionando, assim, fornecendo subsídios à sua gestão. Os resultados obtidos demonstram que a sub-bacia possui uma baixa suscetibilidade a enchentes e seus índices morfométricos como: fator de forma, índice de circularidade e o coeficiente de compactidade são indicativos que a sub-bacia do rio Maú possui forma alongada que contribui para a não degradação natural. Analisando o uso e ocupação na sub-bacia se evidenciou a significada influência antrópica uma vez que 48,61% da sua área é ocupada por agropecuária indicando uma preocupação com a conservação da sub-bacia.

382

**Palavras-chaves:** Bacia hidrográfica. Morfometria. Uso do solo.

**ABSTRACT:** The present work aims to carry out the morphometric characterization of the Maú river basin - located in the northeast of Pará - based on geoprocessing techniques, thus providing subsidies to its management. The results obtained demonstrate that the sub-basin has a low susceptibility to floods and its morphometric indices such as: shape factor, circularity index and the compactness coefficient indicate that the Maú river sub-basin has an elongated shape that contributes to not natural degradation. Analyzing the use and occupation in the sub-basin, the significant anthropic influence was evidenced since 48.61% of its area is occupied by agriculture, indicating a concern with the conservation of the sub-basin.

**Keywords:** Watershed. Morphometry. I and use.

<sup>1</sup>Bacharel Engenharia Ambiental e Energias Renováveis Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

<sup>2</sup>Bacharela Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

<sup>3</sup> Bacharel Engenharia Ambiental e Energias Renováveis Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

<sup>4</sup> Graduanda em Engenharia Florestal Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

<sup>5</sup> Doutora em Geologia e Geoquímica Universidade Federal do Pará (UFPA).

## INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é uma área topograficamente drenada por corpos d'água e onde ocorre a captação da água proveniente da precipitação que escorre para um único ponto de saída; mas também pode ser definida como uma área que possui altos relevos capazes de realizarem a divisão das águas provenientes da chuva, que por meio do escoamento superficial, dá origem a rios e riachos através da infiltração do solo (LOPES *et al.*, 2016; TUCCI, 1997).

Segundo Pires (2013) e Santos *et al.* (2016), o estudo de bacias hidrográficas se mostra cada vez mais necessário devido a existência de conflitos entre uso e ocupação e o descumprimento da legislação que ocasionam alterações nas condições naturais dos recursos hídricos.

Um dos fatores com muita importância para se determinar o planejamento ou gestão de uma bacia é saber se ela possui características de sub-bacia ou microbacia. As sub-bacia tem áreas de 100 km<sup>2</sup> a 700 km<sup>2</sup> e sua drenagem vem de tributários que desaguam no rio principal; enquanto uma microbacia, possui área inferior a 100 km<sup>2</sup> e tem toda sua ocorrência de maneira direta de um rio principal de uma sub-bacia (FAUSTINO, 1996).

Buscando-se definir um planejamento aceitável para uma bacia hidrográfica, a caracterização morfométrica é um procedimento que permite à elaboração de análises hidrológicas, a partir do uso do Sistema de Informação Geográfico (SIG) e geoprocessamento, sendo possível extrair informações acerca da dinâmica do corpo hídrico, além de alguns parâmetros e índices (SANTANA, 2018). Essa caracterização é um procedimento de análise hidrológica e ambiental que permite o entendimento dos diferentes aspectos locais e regionais que contribuem em estudos de vulnerabilidade dentro de bacias hidrográficas, as quais são áreas de captação natural da água e onde são desenvolvidas as atividades humanas (TEODORO *et al.*, 2007; PORTO *et al.*, 2008; ROCHA *et al.*, 2014). O avanço tecnológico contribui significativamente para a realização desse tipo de pesquisa através de monitoramento, reconhecimento e determinação de algumas características físicas, usando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para a avaliação de diversos parâmetros morfométricos constituindo assim, uma ferramenta de manipulação e análise de impactos ambientais (SANTOS, 2018; CASTRO *et al.*, 2018)

A caracterização morfométrica de uma bacia é um dos procedimentos mais usuais para análises hidrológicas. O SIG e as técnicas de geoprocessamento são importantíssimas por realizar análises precisas para estudos ambientais (SANTOS, 2018). E a partir dessas análises podem-se definir alguns parâmetros morfométricos como: área, perímetro, curso do rio principal, altimetria, declividade e padrão de drenagem.

Nesse contexto, destaca-se a sub-bacia do rio Maú, que está localizada no nordeste do estado do Pará, tem como seu principal afluente o rio Maú. Além disso, essa sub-bacia está inserida na única bacia hidrográfica do estado que possui um comitê de bacia hidrográfica, a Bacia Hidrográfica do rio Marapanim (BHRM) constituída de 2464,703 km<sup>2</sup>, abrangendo 12 municípios paraenses (NUMA, 2022).

A região na qual a sub-bacia do rio Maú está localizada tem seu processo de ocupação considerado como antigo e que ocorreu de forma desordenada principalmente com a consolidação da Estrada de Ferro Belém-Bragança a partir do fim do século XIX, que provocou desequilíbrio dos recursos naturais pela forte antropização (SAMPAIO *et al.*, 2017; VALE *et al.*, 2016). A ocupação do solo ocorrida de maneira inadequada modifica a dinâmica hidrológica do solo principalmente quando associada ao desmatamento e introdução de superfícies impermeáveis que reduzem a infiltração da água no solo ocorrência de erosão, assoreamento e intervindo na recarga do lençol freático (TUCCI, 2002; SANTOS, 2016).

Dessa forma, o planejamento ambiental de uma bacia é de extrema importância pela capacidade de identificar fragilidades, potencialidades e problemas de degradação ambiental decorrentes da atividade de uso e ocupação da terra pelo homem (SIMÕES, 2017). A caracterização de uma bacia hidrográfica com uso de ferramentas SIG's é uma ótima ferramenta para gestão e gerenciamento dos recursos hídricos, pois permite também identificar uso e ocupação inadequado em ambientes vulneráveis ou com possíveis impactos ambientais, os quais podem ocorrer devido a interferência humana na natureza (LOPES *et al.*, 2016; GUTIERREZ, 2017).

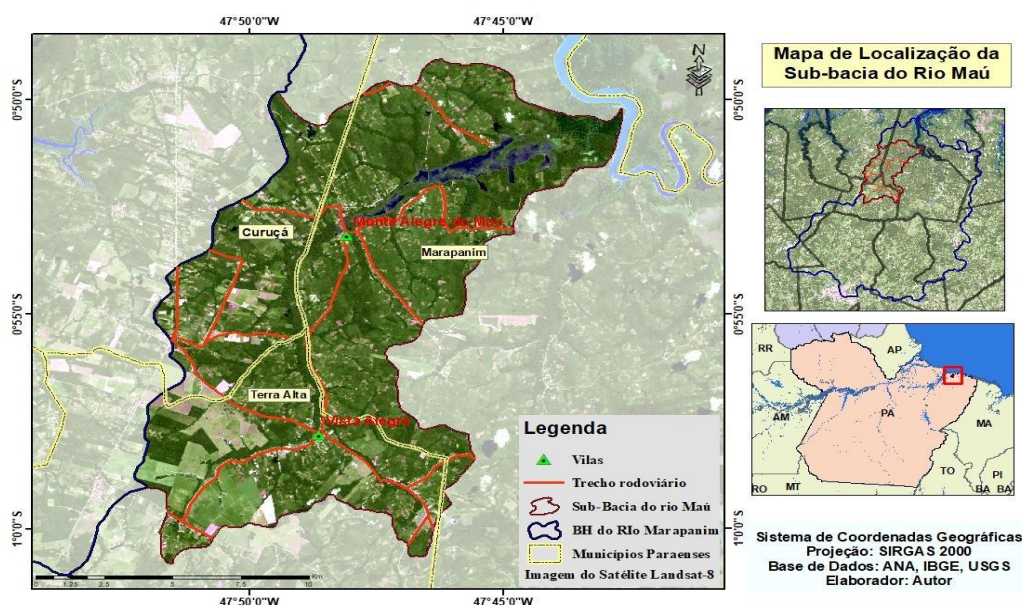
Mediante o que foi exposto, o presente trabalho tem como objetivo realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Maú com base em técnicas de geoprocessamento a fim de fornecer subsídios à sua gestão.

## METODOLOGIA

### Área de Estudo

A sub-bacia do rio Maú ocupa uma área de aproximadamente 196,79 km<sup>2</sup>, entre as coordenadas geográficas 0°49'30" e 0°58' 30" S e 47°51'00" e 47°42'00" W (Figura 1). E está localizada entre de três municípios do nordeste paraense sendo: 49,4% em Marapanim; 21,34% em Curuçá e 29,30% em Terra alta.

**Figura 1-** Mapa de localização da sub-bacia hidrográfica do Rio Marapanim



**Fonte:** autores (2023)

Os mapeamentos desse trabalho foram feitos utilizando o *software* QGIS 3.28 integrado com o GRASS GIS 7.8.7 que permitiu a organização, processamento, análise, interpretação e mapeamento os dados da bacia do rio Maú.

Para se adquirir os limites da bacia, assim como a rede de drenagem dela utilizou-se a ferramenta *r.watershed* do *software* GRASS GIS em um Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução de 30 metros obtido pelo projeto TOPODATA, que possui abrangência nacional, mais precisamente duas folhas: 00S48\_ZN e 01S48\_ZN; enquanto à determinação do uso do solo ocorreu a partir de uma imagem de satélite Landsat 8, órbita 223 e ponto 61, Serviço Geológico de levantamento Geológico Americano (USGS), sensor OLI (Operational Land Imager) que foi reprojetada para o sistema de coordenada plana SIRGAS 2000 UTM 23S. A partir da determinação da bacia do rio Maú, extraíram-se os seguintes parâmetros morfométricos os quais se relacionam com a área e o perímetro, esses foram: Fator de forma (Ff), Coeficiente de compacidade (Kc), Índice de sinuosidade (Is),

Densidade da drenagem (Dd), Índice de circularidade (Ic), Densidade hidrográfica (Dh), Ordem de canais (STRAHLER, 1952) e Amplitude altimétrica. Cada parâmetro é adquirido a partir de equações, possuindo respectivos valores de referência os quais determinam algum aspecto da bacia (**Tabela 1**).

**Tabela 1-** Descrição dos parâmetros morfométricos calculados para a bacia do Rio Maú. Legenda: A= área da bacia (km<sup>2</sup>); Dd- densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>); L- comprimento do canal principal (km); Lp= comprimento do rio principal; Lt= comprimento total dos canais (km); P= perímetro da bacia (km); Dv= distância vetorial

CARACTERÍSTICA MORFOMÉTRICA	DESCRIÇÃO	EQUAÇÃO
Área (A)	A totalidade de área drenada pelo sistema fluvial entre os divisores topográficos	-
Perímetro (P)	Comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas (TONELLO, 2005)	
Fator de Forma (Ff)	Relaciona a forma da bacia com um retângulo, correspondendo entre a razão da largura média e o comprimento (VILELLA e MATTOS, 1975)	$Ff = A/Lp^2$
Coefficiente de compacidade (Kc)	Relaciona a forma da bacia a um círculo, sendo um numero adimensional que varia de acordo com a forma. Sendo que, quanto mais irregular maior será a bacia (FISTAROL et al, 2015)	$Kc = (0,28.P)/P^2$
Índice de sinuosidade (Is),	Relaciona o comprimento do curso principal com a distância vetorial dos extremos do rio (SALGADO et al, 2009)	$Is = Lp/dv$
Índice de circularidade (Ic)	Junto ao Kc, tende para unidade à medida que se aproxima da forma circular e diminui sempre que for alongada (CARDOSO et al, 2006)	$Ic = (12,57 * A)/p^2$
Densidade hidrográfica (Dh)	A densidade de drenagem é a relação entre o comprimento dos canais e a área da bacia hidrográfica (SANTOS et al., 2016)	$Dd = Lt/A$

**Fonte:** adaptado Horton (1932, 1945) e Schumm (1956)

Acerca das equações e definições detalhas usadas para aquisição desses parâmetros morfométricos podem ser encontrados nos trabalhos de Christofolletti (1980), Strahler (1952), França (1968), Tonello (2005), Schumm (1956), Villela e Mattos (1975), Cardoso *et al.* (2006) e Fistarol *et al.* (2015).

O padrão da drenagem da bacia é um dos principais parâmetros morfométricos a serem analisado, justamente por sofrerem influência de estruturas geológicas e climáticas, podendo ser definidos pela sua geometria (NETO, 2016; MANOEL *et al.*, 2017). Christofolletti (1980) apresenta sete classes de padrão de drenagem, sendo elas: dendrítico, treliça, retangular, paralela, radial ou anelar. Onde cada uma possui uma característica específica.

Quanto ao ordenamento da sub-bacia, considerou-se o método proposto por Strahler (1957), onde canais menores são considerados de 1º ordem que partem da nascente até a confluência; canais de 2º ordem são aqueles que recebem água da confluência de dois canais de 1º ordem; o surgimento de canais de 3º ordem ocorre a partir da confluência de dois canais de 2º ordem podendo receber também de 1º ordem e assim sucessivamente.

Para a aquisição de dados sobre a declividade, foi necessária a correção do MDE que com isso permitiu realizar a caracterização do relevo onde se adquiriu-se informações referentes às altitudes (máxima, mínima e média) e a declividade do terreno. A declividade foi classificada de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos da EMBRAPA como mostra **tabela 2**.

**Tabela 2-** Classes de declividade

DECLIVIDADE (%)	DISCRIMINAÇÃO
0 - 3	Relevo plano
3 - 8	Relevo suave ondulado
8 - 20	Relevo ondulado
20 - 45	Relevo forte ondulado
45 - 75	Relevo montanhoso
> 75	Escarpado

Fonte: EMBRAPA (2014)

Quanto a classificação do uso e cobertura do solo da sub-bacia do rio Maú, utilizou-se a classificação automática não-supervisionada *Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*, (ISODATA) do software ENVI 4.5. Esse método é baseia-se em realizar a análise de agrupamentos pixels onde eles são identificados pelas características semelhantes. De acordo com Silva (2009) esse classificador apresenta a vantagem por não exigir do usuário um reconhecimento prévio da área de estudo e por atribuir a determinação da quantidade mínima e máxima de classes.

Nesse trabalho utilizou-se a metodologia usada Abrão *et al.*, (2015) para classificar a sub-bacia do rio Maú a partir da composição colorida natural (4B, 5G e 6R) das imagens Landsat- 8 com a aplicação de fusão espectral com a banda 8 (pan-cromática) de 15 metros de resolução, sendo determinando o número mínimo 5 classes e máximo de 20 utilizando 10 interações entre pixels. A interpretação visual do uso da terra foi definida através de observação da imagem e a metodologia proposta pelo autor a acima. Dessa forma, foram consideradas 5 classes nesse trabalho.

O uso indiscriminado do solo influencia diretamente nos processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica podendo afetar a infiltração, percolação e escoamento que nela é

realizada provocando sedimentação de dos corpos hídricos, poluição contaminação por substancias tóxicas principalmente em corpos hídricos com proximidades a áreas de agropecuária, que após a precipitação, as gotas de chuva acabam desagregando parte do solo devido ao impactos reduzindo a compactação do mesmo que facilmente é levado pelo escoamento superficial provocando assoreamentos dos rios (VERONEZ, 2011; SANTOS, 2016).

## RESULTADOS

Na tabela 3 são apresentados de forma resumida as características morfométricas da bacia do Maú do nordeste paraense.

**Tabela 3**– Características morfométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Maú, nordeste paraense.

Características	Índices Morfométricos	Valores	Classificação
<b>Geométricas</b>	Área (km <sup>2</sup> )	196,79	-
	Perímetro (km)	81	-
	Fator de forma	0,42	Baixo
	Índice de Circularidade (Ic)	0,38	Alto
	Coefficiente de compacidade (Kc)	2,52	Baixo
	Padrão de drenagem	-	Dendrítico
<b>Relevo</b>	Altitude mínima (m)	17	-
	Altitude máxima (m)	70	-
	Altitude média (%)	32	-
	Amplitude altimétrica (m)	53	-
	Declividade mínima (%)	0	-
	Declividade máxima (%)	17	-
	Declividade média (%)	2,7	-
<b>Rede de drenagem</b>	Comprimento do rio principal (km)	21,61	-
	Comprimento total dos canis da sub-bacia (km)	208	-
	Densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> )	1,06	Baixa
	Índice de Sinuosidade	1,44	Transicionais (regular e irregular)
	Ordem da sub-bacia	5 <sup>o</sup>	-

Fonte: Autores

A bacia hidrográfica do rio Máu caracteriza-se como uma sub-bacia pois, conforme Faustino (1996), tem uma extensão maior que 100 km<sup>2</sup>, porém sendo menor que 700 km<sup>2</sup>.

A partir da análise dos dados, a sub-bacia do rio Maú indica pouca suscetibilidade a enchentes, onde, segundo Faria *et al.* (2018), Schmitt e Moreira (2015), bacias que apresentam esses valores de  $K_c$ ,  $F_f$  e  $I_c$  próximos aos encontrados, possuem a forma mais alongada e uma tendência a menores picos de cheias e menos tendência de degradação natural. VALE *et al.* (2020), em sua caracterização morfométrica da bacia do rio Apeú encontrou valores semelhantes a esses os quais demonstram que seu local de estudo também possuía baixa tendência de ocorrência de enchentes.

O baixo fator de forma encontrado ( $F_f = 0,42$ ) indica uma menor probabilidade de transformação de precipitação em vazão, após intensas chuvas, esse ainda valor revela que há contribuição de rios em vários pontos da bacia sem sobrecarregar o exutório (VILLELA e MATTOS, 1975).

Schmitt *et al.* (2015) enfatiza a importância de se manter áreas de preservação permanentes nas margens dos rios, pois, bacias com o Coeficiente de Compacidade baixo ( $K_c = 2,52$ ) e com Índice de Circularidade alto ( $I_c = 0,38$ ) associado a retirada da vegetação podem gerar modificações no ciclo hidrológico como na infiltração e no escoamento superficial da bacia.

O valor adquirido da densidade de drenagem ( $D_d = 1,06$ ), condiz ao com a soma do comprimento de todos os canais de escoamentos capturados a partir da aplicação dessa metodologia dentro da área de estudo. Conforme Villela e Mattos (1975), a variação da densidade de drenagem entre  $0,5 \text{ km/km}^2$  a  $3,5 \text{ km/km}^2$  pode indicar, respectivamente, uma bacia com uma drenagem pobre e uma boa drenagem. Tal resultado também pode ser reiterado por França (1968) em sua classificação, que mostra que bacia com valores de  $D_d$  menores que 1,5 podem ser interpretados, ambientalmente, como uma área que possui baixo escoamento superficial e maior infiltração.

O Índice de Sinuosidade ( $I_s$ ) do canal principal da sub-bacia do rio Maú apresentou valor de 1,44 o que, conforme Teodoro *et al.* (2007) e Leite *et al.* (2016), indica que tal valor remete a canais transicionais, regulares ou irregulares. Sendo que valores entre 1,0 (indicam que o canal tende a ser retilíneo) e 2,0 (canais tortuosos/sinuosos). Conforme Barroso *et al.*, (2017) essa característica morfométrica influencia na velocidade do rio. No entanto, fatores como a carga de sedimentos, a declividade e a estruturação geológica podem influenciar diretamente a sinuosidade do rio (LANNA *et al.*, 1995; ALVES, 2016).

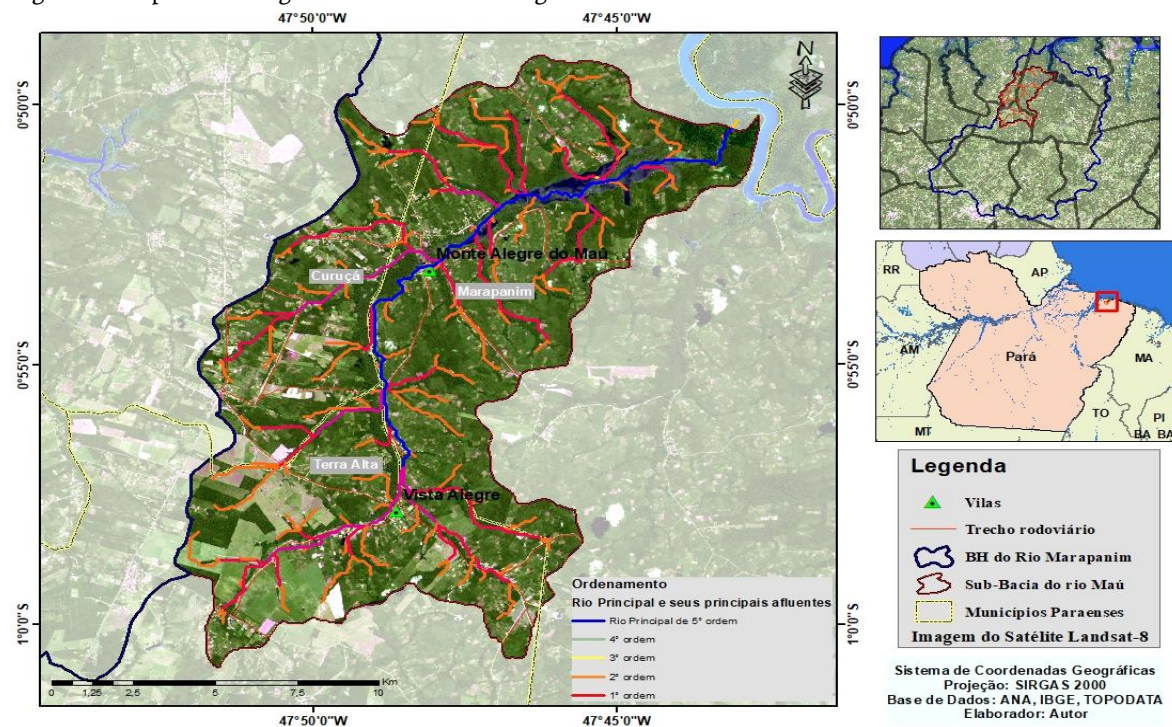


## Drenagem

Os padrões de drenagem de uma sub-bacia é um dos principais parâmetros morfométricos a serem analisado, justamente por sofrerem influência de estruturas geológicas e climáticas, podendo ser definidos pela sua geometria (NETO, 2016; MANOEL *et al.*, 2017). Levando em consideração os critérios de determinação do padrão da drenagem, a bacia do rio Maú é classificada como o modelo dendrítica (padrão semelhante à de uma árvore).

A Figura 2 apresenta a drenagem assim como o ordenamento da drenagem da bacia do rio Maú juntos seus principais afluentes com base do ordenamento citado anteriormente.

Figura 2- Mapa de drenagem da sub-bacia hidrográfica do rio Maú



Fonte: autores (2023)

O grau de ramificação da bacia determina a sua ordem (VILLELA; MATTOS, 1975). Dito isso, a ramificação é fator determinante para ordenamento da bacia, ou seja, quanto mais ramificada uma bacia maior será sua ordem (HORTON, 1945). Dito isso, considerou-se o método proposto por Strahler, identificando que a bacia é classificada como de 5ª ordem.

No trabalho realizado por Ferreira *et al.* (2012) os valores da densidade da drenagem (Dd), respectivamente, 1,22 km/km<sup>2</sup> e 0,57 km/km<sup>2</sup>, encontram-se no mesmo intervalo da Dd da sub-bacia do rio Maú, caracterizando a contribuição da sub-bacia quanto a quantidade de canais assim como a contribuição para a infiltração do solo favorecendo o lençol freático

devido a sua baixa velocidade de escoamento. Além da mesma está livre de ocorrência de enchentes desconsiderando eventos anormais de precipitação.

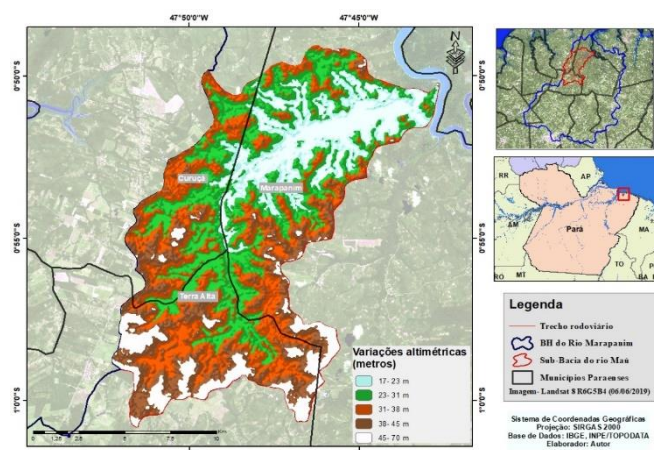
Segundo Dos Santos *et al.*, (2012) e Santos (2016) os valores citados anteriormente comprovam de que os rios nessa sub-bacia possuem característica de intermitente associado a uma alta permeabilidade dos terrenos.

### Hipsometria e Declividade

A determinação da hipsometria e a determinação da declividade da bacia são formas de representação do relevo por demonstrar a inclinação e dissecação do relevo, sendo a partir dessas características possíveis analisar e determinar o uso do solo adequado até mesmo elaborar um planejamento para ocupação da bacia (NETO, 2016). A altimetria faz parte da topografia e relaciona os níveis do terreno diferenciando-os verticalmente em vários pontos de uma certa área (Rodrigues *et al.*, 2016).

A figura 3 tem informações importantes quanto à distribuição das cotas altimétricas da bacia. O ponto mais baixo tem altimetria igual a 17 metros enquanto o mais elevado da Sub-bacia do Rio Maú está a 70 metros, resultando em uma amplitude altimétrica de 53 metros. A diminuição da altimetria Sub-bacia ocorre mais ao norte, precisamente, quando há o encontro das águas do rio Maú e do rio Marapanim com valores variando de 17 a 23 metros.

**Figura 3-** Mapa de hipsometria da bacia do rio Maú



**Fonte:** autores (2023).

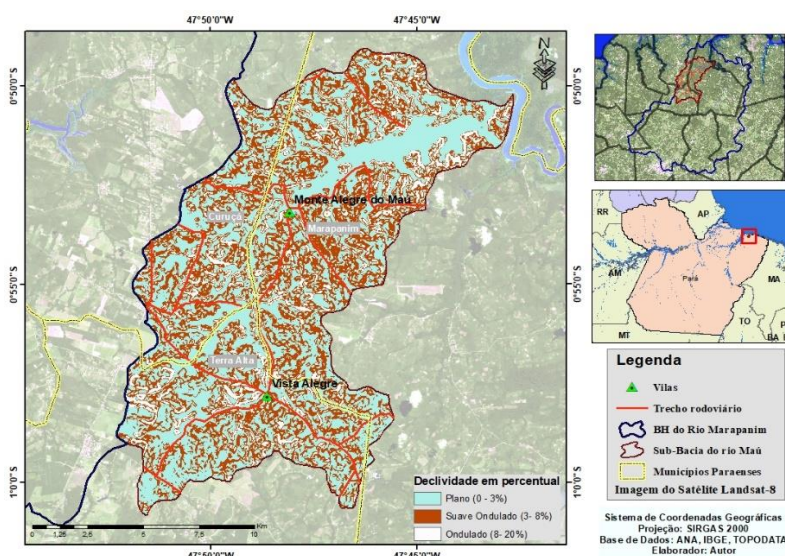
No trabalho realizado por Gutierrez (2017) na BHRM, os valores altimétricos que variam de 10 a 57 metros, possuindo uma diferença do ponto mais baixo para o mais alto

de 47 metros. Fator que confirma ainda mais que a sub-bacia do rio Maú é pouco suscetível a enchente uma vez que seus níveis altimétricos são maiores que BHRM.

A declividade segundo Santiago *et al.* (2018) é uma característica de relevo importantíssima por estar relacionada ao terreno e ao desenvolvimento das redes de drenagem, produtividade do solo e a velocidade do escoamento superficial. Além de ser fundamental para cumprimento de legislação assim para o planejamento e gestão dos recursos hídricos (TONELLO *et al.*, 2006).

Dessa forma, a declividade é um fator que determina o escoamento da bacia, uma vez que, quanto maior for a declividade maior será o escoamento superficial dentro de uma bacia (GUTIERREZ, 2017). A figura 4 demonstra a declividade da bacia do rio Maú.

**Figura 4-** Mapa de declividade da sub-bacia do rio Maú



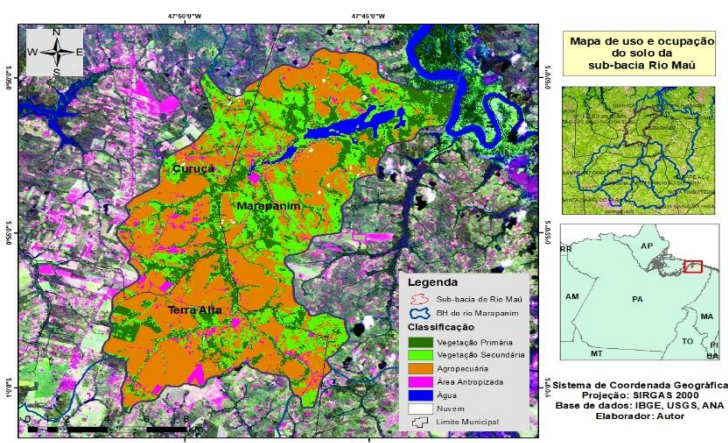
**Fonte:** autores.

Em relação a declividade a sub-bacia do rio Maú, apresentou uma declividade mínima de 0%, máxima de 17,82 e média de 2,7% o que indica predominância de um relevo plano conforme a classificação da Embrapa (2014). Esse parâmetro morfométrico -declividade- é um dos principais fatores que pode alterar de forma significativa a velocidade do escoamento superficial, assim como, a infiltração da água no solo sobretudo em áreas as quais a vegetação seja ausente potencializando eventos como a erosão do solo e até mesmo ocorrência de enchentes Benatti *et al.* (2015)

## Uso e ocupação da sub-bacia do rio Maú

Com o levantamento do uso e ocupação do solo da sub-bacia do rio Maú foi possível identificar as seguintes classes: vegetação primária, vegetação secundária, agropecuária, áreas antropizadas, nuvem e água como mostra a figura 5.

**Figura 5-** Mapa de uso e ocupação da sub-bacia do rio Maú.



**Fonte:** autores

De acordo com IBGE (2012) tanto a agricultura e a pecuária correspondem a classe agropecuária por construírem atividades destinadas a cultiva e criação de animais, além da produção de matéria-prima para indústrias dos mais diversos ramos (Pereira *et al.*, 2018). Essa classe ocupa cerca de 49% (95,57 km<sup>2</sup>) de toda a extensão da sub-bacia sendo distribuída nas margens dos rios que fazem parte.

A vegetação da sub-bacia do rio Maú, devido a ações antrópicas, foi substituída por áreas de agropecuárias devido a expansão dessa atividade que é responsável pela redução da vegetação no nordeste paraense desde a década de 1950 (SANTOS *et al.*, 2019).

A presença de vegetação dentro da sub-bacia corresponde a 44,64 % (87,75km<sup>2</sup>) sendo dividida em vegetação primária (mais presente às margens dos rios) e com 18,70% e vegetação secundária ocupando 25,94% (50,99 km<sup>2</sup>) que, segundo Santos *et al.* (2019) e IBGE (2012), são áreas de vegetação primária que foram descaracterizadas e passam por um processo de regeneração.

Desse modo, nota-se a importância de se ter um planejamento adequado para o desenvolvimento de atividades as quais são realizadas dentro da bacia para que não haja a intensificação da degradação ambiental, visto que as áreas de vegetação são substituídas por áreas de agropecuária.

A Tabela 4 demonstra resumidamente a porcentagem e a extensão de cada área dentro da sub-bacia, sendo desprezível a classe de nuvem por não representar nem 1% da sub-bacia.

**Tabela 4** -Classes de uso e ocupação do solo na sub-bacia do rio Maú.

CLASSES	km <sup>2</sup>	%
Vegetação Primária	36,76	18,70
Vegetação Secundária	50,99	25,94
Agropecuária	95,57	48,61
Área Antropizada	7,63	3,88
Água	5,03	2,56
Nuvem	0,62	0,32
<b>TOTAL</b>	<b>196,79</b>	<b>100,00</b>

**Fonte:** autores

## CONCLUSÃO

A Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Maú é de 5<sup>a</sup> ordem e o uso das geotecnologias foi essencial para obtenção das características morfométrica. Além disso, devido a sua drenagem e forma a sub-bacia tem pouca probabilidade de enchentes, sendo possível a ocorrência devido a eventos extremos. Do mesmo modo, a declividade e a altimetria da sub-bacia não favoreçam o escoamento superficial por se caracterizar de um relevo plano.

A ausência de um planejamento/gestão adequado favorece a alteração da paisagem desse sub-bacia a qual encontrar-se bastante alterada devido ação antrópica principalmente por atividades como a agropecuária que ocupa 48,61% da área da bacia que com o decorrer dos anos pode avançar sobre a vegetação (primária e secundária) que ocupam 44,64%.

A ausência de um zoneamento ambiental adequado contribui negativamente para o avanço da degradação dentro da bacia o que compromete a disponibilidade do recurso hídrico local e a qualidade desse recurso.

Então, a partir dos parâmetros morfométricos associados com técnicas de SIG foi possível relacionar as questões de uso e ocupação com as características adquiridas, que permitiram identificar grau de suscetibilidade das bacias às inundações. Esses parâmetros

são importantíssimos para análise das outras bacias hidrográficas que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim buscando contribuir para o planejamento ambiental local.

## REFERÊNCIAS

ABRÃO, C. M. R.; CUNHA, E. R. da.; GREGÓRIO, E. C.; BACANI, V. M. Avaliação de classificadores supervisionados e não supervisionados para mapeamento de uso e cobertura da terra a partir de dados Landsat – 8/OLI. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

ALVES, W. S. *et al.* Análise morfométrica da bacia do Ribeirão das Abóboras–Rio Verde (GO). *Geosciences=Geociências*, v. 35, n. 4, p. 652-667, 2016.

BARROSO, D. F. R., *et al.* Impactos de diferentes usos da terra sobre os recursos hídricos em microbacias no Nordeste Paraense na Amazônia Oriental. *Embrapa Meio Ambiente- Capítulo em livro científico (ALICE)*, 2017.

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

CARDOSO, Christiany Araujo *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista árvore*, v. 30, p. 241-248, 2006.

CASTRO, Érima Jôysielly Mendonça *et al.* USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS: caso do macrozoneamento ecológico econômico do Maranhão. *Revista Ceuma Perspectivas*, v. 30, n. 2, p. 49-58, 2018.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

DOS SANTOS, A. M.; TARGA, M., BATISTA, G. T., WELLAUSEN DIAS, N. (2012). Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. *Revista Ambiente e Água*, v. 7, n. 3, 2012.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 4 ed. Brasília, (DF): Embrapa, 2014, 376 p.

FARIA, M. M; BARROS, K. O; BRITO, C. R. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio dos Bagres, Guiricema, MG. 2018.

FAUSTINO, J. Planificación y gestión de manejo de cuencas. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FERREIRA, Renan; MOURA, Márcia Cristina; CASTRO, Fábio. Caracterização morfométrica da sub-bacia do Ribeirão Panquinhas, ES. *Enciclopédia Biosfera*, v. 8, n. 15, 2012.

FISTAROL, P. H. B.; BRANDOLFF, R. S.; SANTOS, J. Y. G. Análise Fisiográfica da Bacia do Rio de Ondas – BA. In: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA AMBIENTAL, 2015, João Pessoa. Anais... João Pessoa, 2015.

FRANÇA, G. V. 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, 1968.

GUTIERREZ, DIONE MARGARETE GOMES. Contribuições para Criação do Primeiro Comitê de Bacia Hidrográfica do Estado do Pará' 22/12/2017 46 f. Mestrado em Ciências Ambientais Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ, Belém Biblioteca Depositária: centro de ciências naturais e tecnologia.

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

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

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira. 2. ed. Rio de Janeiro; 2012.

LANA, C. E; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG – Brasil. Rem: Rev. Esc, v. 54, n. 02, 2001.

LEITE, M. E; ROCHA, A M. Sistema de Informações Geográficas (SIG) aplicado ao cálculo de índices morfométricos em bacia hidrográfica. Geo UERJ, n. 28, p. 44-65, 2016.

396

LOPES, Iug et al. CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO USO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PONTAL. CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E USO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PONTAL, p. 40, 2016.

MANOEL, J. L; ROCHA, P. C.. Levantamento e análise comparativa dos padrões de drenagem das bacias hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, v. 1, p. 64-74, 2017.

NETO, Manoel Cirício Pereira. Análise areal como subsidio aos estudos integrados da Bacia Hidrográfica do rio Seridó (RN/PB). Revista Equador, v. 5, n. 4, p. 250-261, 2016.

NUMA- Núcleo de Meio Ambiente. Caderno de mapas da Bacia do Rio Marapanim: Caracterização da bacia e das subbacias – Localização e acesso Aspectos socioambientais – Aspectos socioeconômicos. Belém: NUMA/UFPA, 2022.

PEREIRA, M. P. R. et al. PARTICIPAÇÃO POPULAR NOS COMITÊS DE BACIA HIDROGRÁFICA. DO DISCURSO A PRÁTICA NA SUB BACIA DO RIBEIRÃO JEQUITIBÁ-MG. Simpósio Nacional de Geografia e Gestão Territorial e Semana Acadêmica de Geografia da Universidade Estadual de Londrina, v. 1, p. 492- 502, 2018.

- PIRES, M. O. O cadastro ambiental rural: das origens às perspectivas para a política ambiental. Brasília: Conservação Internacional do Brasil, 2013. p. 44
- PORTO, M. F. A; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. Estudos avançados, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.
- ROCHA, Ricardo Monteiro et al. Caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. Revista Ambiente & Água, v. 9, n. 2, p. 276-287, 2014.
- RODRIGUES, Rodrigo Silvano Silva; BITTENCOURT, Germana Menescal; FERNANDES, Lindemberg Lima, MENDONÇA, Neyson Martins; TEIXEIRA, Luiza Carla Girard Mendes. Eficiência da macrodenagem de bacias urbanizadas na amazônia-o caso do bairro do reduto em belém do pará. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 8, n. 3, p. 131-153, 2016.
- Salgado, M. P. G., Batista, G. T., Dias, N. W., & dos Santos Targa, M. (2009). Caracterização de uma microbacia por meio de geotecnologias. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, Anais*, 25-30.
- SAMPAIO, S. M. N. *et al.* Dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra na mesorregião Nordeste paraense. Embrapa Amazônia Oriental-Capítulo em livro científico (ALICE), 2017.
- SANTANA, LAILA ROVER. CONTRIBUIÇÃO À CLASSIFICAÇÃO DE PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS EM FUNÇÃO DA ÁREA DE DRENAGEM' 25/05/2018 undefined f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, Belém Biblioteca Depositária: UFPA
- SANTOS, D. A. R. dos *et al.* A rede de drenagem e seu significado geomorfológico: anomalias de drenagens e tectônica recente na bacia do rio Formoso, Tocantins. 2016.
- SANTOS, P. T., *et al.* Planejamento ambiental de Unidades de Conservação: estudo de caso na bacia hidrográfica do Rio Claro, Goiás. 2018.
- SANTOS, Patrícia Tinoco et al. Planejamento ambiental de Unidades de Conservação: estudo de caso na bacia hidrográfica do Rio Claro, Goiás. 2018.
- SCHMITT, Aldrei; MOREIRA, Carlos Roberto. Manejo e gestão de bacia hidrográfica utilizando o software gratuito Quantum-GIS. Revista Cultivando o saber, p. 119-131, 2015.
- SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Ambory, New Jersey. Bulletin of the Geological Society of America, Londres, v. 67, n. 5, p. 597-646, mai. 1956.
- SILVA, R. V. Avaliação de classificadores não-supervisionados, isodata e k-means, para o uso da terra na bacia do rio das ondas. 2009.
- SIMÕES, T. S. ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO ESPERANÇA - PR: ESTUDO COMPARATIVO



DE DUAS METODOLOGIAS. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia. Disponível: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?po=pup=true&id\\_trabalho=5068584](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?po=pup=true&id_trabalho=5068584).

Strahler, A. N. Dynamic basis of geomorphology. *Bulletin of the Geological Society of American*, v. 63, p923- 938, 1952. Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/articleabstract/63/9/923/4513/DYNAMIC-BASIS-OFGEOMORPHOLOGY?redirectedFrom=fulltext>.

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

TEODORO, V. L. I. *et al.* O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007.

TONELLO, K. C. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhões, MG. 2005. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

Tucci, C. E. (2002). Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos. *Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas-Câmara Temática de Recursos Hídricos, Brasília*.

TUCCI, Carlos EM. Água no meio urbano. *Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação*, v. 2, p. 475-508, 1997.

VALE, J. R. B.; BORDALO, Carlos Alexandre Leão; DA FONSECA, Luiz Carlos Neves. Análise do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Apeú, nordeste paraense, entre os anos de 1999 e 2014. *Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará*, v. 2, n. 02, 2016.

VALE, Jones Remo Barbosa; BORDALO, Carlos Alexandre Leão. Caracterização morfométrica e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Apeú, Amazônia Oriental. *Formação (Online)*, v. 27, n. 51, 2020.

VERONEZ, BRUNELLA PIANNA et al. Análise da influência da precipitação pluviométrica e do uso do solo sobre a qualidade da água em microbacias hidrográficas no nordeste paraense Amazônia Oriental. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.

Villela, S.M., Mattos, A., 1975. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 245 p.