

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 Fadu¹
Giovanna Manuela de Oliveira Penela²
Bruno Lobão da Silva³
Carla Bastos da Silva⁴
Silvana do Socorro Veloso Sodré⁵

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.

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

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

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

⁴ Graduanda em Engenharia Florestal Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

⁵ 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 km² a 700 km² e sua drenagem vem de tributários que desaguam no rio principal; enquanto uma microbacia, possui área inferior a 100 km² 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 km², 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).

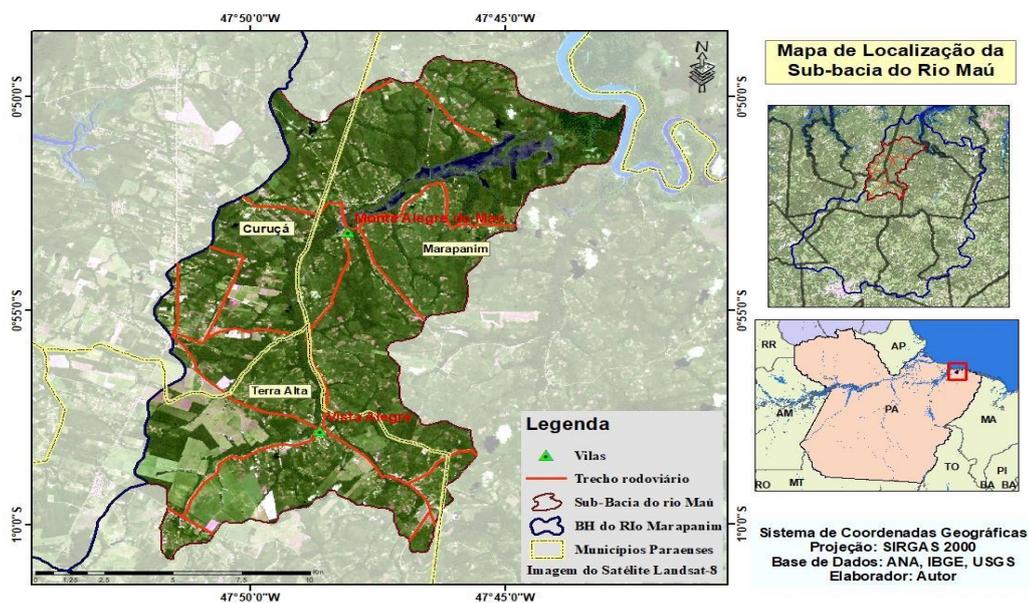
Mediante o que foi exposto, o presente trabalho tem como objetivo realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Maú com base em técnicas de geoprocessamento a fim de fornecer subsídios à sua gestão.

METODOLOGIA

Área de Estudo

A sub-bacia do rio Maú ocupa uma área de aproximadamente 196,79 km², 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 (km²); Dd- densidade de drenagem (km/km²); 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 baseado 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
Geométricas	Área (km ²)	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
Relevo	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	-
Rede de drenagem	Comprimento do rio principal (km)	21,61	-
	Comprimento total dos canis da sub-bacia (km)	208	-
	Densidade de drenagem (km/km ²)	1,06	Baixa
	Índice de Sinuosidade	1,44	Transicionais (regular e irregular)
	Ordem da sub-bacia	5 ^o	-

Fonte: Autores

A bacia hidrográfica do rio Máu caracteriza-se como uma sub-bacia pois, conforme Faustino (1996), tem uma extensão maior que 100 km², porém sendo menor que 700 km².

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.

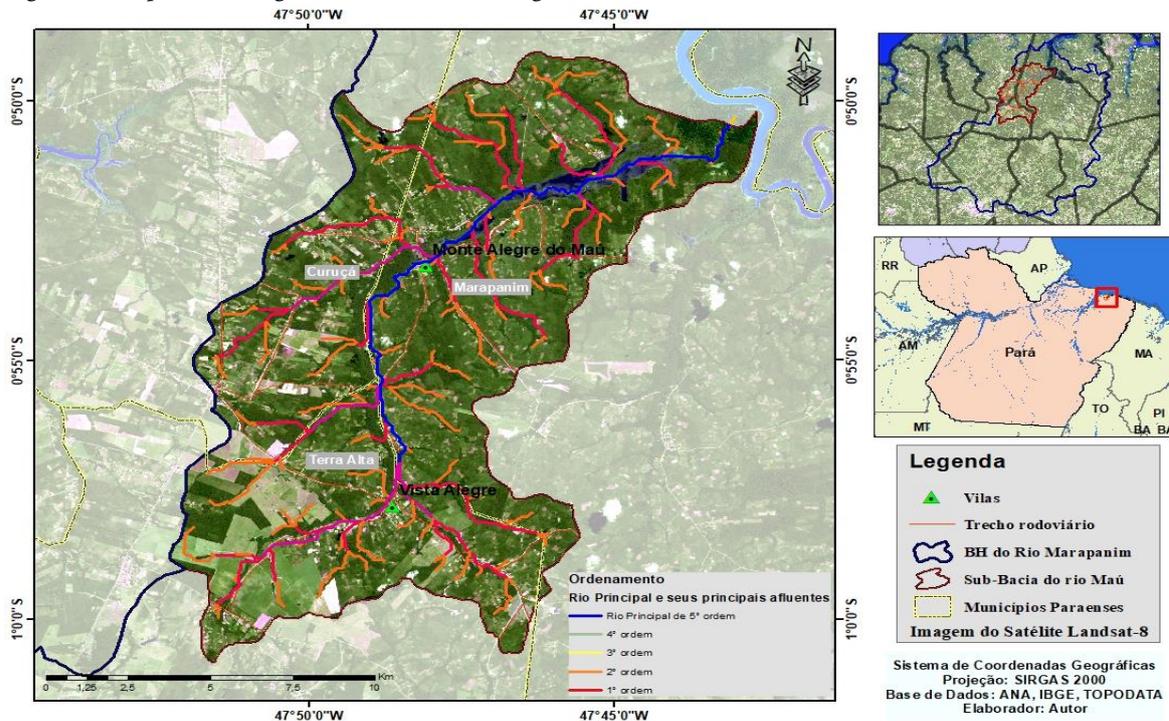
O Índice de Sinuosidade (I_s) do canal principal da sub-bacia do rio Maú apresentou valor de 1,44 o que, conforme Teodoro *et al.* (2007) e Leite *et al.* (2016), indica que tal valor remete a canais transicionais, regulares ou irregulares. Sendo que valores entre 1,0 (indicam que o canal tende a ser 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/km² e 0,57 km/km², 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.

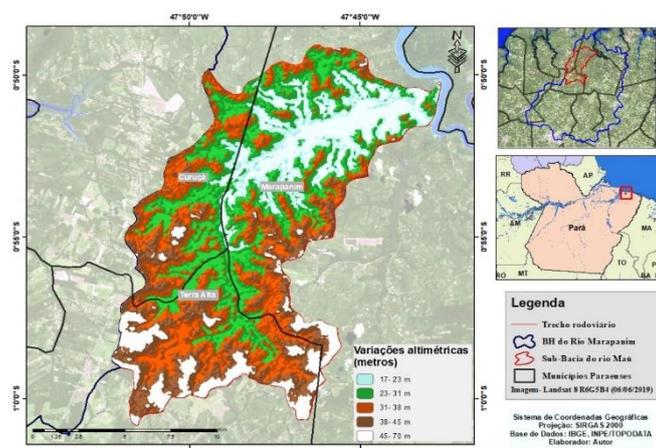
Segundo Dos Santos *et al.*, (2012) e Santos (2016) os valores citados anteriormente comprovam de que os rios nessa sub-bacia possuem característica de intermitente associado a uma alta permeabilidade dos terrenos.

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).

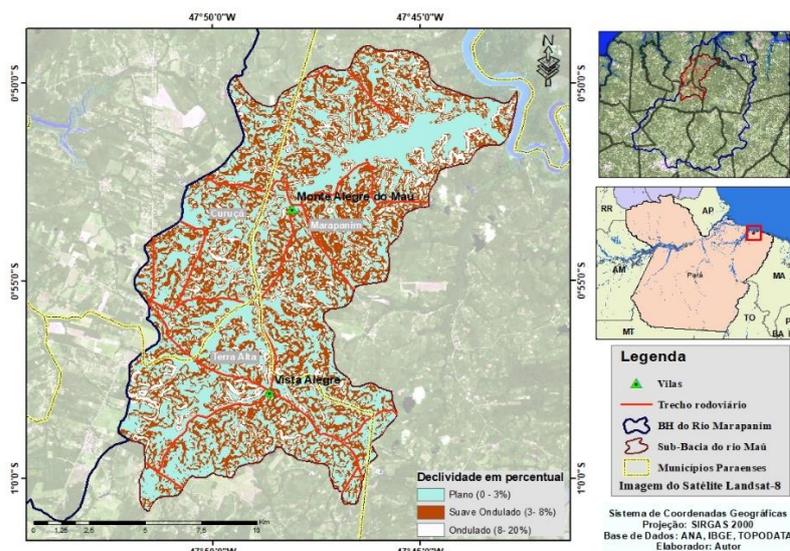
No trabalho realizado por Gutierrez (2017) na BHRM, os valores altimétricos que variam de 10 a 57 metros, possuindo uma diferença do ponto mais baixo para o mais alto

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



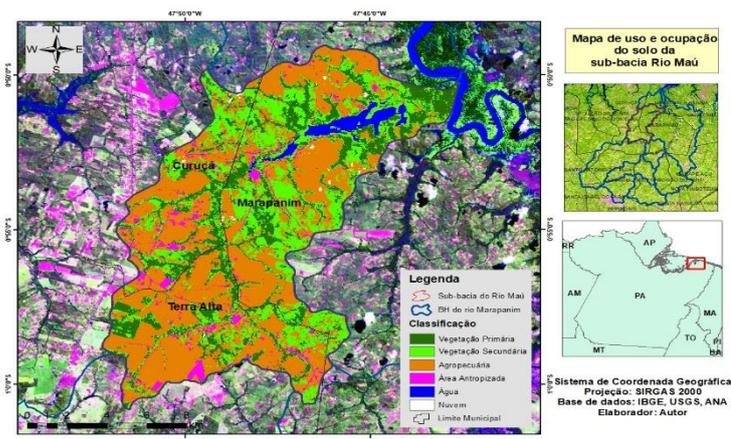
Fonte: autores.

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 km²) 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 % (87,75km²) sendo dividida em vegetação primária (mais presente às margens dos rios) e com 18,70% e vegetação secundária ocupando 25,94% (50,99 km²) 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 ²	%
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
TOTAL	196,79	100,00

Fonte: autores

CONCLUSÃO

A Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Maú é de 5ª 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 Jôyssielly 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.

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.