

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E DO USO E COBERTURA DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APEÚ, AMAZÔNIA ORIENTAL

VALE, Jones Remo Barbosa¹
BORDALO, Carlos Alexandre Leão²

Recebido (Received): 25-10-2018 Aceito (Accepted): 04-05-2020

Como citar este artigo: VALE, J. R. B.; BORDALO, C. A. L. Caracterização morfométrica e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Apeú, Amazônia Oriental. **Formação (Online)**, v. 27, n. 51, p. 313-335, 2020.

Resumo

A bacia hidrográfica é considerada uma unidade ambiental, pois permite a análise de seus diversos componentes e processos dentro de uma abordagem sistêmica. A bacia hidrográfica do rio Apeú está localizada na porção oriental da Amazônia, mais precisamente no nordeste paraense, e sua área abrange os municípios de Castanhal, Santa Izabel do Pará e Inhangapí. O trabalho tem por objetivo fazer uma caracterização da morfometria e do uso e cobertura da Terra da bacia do rio Apeú, a fim de subsidiar o manejo adequado bem como o planejamento e ordenamento territorial. As características morfométricas da bacia foram obtidas por meio de parâmetros geométricos, de relevo e drenagem, enquanto o uso e cobertura da Terra foram obtidos por classificação de uma imagem de satélite. A bacia hidrográfica do rio Apeú apresenta uma área de 310 km², perímetro de 131,8 km e comprimento total dos cursos d'água de 206,3 km. De acordo com a morfometria da bacia pôde-se perceber que ela não favorece a concentração do fluxo fluvial, pois seu formato é comprido e tem baixíssima tendência a ocorrência de enchentes, ou seja, sua forma promove a redução da suscetibilidade às enchentes, no entanto a ocupação predominantemente pela agricultura e pastagem tem provocado a diminuição da cobertura vegetal, principalmente, nas áreas de preservação permanente, sendo um fator de risco ao processo erosivo e consequente assoreamento dos cursos d'água.

Palavras-chave: Morfometria. Modelo Digital de Elevação. Geoprocessamento.

MOPHOMETRIC AND LAND USE AND COVORAGE CHARACTERIZATION OF THE APEÚ RIVER WATERSHED IN EASTERN AMAZON

Abstract

The watershed is treated as an environmental unit for it allows the analysis of its various components and processes within a systemic approach. The Apeú River watershed is located in the eastern region of the Amazon, more precisely in the northeast of Pará, and its area ranges from the municipalities of Castanhal, Santa Izabel do Pará and Inhangapí. This work intends to characterize the morphometric and the use and coverage of land in the watershed of the Apeú River, in order to subsidize proper management as well as land use planning and management. The morphometric traits of the basin were determined by geometrical relief and drainage parameters, whilst the land and cover were obtained by satellite image classification. The Apeú River basin has an area of 310 km², a perimeter of 131,8 km and a total length of 206,3 km of water courses. According to the basin morphometry, it could be seen that it does not benefit free-flow concentration, for its shape is too long and there is a very low tendency to flooding, that is to say, its shape reduces susceptibility to flooding. , Nevertheless, agricultural and pasture predominant occupation has caused a decline in vegetation cover, mainly in the areas of permanent preservation, being one risk factor to the erosive process and consequently silting up of the waterways.

Keywords: Morphometry. Digital Elevation Model. Geo-processing.

¹ Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus Belém. E-mail: jonesremo@hotmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9470-0240>.

² Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus Belém. E-mail: carlosbordalo@oi.com.br; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8459-7355>.

CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA Y USO DE LA TIERRA Y COBERTURA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO APEÚ, AMAZONAS ORIENTAL

Resumen

La cuenca hidrográfica es considerada una unidad ambiental, pues permite el análisis de sus diversos componentes y procesos dentro de un abordaje sistémico. La cuenca hidrográfica del río Apeú está ubicada en la porción oriental del Amazonas, precisamente en el nordeste paraense, su área cubre las municipalidades de Castañal, Santa Isabel de Pará e Inhangapí. El trabajo tiene por objetivo realizar la caracterización de la morfometría y del uso y cobertura de la Tierra de la cuenca del río Apeú, a fin de subsidiar al manejo adecuado así como a la planificación y el ordenamiento territorial. Las características morfométricas de la cuenca fueron obtenidas por medio de parámetros geométricos, de relieve y drenaje, mientras que el uso y cobertura de la Tierra fueron obtenidos por la clasificación de una imagen de satélite. La cuenca del río Apeú presenta un área de 310 km², perímetro de 131,8 km y una extensión total del curso del agua de 206,3 km. De acuerdo con la morfometría de la cuenca se pudo percibir que ella no favorece a la concentración del flujo fluvial, su formato es alargado y tiene bajísima tendencia a causar inundaciones, o sea, su forma promueve la reducción de la susceptibilidad a las inundaciones, pero la ocupación predominantemente por la agricultura y el pastoreo han provocado la disminución de la cobertura vegetal, principalmente, en áreas de preservación permanente, siendo un factor de riesgo al proceso erosivo y sedimentación de los cursos de agua.

Palabras clave: Morfometría. Modelo Digital de Elevación. Geoprocusamiento.

1 Introdução

A bacia hidrográfica destaca-se como unidade ambiental integradora, que permite a análise de seus diversos componentes e processos dentro de uma abordagem sistêmica. Esta pode ser reconhecida como uma unidade de referência espacial para estudos de diversos fenômenos, com destaque para os geomorfológicos e hidrológicos (ROSS; DEL PRETTE, 1998). No Brasil, a bacia hidrográfica constitui-se como unidade territorial para fins de planejamento e gestão territorial conforme estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), de acordo com a Lei Federal Nº 9.433/1997 (CUNHA; GUERRA, 2012).

Em síntese a bacia hidrográfica pode ser caracterizada como sendo uma área da superfície terrestre de captação natural da água das chuvas que drenam para um rio principal e seus tributários que confluem até resultar em um leito único no seu exutório, sendo limitada pelos divisores topográficos (BOTELHO, 1999). Nas bacias as águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por pequenos cursos d'água que brotam em terrenos íngremes e juntam-se a outros rios até desembocarem no oceano ou em outros rios (NARDINI *et al.*, 2015).

A bacia hidrográfica apresenta elementos físicos, biológicos e humanos que juntos se interrelacionam (LEAL, 2003). Sendo assim, a bacia hidrográfica funciona como um sistema aberto, integrando os elementos naturais (relevo, solos, vegetação etc.), mas também elementos humanos (edificações, arruamentos etc.), compreendendo processos geomorfológicos, hidrológicos e socioambientais (MENEZES; SALGADO, 2018).

Para o desenvolvimento de políticas que auxiliem o planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas torna-se fundamental conhecer tanto as suas características físicas quanto os tipos de usos. O planejamento ambiental é uma necessidade para a preservação dos recursos hídricos, de maneira a evitar o desgaste de solos com ocupações inadequadas, que potencializam enchentes e agravam o problema da escassez da água (NARDINI *et al.*, 2015). Para a manutenção dos recursos hídricos é necessário monitorar a retirada da cobertura vegetal de nascentes e da mata ciliar, o uso indiscriminado de agroquímicos e a exploração excessiva dos recursos naturais que influenciam diretamente na qualidade da água da bacia (LEAL; TONELLO, 2016).

As características morfométricas fornecem subsídios para conhecimento do funcionamento da bacia. Em relação a trabalhos sobre morfometria, dois padrões podem ser observados: estudos com foco nas características físicas que agregam à bacia de drenagem maior ou menor suscetibilidade a um maior número desses eventos (SOUZA, 2005; MENEZES *et al.*, 2014; ÁVILA *et al.*, 2017); e estudos que tratam de inúmeras características genéticas, valendo-se de alguns elementos morfométricos para justificar o evento (RIGHI; ROBAINA, 2012; MARAFUZ *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2014).

A morfometria de uma bacia hidrográfica é feita com base nas principais medidas físicas, representando um avanço para a compreensão do modelado do relevo (BARBOSA; FURRIER, 2011). O conhecimento das características morfométricas é uma ferramenta de diagnóstico das condições fisiográficas naturais, visto que o seu quadro natural pode se conformar em suscetibilidade a enchentes (VILLELA; MATTOS, 1975). Os parâmetros morfométricos fator de forma, densidade de drenagem e declividade do terreno são indicadores da suscetibilidade à degradação ambiental (RODRIGUES, 2004). Já as características morfométricas do padrão de drenagem e do relevo refletem algumas propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio das águas das chuvas, e expressam estreita correlação com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre (PISSARA *et al.*, 2004).

No levantamento das características morfométricas tem sido bastante utilizado as geotecnologias, como o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e Sensoriamento Remoto, pois tem permitido uma avaliação integrada dos sistemas naturais e a combinação de dados ambientais. Dessa forma, diversos trabalhos como Menezes e Salgado (2018), Ávila *et al.* (2017) e Medeiros *et al.* (2017) vem utilizando as geotecnologias e os parâmetros morfométricos como subsídios ao planejamento ambiental.

Com o desenvolvimento de técnicas e do conhecimento científico o homem aumentou sua capacidade de intervir e alterar vários processos naturais. Dessa maneira, os processos antrópicos passaram a mudar as características do ambiente como: o relevo, o uso da terra, a vegetação, a fauna, a hidrologia e o clima. As ações antrópicas têm acelerado e potencializado alterações nas características fisiográficas da bacia hidrográfica por meio da canalização e retificação de cursos fluviais, terraplanagem e impermeabilização do solo (OLIVERA *et al.*, 2011).

A compreensão da estrutura e da dinâmica da bacia hidrográfica se dá do entendimento dos parâmetros morfométricos e dos dados de uso e cobertura da Terra, em uma análise temporal torna-se possível observar as alterações ambientais na área (ANTONELLI; THOMAZ, 2007). A caracterização da bacia hidrográfica deve ser utilizada como pressupostos na elaboração de projetos de prevenção e defesa contra eventos hidrológicos extremos, como estiagens e enchentes (LINDNER *et al.*, 2007).

Mediante o que foi exposto, o presente trabalho tem como objetivo realizar a análise das características morfométricas e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Apeú, visando subsidiar o manejo adequado bem como seu planejamento ambiental e o ordenamento territorial.

2 Área de Estudo

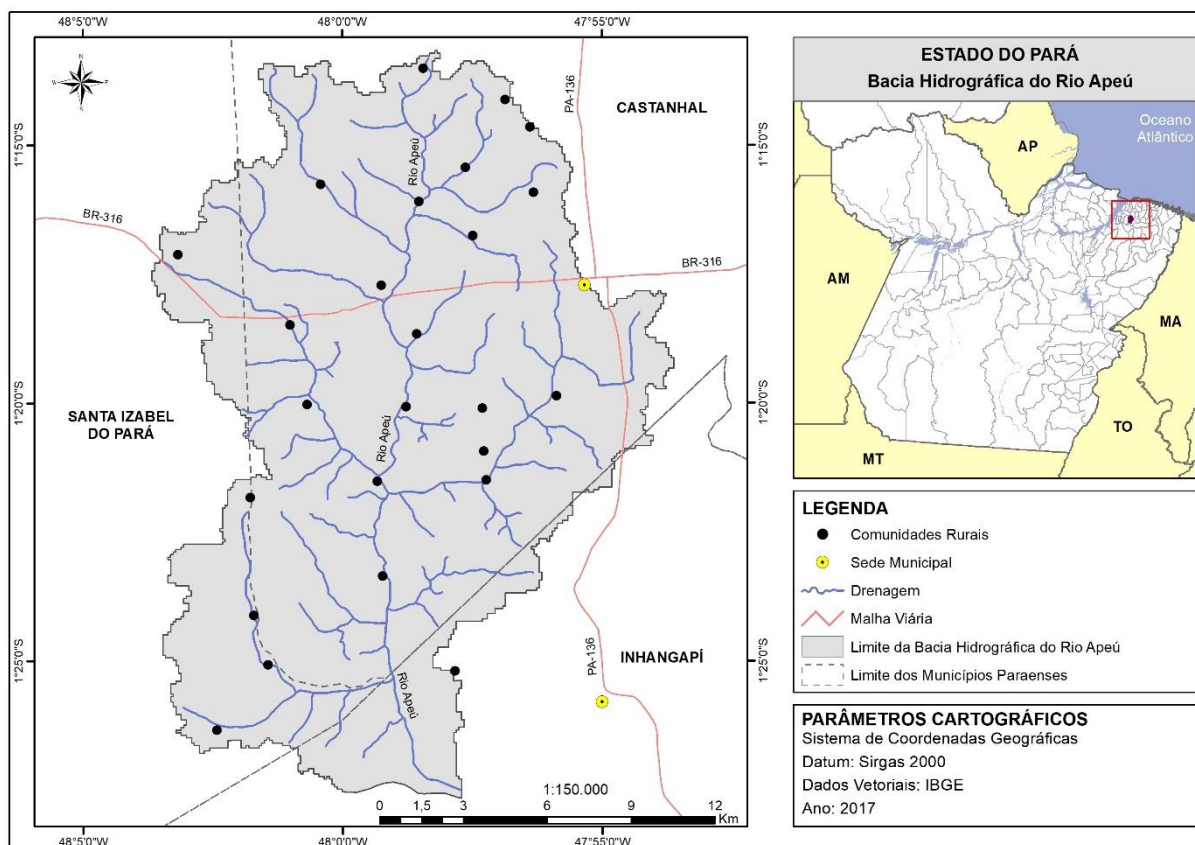
A bacia hidrográfica do rio Apeú (Figura 1) está localizada na porção oriental da Amazônia, mais precisamente, no nordeste paraense, ocupa uma área de 310 km² e abrange 3 municípios paraenses, são eles: Castanhal (77%), Santa Isabel do Pará (16%) e Inhangapí (7%).

O processo de ocupação da bacia do Apeú se desenvolveu com maior intensidade a partir do fim do século XIX com a consolidação da Estrada de Ferro Belém-Bragança (WATRIN *et al.*, 2009). A bacia tem características de atividades rurais e urbanas, nas últimas três décadas vêm passando por intensas transformações causadas pela intensificação de atividades econômicas como agricultura, pecuária e extração mineral (SANTOS, 2006; VALE, 2017). O processo de urbanização, principalmente, na área que abrange o município de Castanhal tem desencadeado na expansão dos loteamentos urbanos e tem contribuído no processo de alteração da paisagem.

A unidade de relevo da bacia do Apeú está esculpida em litologia pleistocênica do grupo Barreiras, em geral laterizadas e em coberturas detríticas aluvio-colúviais neoplestocênicas

parcial ou totalmente pedogeneizadas, que se apresenta conservado e modelada em extensos tabuleiros e terraços, correspondendo à região de Terra firme (VALE, 2017).

Figura 1 - Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os mapas de solos dos municípios de Castanhal (VALENTE *et al.*, 2001a), Inhangapi (VALENTE *et al.*, 2001b) e de Santa Izabel do Pará (VALENTE *et al.*, 2001c) mostram que para a área da bacia encontram-se as seguintes classes de solos: Argissolo Amarelo Distrófico (PAD), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), Gleissolo Háptico Tb Distrófico (Gxbd), Latossolo Amarelo Distrófico (LAd) e Neossolo Flúvico Tb Distrófico (RUBd).

De acordo com a classificação climática estabelecida por Thornthwaite e Mather (1955), o clima da área em que se encontra a bacia do Apeú é do tipo *B3 r A'' a''*, que corresponde a clima quente úmido, megatérmico. Na classificação climática de Köppen (1936), a área de estudo se caracteriza como clima do tipo *Af*, tropical úmido ou equatorial, com período chuvoso (novembro a abril) e pequena deficiência hídrica no período menos chuvoso (maio a outubro). A temperatura média da região é de aproximadamente 27°C, com variação de máxima e mínima entre 32°C e 22°C.

3 Materiais e Métodos

Para a execução do trabalho foi utilizada a base cartográfica em formato *shapefile* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Modelo Digital de Elevação (MDE) da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução espacial de 30m (Folha SA-22-X-A) e dados de solos dos municípios abrangidos pela bacia, ambos, disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Para a classificação do uso e cobertura da terra foi utilizada a imagem do satélite Landsat 8, sensor OLI/TIRS, cena 223-061, referente ao mês de setembro de 2016. O processamento dos dados e a produção dos mapas foram realizados em ambiente de SIG, com uso do *software* ArcGIS 10.1.

A delimitação de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais (CARDOSO *et al.*, 2006). Com base no método de delimitação de bacia desenvolvido por Leite e Rocha (2016) e utilizou-se a ferramenta ArcHydro Tools, extensão do *software* ArcGIS 10.1. Nesse método, o MDE base, é inicialmente submetido a um processo de correção hidrológica, em que as depressões ou células com fluxo de direção indefinido são preenchidas para efeito de correção da drenagem. Posteriormente é gerado um fluxo de direção e um fluxo de acumulação. Ao final do processo é identificado o ponto de menor altitude da bacia que corresponde à célula de maior acúmulo. Por fim, a delimitação da bacia é realizada pelo fluxo de direção.

A partir da delimitação da bacia do Apeú extraíram-se as informações morfométricas da área. As definições e as equações detalhadas utilizadas para obtenção dos parâmetros morfométricos podem ser encontradas nos seguintes trabalhos: Strahler (1952), Schumm (1956), França (1968), Libault (1975), Villela e Mattos (1975), Christofolletti (1980), Piedade (1980), Tonello (2005), Cardoso *et al.* (2006) e Carvalho *et al.* (2009).

A área da bacia hidrográfica (A) é toda área drenada inclusa entre seus divisores topográficos, projetada em plano horizontal, sendo elemento básico para o cálculo de diversos índices morfométricos podendo ser expressa em km^2 ou ha (TONELLO, 2005). O perímetro (P) consiste no comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas expresso em km (TONELLO, 2005). O comprimento total dos cursos fluviais (L_t) refere-se à soma de todos os comprimentos em km dos rios que fazem parte da bacia.

A densidade de drenagem (D_d) é expressa pela relação entre o comprimento total (L_t) de todos os cursos d'água da bacia e a área contribuinte (A). Este índice é indicativo da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia, mostra o grau de desenvolvimento do

sistema de drenagem, ou seja, a eficiência da drenagem da bacia (GUARIZ, 2008). À medida que aumenta o valor numérico da densidade, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem. Esse parâmetro também está relacionado à textura dos solos e à relação infiltração/deflúvio da água pluvial. A densidade de drenagem é dada em (km/km²):

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Segundo França (1968), a densidade de drenagem classifica-se de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 - Valores e interpretação de densidade de drenagem

Dd	Tipo	Interpretação ambiental da bacia
< 1,5	Baixa	Baixo escoamento superficial e maior infiltração
1,5 – 2,5	Média	Tendência mediana de escoamento superficial
2,5 – 3,0	Alta	Alta tendência ao escoamento superficial e enxurradas
> 3,0	Muito alta	Alta tendência ao escoamento superficial, enxurradas e erosão

Fonte: FRANÇA (1968). Adaptado pelos autores.

O fator de forma (Kf) indica a relação da forma, correspondendo à razão entre área (A) e o comprimento do curso d'água principal da bacia (L). É um índice que exprime a maior ou menor tendência a enchentes. Uma bacia com um fator de forma baixo tem menos tendência a enchentes que uma bacia do mesmo tamanho, mas com um fator de forma superior (VILLELA; MATTOS, 1975). O fator de forma é dado pela expressão:

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

O índice de circularidade (Ic) corresponde simultaneamente ao coeficiente de compacidade, onde os valores próximos de 1 apresentam geometria circular e valores mais baixos de 1 apresentam geometria estreita e alongada (CARDOSO *et al.*, 2006). O índice de circularidade é dado pela seguinte expressão:

$$Ic = \frac{(12,57 * A)}{P^2}$$

O coeficiente de compacidade (Kc) constitui a relação entre o perímetro da bacia (P) e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia (CARVALHO *et al.*, 2009). Um

coeficiente mínimo igual a uma unidade corresponderia a uma bacia circular (VILLELA; MATTOS, 1975). O coeficiente de compacidade é dado pela seguinte expressão:

$$Kc = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Para os parâmetros de forma, circularidade e compacidade os resultados encontrados podem ser interpretados de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 - Valores e a interpretação dos resultados quanto aos índices: fator de forma (Kf), índice de circularidade (Ic) e coeficiente de compacidade (Kc)

Kf	Ic	Kc	Formato	Interpretação ambiental da bacia
0,75 - 1,0	1,0 - 0,80	1,0 - 1,25	Redonda	Alta tendência a enchentes
0,50 - 0,75	0,80 - 0,60	1,25 - 1,50	Mediana	Média tendência a enchentes
0,30 - 0,50	0,60 - 0,40	1,50 - 1,70	Oblonga	Baixa tendência a enchentes
< 0,30	< 0,40	> 1,70	Comprida	Tendência à conservação

Fonte: VILLELA; MATTOS (1975). Adaptado pelos autores.

O coeficiente de manutenção dos canais (Cm) é o inverso da densidade de drenagem. Essa constante, cuja unidade é quilômetros quadrados por quilômetros, tem dimensão de comprimento e aumenta em magnitude conforme a área de contribuição aumenta. Em linhas gerais, o coeficiente mostra a área de drenagem necessária em quilômetros quadrados, para sustentar um quilômetro linear de canal (SCHUMM, 1956), é dado pela expressão:

$$Cm = \frac{1}{Dd} * 100$$

A hierarquia fluvial é um processo que consiste em estabelecer a classificação de determinado curso d'água no conjunto da bacia hidrográfica a qual pertence. De acordo com Strahler (1952), os menores canais, sem tributários, são considerados de primeira ordem, os canais de segunda ordem surgem da confluência dos canais de primeira ordem e só podem receber afluentes de primeira ordem, os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de primeira e de segunda ordem e assim sucessivamente.

O Índice de Sinuosidade se refere à razão entre o comprimento do curso d'água principal da bacia (L) e seu comprimento vetorial (Dv) que é a distância em linha reta entre as extremidades do curso principal. Este parâmetro se constitui como um fator controlador da velocidade de escoamento das águas (SALGADO *et al.*, 2009), dado pela expressão:

$$IS = \frac{L}{Dv}$$

A relação de bifurcação (Rb) é a relação entre o número total de segmentos de certa ordem (Nu) e o número total dos de ordem imediatamente superior (Nu+1) (CHRISTOFOLETTI, 1980). Os valores de bifurcação indicam o grau de dissecação da bacia e, quanto maior for o valor do índice maior será o grau de dissecação, valores geralmente abaixo de 2 indica relevo colinoso (CASTRO; CARVALHO, 2009). O coeficiente da relação de bifurcação é dado pela seguinte expressão:

$$Rb = \frac{Nu}{Nu + 1}$$

A razão de textura (T) é a relação do número total de rios (Nt) e o perímetro da bacia (P), onde à medida que o relevo passa de suave ondulado para ondulado (NARDINI *et al.*, 2015). A razão de textura pode ser classificada de acordo com os parâmetros do Quadro 3. O cálculo da razão de textura é dado pela seguinte expressão:

$$T = \frac{Nt}{P}$$

Quadro 3 - Classificação da razão de textura

VALOR	CLASSIFICAÇÃO
< 2,5	Grosseira
2,5 – 6,2	Média
> 6,2	Fina

Fonte: FRANÇA (1968). Adaptado pelos autores.

A razão de relevo (Rr) é a relação entre a diferença de altitude dos pontos extremos da bacia (H) e o seu maior comprimento em metros (C), que corresponde à direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas (SCHUMM, 1956), é dado pela expressão:

$$Rr = \frac{H}{C}$$

O parâmetro razão de relevo (Quadro 4) permite comparar a altimetria da área, demonstrando que, quanto maiores os valores, mais acidentado é o relevo predominante na área, maior será o escoamento superficial direto da água das chuvas, o que reflete numa menor relação infiltração deflúvio, provocando erosão (NARDINI *et al.*, 2015).

Quadro 4 - Classificação da razão do relevo

VALOR	CLASSIFICAÇÃO
0 a 0,10	Baixa
0,11 a 0,30	Média
0,31 a 0,60	Alta

Fonte: PIEDADE (1980). Adaptado pelos autores.

A declividade representa a variável do desnível e tem relação com alguns processos hidrológicos, tais como, o escoamento superficial, a infiltração e a umidade do solo (LIBAULT, 1975; VALE, 2017). Quanto maior a declividade, mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais se transforma em energia cinética, aumentando a velocidade das massas d'água e sua capacidade de transporte (SILVEIRA *et al.*, 2005).

Segundo Florenzano (2008), a declividade pode ser expressa em graus ou em porcentagem. As classes de declividade utilizadas foram baseadas nos intervalos em porcentagem sugeridos pela Embrapa (1979), em que o intervalo de 0 a 3% é classificado como relevo plano; de 3 a 8% como suave ondulado; de 8 a 20% por ondulado; de 20 a 45% como forte ondulado; de 45 a 75% por montanhoso e maior que 75% como escarpado.

A altitude influencia na quantidade de radiação que é recebida e, conseqüentemente, a evapotranspiração, temperatura e precipitação (GUARIZ, 2008). A altitude média (Hm) é dada pela relação entre a altitude máxima (MA) e a altitude mínima (mA). A altitude média é dada pela seguinte expressão:

$$Hm = \frac{MA + mA}{2}$$

A amplitude altimétrica (ΔH) é dada pela diferença entre maior cota (MA) e a menor cota (mA) da bacia:

$$\Delta H = MA - mA$$

O índice de rugosidade (Ir) é produto da amplitude altimétrica (ΔH) pela densidade de drenagem (Dd). Os valores baixos ou elevados do índice ocorrem quando ambos os fatores apresentarem mesmo comportamento (CHRISTOFOLETTI, 1980), dado pela expressão:

$$Ir = \Delta H * Dd$$

A hipsometria (Quadro 5) refere-se à distribuição espacial das altitudes, que pode também ser correlacionada a índices morfométricos, como a amplitude altimétrica e o índice de

rugosidade. Os dados hipsométricos possibilitam obter o conhecimento do relevo quanto ao potencial erosivo, uma vez que o desnível em determinada área pode significar uma energia potencial para a ocorrência de processos dinâmicos de alteração da configuração do relevo, relacionada ao nível de base de erosão (CALIL, 2009).

Quadro 5 - Classificação da hipsometria

VALOR	CLASSIFICAÇÃO
0 - 20 m	Planícies
20 - 50 m	Colinas suaves
50 - 100 m	Colinas

Fonte: MENEZES e SALGADO (2018). Adaptado pelos autores.

A classificação do uso e cobertura da terra foi realizada no *Code Editor* do Google Earth Engine (GEE), que é uma plataforma tecnológica que integra um conjunto de dados geoespaciais em escala planetária com capacidade de armazenamento e processamento altamente elevados (GORELICK *et al.*, 2017). Para realizar a classificação desenvolveu-se um *script* na linguagem *JavaScript*, com aplicação do algoritmo *Random Forest*, que segundo Breiman (2001) é um classificador formado por uma coleção de árvores de classificação. Neste mesmo *script* aplicou-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) que é um índice indicador das alterações na cobertura vegetal e, também, a banda adicional do Landsat 8 que mensura a qualidade do pixel, *Band Quality Assessment* (BQA) para minimizar ruídos em pixels contaminados pela presença de nuvens e por combinações de condições de superfície e da atmosfera, o uso da banda BQA melhora a visualização da imagem de satélite.

O NDVI combina informações espectrais da banda do vermelho e do infravermelho próximo, apresenta resultados com variação de -1 a 1, em que as áreas ocupadas por vegetação mais densa tendem a apresentar valores próximos a 1, as áreas de solo exposto ou vegetação mais rasteira apresentam valores entre 0,10 a 0,20, enquanto, que áreas compostas por recursos hídricos ou com presença de nuvens têm maior refletância na banda no vermelho em relação à banda do infravermelho próximo e, portanto, apresentam valores próximos a -1 (ROUSE *et al.*, 1974; CORDEIRO *et al.*, 2017). O índice combina informações espectrais da banda do Vermelho (Red) e do Infravermelho Próximo (NIR), sendo expresso por:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

As características das classes mapeadas estão dispostas no Quadro 6.

Quadro 6 - Classes de uso e cobertura da Terra

CLASSE	CARACTERÍSTICAS
Agricultura	Áreas extensas com predomínio de culturas de ciclo anual, sobretudo de grãos. Com estrato arbustivo e/ou herbáceo com presença opcional de vegetação cultivada e manejada, com distribuição contínua.
Área Urbana	Áreas de mancha urbana com edificações, vias e infraestrutura urbana.
Floresta	Área de floresta primária, com vegetação arbórea pouco alterada ou sem alteração, com formação de dossel contínuo.
Hidrografia	Águas superficiais formadoras de espelhos d'água.
Mineração	Áreas de solo exposto com extração de areia, seixo e pedra.
Outros	Áreas com: áreas de associação de diversas modalidades de uso e que devido à resolução espacial da imagem não é possível uma discriminação entre seus componentes; áreas que tiveram sua interpretação impossibilitada pela presença de nuvens ou sombra de nuvens.
Pastagem	Áreas que, após o corte raso da vegetação natural e o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, encontram-se no início do processo de regeneração da vegetação nativa, ou, predomínio de vegetação herbácea e/ou gramíneas.
Vegetação Secundária	Áreas que, após a supressão total da vegetação florestal, se encontram em processo avançado de regeneração da vegetação arbustiva e/ou arbórea ou que foram utilizadas para a prática de silvicultura ou agricultura permanente com uso de espécies nativas ou exóticas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para verificação da qualidade da classificação foram distribuídos 100 pontos amostrais aleatórios sobre as classes mapeadas em comparação com a imagem de satélite de referência, gerando uma matriz de erros como medida de concordância entre o mapa e a referência adotada. A partir dessa matriz de erros foi calculado o Índice Kappa que é uma medida de concordância que fornece a ideia do quão legítimas são as interpretações representadas (COHEN, 1960). A associação dos valores obtidos no índice à qualidade da classificação foi estabelecida por Landis e Koch (1977). O índice é expresso por:

$$K = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c}$$

Em que: P_0 é a exatidão global; P_c é a proporção de unidades que concordam por casualidade.

4 Resultados e Discussões

A partir do processamento dos dados foi possível obter as características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Apeú que estão sintetizadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros morfométricos calculados para a Bacia Hidrográfica do Rio Apeú

PARÂMETRO	RESULTADOS
Características Geométricas	
Área	310,6 km ²
Perímetro	131,8 km
Fator forma	0,32
Coefficiente de compacidade	2,09
Índice de circularidade	0,22
Padrão de drenagem	Dendrítico
Características do Relevo	
Altitude média	31,5 m
Altitude mínima	1 m
Altitude máxima	62 m
Amplitude altimétrica	61 m
Razão de textura	0,70
Razão de relevo	0,002
Índice de rugosidade	40,3
Características da Drenagem	
Ordem da bacia hidrográfica	5 ^a
Número total de canais	71
Densidade de drenagem	0,66 km/km ²
Índice de Sinuosidade	1,17
Coefficiente de manutenção dos canais	1,52 km ²
Comprimento do curso d'água principal	31,0 km
Comprimento total dos cursos d'água	206,3 km

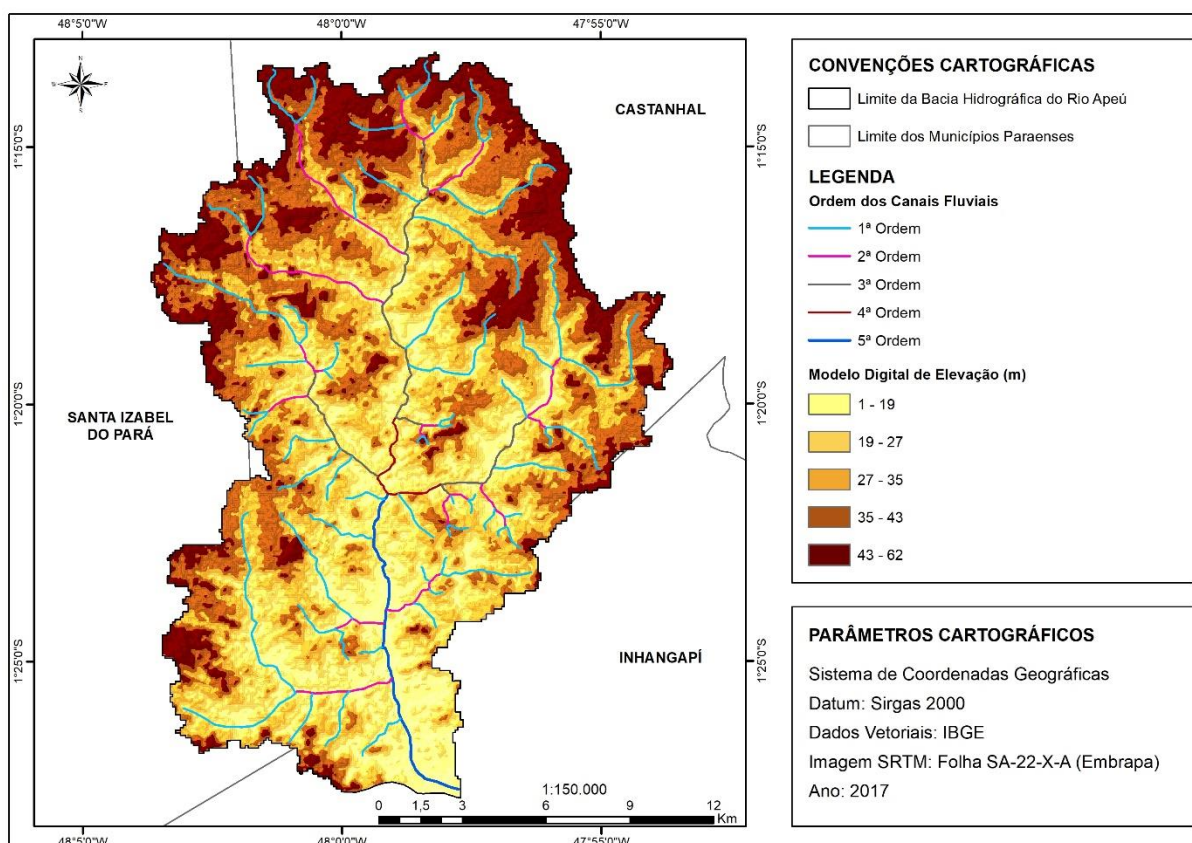
Fonte: Elaborado pelos autores.

A bacia hidrográfica em estudo apresenta uma área de 310 km², um perímetro de 131,8 km, comprimento total dos cursos d'água de 206,3 km, sendo o curso d'água principal com comprimento de 31,0 km. A densidade de drenagem da bacia que é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia foi de 0,66 km/km², ou seja, tem baixo escoamento superficial e maior infiltração conforme a classificação de França (1968). O padrão de drenagem da bacia é dendrítico.

A bacia tem um fator de forma de 0,32, seu índice de circularidade é de 0,22 e coeficiente de compacidade de 2,09. Os resultados mostraram que a bacia do rio Apeú, de modo geral, não favorece a concentração do fluxo fluvial, pois seu formato é comprido e tem baixíssima tendência à ocorrência de enchentes, ou seja, sua forma promove a redução da suscetibilidade às enchentes. O coeficiente de manutenção dos canais foi de 1,52 km², ou seja, cada metro de canal fluvial exige uma área mínima de 1520 m² para sua manutenção.

Com relação ao ordenamento dos canais, tendo como referência a classificação hierárquica de Strahler (1952), a Figura 2 demonstra que a bacia de estudo apresenta ordenamento de 5^a ordem, sendo que a quantificação e a relação dos dados de bifurcação dos canais fluviais de acordo com sua ordem podem ser observadas nas Tabelas 2 e 3.

Figura 2 - Modelo digital de elevação e ordem dos canais fluviais da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2 - Quantificação dos canais fluviais da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú

ORDEM DO CANAL	QUANTIDADE	EXTENSÃO (km)
1 ^a	66	130,7
2 ^a	18	37,1
3 ^a	5	21,7
4 ^a	2	5,4
5 ^a	1	11,4
TOTAL	92	206,3

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 3 - Relação de bifurcação entre os canais fluviais da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú

RELAÇÃO DE BIFURCAÇÃO	VALOR
1 ^a /2 ^a	3,47
2 ^a /3 ^a	3,00
3 ^a /4 ^a	1,67
4 ^a /5 ^a	1,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

A relação de bifurcação da bacia em estudo indicou valor médio de 2,29, o que segundo Horton (1945) são valores relativamente baixo e demonstra que a bacia tem relevos aplainados ou suavemente ondulados. Ainda na Figura 2, observa-se uma variação altimétrica (Tabela 4) entre 1 e 62 m, e aproximadamente 75% da bacia tem altitude entre 19 e 43 m.

Tabela 4 - Distribuição da altitude de acordo com a área da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú

ALTITUDE (m)	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
1 – 19	33,4	10,8
19 – 27	71,9	23,1
27 – 35	81,3	26,2
35 – 43	79,6	25,6
43 – 62	44,4	14,3
TOTAL	310,6	100

Fonte: Elaborado pelos autores.

O índice de sinuosidade da área em estudo foi de 1,17 demonstrando uma tendência de canais retilíneos, pois valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo e superiores a 2,0 tendem a serem tortuosos. Conforme Lana *et al.* (2001), a sinuosidade dos canais é influenciada pela compartimentação litológica, estruturação geológica e declividade.

A razão de textura foi classificada como grosseira, pois o valor encontrado para a área em estudo foi de 0,70. A razão de relevo que permite comparar a altimetria da área de estudo foi de 0,002 e conforme os parâmetros de Piedade (1980) sendo considerada de baixa razão de relevo, ou seja, menor velocidade da água no sentido do maior comprimento da bacia

Na Tabela 5, apresentam-se as informações quantitativas associadas à declividade do terreno da bacia. Observa-se, nessa tabela, que a maior parte do relevo corresponde ao plano, com 55,5%. A declividade influencia a relação entre a precipitação e o deflúvio da bacia hidrográfica, sobretudo, devido à diminuição da velocidade de escoamento superficial e o aumento da possibilidade de infiltração de água no solo. Somente 3,4% apresenta declividade considerada fortemente ondulada e segundo Medeiros *et al.* (2017) esse tipo de declividade aumenta a inclinação do terreno e exerce força gravitacional, elevando os processos de remoção das formações superficiais dos solos.

Tabela 5 - Quantificação da declividade na Bacia Hidrográfica do Rio Apeú

RELEVO	DECLIVIDADE	ÁREA (km ²)	%
Plano	0 – 3%	172,5	55,5
Suave Ondulado	3 – 8%	96,4	31,0
Ondulado	8 – 20%	31,2	10,0
Forte Ondulado	20 – 45%	10,5	3,4
TOTAL		310,6	100

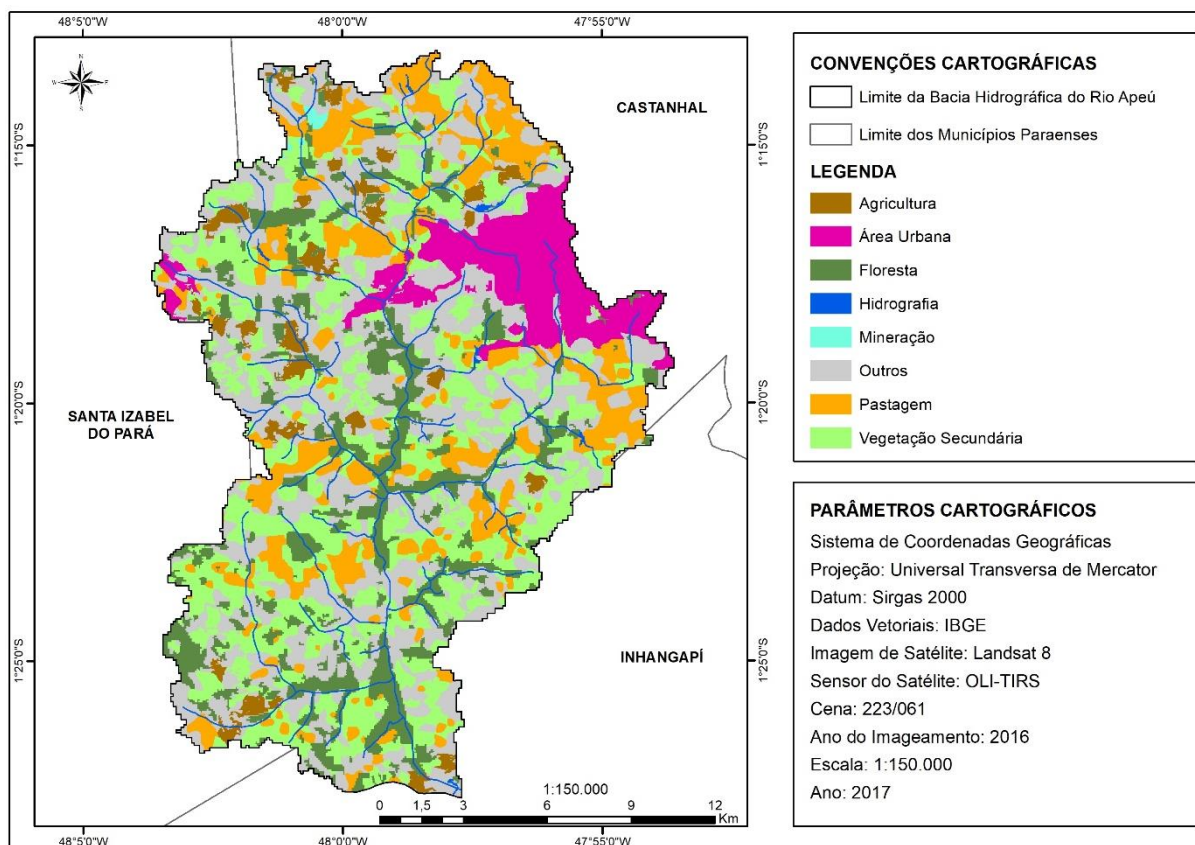
Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com Vale (2017), na bacia em estudo são desenvolvidas atividades agropecuárias. Os cultivos agrícolas mais recorrentes na área são de culturas temporárias como o feijão (*Phaseolos vulgaris L.*), a mandioca (*Manihot esculanta L.*), o milho (*Zea mays L.*), e de culturas perenes como o mamão (*Carica papaya L.*), a pimenta-do-reino (*Piper nigrum L.*) e o dendê (*Elaeis guineensis*). A pecuária dedica-se basicamente ao gado de corte, ao gado de engorda, e à produção de leite.

A partir do mapeamento dos usos e coberturas da Terra na área da bacia constatou-se que a agricultura e as áreas de pastagem correspondem a aproximadamente 18% de área

ocupada. A cobertura vegetal ocupa uma área de aproximadamente 40%, pois as áreas de floresta natural são 13% e a vegetação secundária de 26%. A distribuição espacial de cada classe de uso e cobertura pode ser observada na Figura 3 e os valores obtidos na Tabela 6. Ressalta-se que a validação da classificação foi realizada pelo Índice Kappa e obteve resultado de 0,63 que segundo Landis e Koch (1977) é considerada muito boa.

Figura 3 - Classificação de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 6 - Área das classes de uso e cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio Apeú

CLASSE	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
Agricultura	11,0	3,5
Área Urbana	26,3	8,5
Floresta	42,9	13,8
Hidrografia	0,5	0,2
Mineração	0,6	0,2
Outros	98,6	31,7
Pastagem	47,4	15,2
Vegetação Secundaria	83,4	26,9
TOTAL	310,6	100,0

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao avaliar a distribuição da cobertura vegetal, nota-se que há uma grande fragmentação florestal principalmente nas Áreas de Preservação Permanente (APP), onde a floresta e vegetação secundária representam 26,1% e 16,3%, respectivamente, enquanto agricultura e pastagem representam 10,5% e 41,6%, respectivamente. A APP da bacia tem 52,1% ocupada por atividades agropastoris que são favorecidas por boas características edafoclimáticas da região e estão contribuindo para a degradação ambiental da bacia.

As características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Apeú demonstram que não há um favorecimento a concentração do fluxo fluvial, seu formato é comprido e tem baixíssima tendência a ocorrência de enchentes. No entanto, a fragmentação da cobertura vegetal, principalmente, nas áreas de APP com desenvolvimento de atividades agropastoris, ocupação desordenadas de áreas inapropriadas e a ausências de políticas ambientais eficazes estão contribuindo para o desencadeamento de processos erosivos e conseqüentemente assoreamento dos canais conforme observado por Souza *et al.* (2012). Desta forma, as APPs da bacia precisam de maior atenção na gestão ambiental, para garantir que o desenvolvimento da região possa ocorrer sem afetar a preservação dos seus recursos naturais e a vida da bacia.

5 Considerações Finais

A bacia hidrográfica do rio Apeú apresenta parâmetros naturais promovem a redução da suscetibilidade às enchentes, pois o seu relevo é relativamente plano, tem baixo escoamento superficial e alta capacidade de infiltração de água no solo, o formato geométrico da bacia é comprido e tem baixa tendência a ocorrência de enchentes, porém, a fragmentação da cobertura vegetal e o desenvolvimento de atividades agropecuárias em áreas de APP estão desencadeando processos erosivos e a degradação dos recursos hídricos, que são importantes para a manutenção da vida.

Os parâmetros morfométricas exploram atributos relacionados aos perfis ou ao traçado dos cursos d'água e se apresentam como índices fundamentais para a detecção e a avaliação de mudanças estruturais, além de permitir identificar o grau de suscetibilidade das bacias às inundações, esses parâmetros são essenciais para análise de bacias hidrográficas a fim de contribuir para o planejamento ambiental, de modo que os usos da terra sejam compatíveis com sua aptidão do solo e de suas características naturais.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) para o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista - Guamiranga-PR. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 08, n. 21, p. 46-58, jun. 2007.

ÁVILA, B. T.; ALMEIDA NETO, J. O.; FELIPPE, M. F. Suscetibilidade morfométrica a inundações nas bacias hidrográficas tributárias do Rio do Peixe, Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Formação**, Presidente Prudente, v. 1, n. 24, p. 153-181, jan./abr. 2017.

BARBOSA, M.; FURRIER, M. Caracterização geomorfológica com apoio de índices morfométricos: o estudo de caso da bacia do rio Gurujá. **Cadernos do Logepa**, João Pessoa, v. 6, n. 1, p. 1-24, jan./jun. 2011.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacias hidrográficas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. A.; BOTELHO, R. G. M. (Org.) **Erosão e Conservação dos Solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 70-300.

BREIMAN, L. Random Forests. **Machine Learning**, v. 45, p. 5-32, out. 2001.

CALIL, P. M. **Potencial de uso por atributos morfométricos dos solos da bacia hidrográfica do Alto Rio Meia Ponte, Goiás**. 2009. 112f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, 2009.

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. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

CARVALHO, W. M.; VIEIRA, E. O.; ROCHA, J. M. J.; PEREIRA, A. K. dos S.; CARMO, T. V. B. Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do Córrego do Malheiro, no município de Sabará - MG. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 398-412, jul./set. 2009.

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, p. 1-7, fev. 2009.

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

COHEN, J. A. Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educational and Psychological Measurement**, v. 20, n. 1, p. 37-46, abril. 1960.

CORDEIRO, A. P. A.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; MELO, R. W. de; SHIMABUKURO, Y. E.; FIOR, C. S. Regiões homogêneas de vegetação utilizando a variabilidade do NDVI. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 883-896, jul./set. 2017.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia e meio ambiente**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos**, Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1979. 83p.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

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.

GORELICK, N; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18-27, dez. 2017.

GUARIZ, H. R. **Morfometria e atributos físicos do solo da microbacia do Córrego Jaqueira-Alegre, ES**. 2008. 153f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Alegre, 2008.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrographical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, Londres, v. 56, n. 2, p. 275-370, mar. 1945.

KÖPPEN, W. Das geographische system der klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Ed.). **Handbuch der klimatologie**. Berlin: Gebruder Borntraeger, 1936. p. 1-44.

LANA, C. L.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P de T. A. Análise morfométrica da bacia do rio Tanque, MG-Brasil. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 54, n. 2, p. 121-126, abr./jun. 2001.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Washington DC, v. 33, n. 1, p. 159-174, mar. 1977.

LEAL, A. C. Gestão urbana e regional em bacias hidrográficas: interfaces com o gerenciamento de recursos hídricos. In: BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. de. (Org.). **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003. p. 65-85.

LEAL, M. S.; TONELLO, K. C. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da microbacia do córrego Ipaneminha de Baixo, Sorocaba/SP. **Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 4, p. 439-446, out./dez. 2016.

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

LIBAULT, A. **Geocartografia**. São Paulo: Companhia Editora Nacional/USP, 1975.

LINDNER, E.; GOMIG, K.; KOBAYAMA, M. Sensoriamento remoto aplicado à caracterização morfométrica e classificação do uso do solo na bacia rio do Peixe, SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 3405-3412.

MARAFUZ, I.; ADELINO, R.; GOMES, A. A. T. Perigosidade a cheias no rio Uíma (Santa Maria da Feira, Portugal): ensaio metodológico de suporte à implementação da diretiva 2007/60/CE. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 539-549, out./dez. 2014.

MEDEIROS, R. B.; PINTO, A. L.; SÃO MIGUEL, A. E.; GOMES, W. M. Morfometria do relevo da bacia hidrográfica do Córrego Moeda, Três Lagoas/MS. **Revista Formação**, Presidente Prudente, v. 1, n. 24, p. 204-223, jan./abr. 2017.

MENEZES, C. R.; SALGADO, C. M. caracterização morfométrica e de intervenções urbanas na bacia hidrográfica do rio Imboaçú (São Gonçalo, RJ): contribuição ao estudo de inundações. **Revista Formação**, Presidente Prudente, v. 25, n. 44, p. 279-299, jan./abr. 2018.

MENEZES, J. P. C. FRANCO, C. S.; OLIVEIRA, L. F. C. de.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. de S.; FIA, R. Morfometria e evolução do uso do solo e da vazão de máxima em uma microbacia urbana. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 659-672, out./dez. 2014.

NARDINI, R. C.; GOMES, L. N.; CAMPOS, S.; SILVEIRA, G. R. Análise da caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão dos Patos, Bofete (SP). **Geografia**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 25-39, jul./dez. 2015.

OLIVERA, E. D.; OLIVERA, E. D.; CRESTANI, A.; ALMEIDA, N. A. Caracterização fisiográfica da bacia de drenagem do Córrego Jandaia, Jandaia do Sul/PR. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 5, n. 10, p. 169-183, jul./dez. 2011.

PIEDEDE, G. C. R. **Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP**. 1980. 161f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu, 1980.

PISSARA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 297-305, mar./abr. 2004.

- RIGHI, E.; ROBAINA, L. E. S. Risco à inundação no médio curso do rio Uruguai: estudo de caso do município de São Borja - RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 279-286, jul./set. 2012.
- RODRIGUES, V. A. Morfometria e mata ciliar da microbacia hidrográfica. In: WORKSHOP EM MANEJO DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS, 8., 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2004. p. 7-18.
- ROSS, J. L. S.; DEL PRETTE, M. E. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 12, n. 12, p. 89-121, nov. 1998.
- ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL J. A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington D.C. **Anais...** Washington D.C.: NASA, 1973. p. 309-317.
- SALGADO, M. P. G.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W.; TARGA, M. dos S. Caracterização de uma microbacia por meio de geotecnologias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 4837-4843.
- SANTOS, O. C. O. **Análise do uso do solo e dos recursos hídricos na microbacia do Igarapé Apeú, nordeste do Estado do Pará.** 2006. 256f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.
- 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, V. D.; FORTES, E.; CORRADINI, F. A. Análise de processos sedimentológicos na bacia do ribeirão Santa Bárbara – MS, como metodologia para identificação, caracterização e mapeamento de unidades geomorfológicas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 7, n. 2, p. 388-402, jan./fev. 2014.
- SILVEIRA, C. T. da.; FIORI, A. P.; FIORI, C. O. Estudo das unidades ecodinâmicas de instabilidade potencial na Apa de Guaratuba: subsídios para o planejamento ambiental. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 57, n. 2, p. 9-23, 2005.
- SOUZA, C. R. G. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 45-61, jan./jun. 2005.
- SOUZA, S. R.; MACIEL, M. N. M.; OLIVEIRA, F. A.; JESUÍNO, S. A. Caracterização do conflito de uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente do rio Apeú, Nordeste do Pará. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 4, p. 701-710, out./dez. 2012.
- STRAHLER, A. N. Dynamic basis of geomorphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, Londres, v. 63, n. 9, p. 923-938, set. 1952.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. New Jersey: Drexel institute of technology, 1955.

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, 2005.

VALE, J. R. B. **Análise geoambiental da bacia hidrográfica do rio Apeú, nordeste paraense: subsídios ao planejamento ambiental**. 2017. 140f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Pará - UFPA, Belém, 2017.

VALENTE, M. A.; SILVA, J. M. L. da; RODRIGUES, T. E.; CARVALHO, E. J. M.; ROLIM, P. A. M.; SILVA, E. S.; PEREIRA, I. C. B. **Solos e avaliação da aptidão agrícola das Terras do Município de Castanhal, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001a. 27 p.

VALENTE, M. A.; SILVA, J. M. L. da; RODRIGUES, T. E.; SANTOS, P. L. dos; CARVALHO, E. J. M.; ROLIM, P. A. M.; SILVA, E. S.; PEREIRA, I. C. B. **Solos e avaliação da aptidão agrícola das Terras do Município de Inhangapí, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001b. 25 p.

VALENTE, M. A.; SANTOS, P. L. dos; RODRIGUES, T. E.; SILVA, J. M. L. da; REGO, R. S. **Caracterização e avaliação da potencialidade dos Solos do Município de Santa Isabel do Pará, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001c. 19 p.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Mc Graw Hill, 1975.

WATRIN, O. S.; GERHARD, P.; MACIEL, M. N. M. Dinâmica de uso da terra e configuração da paisagem em antigas áreas de colonização de base econômica familiar, no nordeste do Estado do Pará. **Geografia**, Rio Claro, v. 34, n. 3, p. 455-472, set./dez. 2009.