



CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTO ANTÔNIO - GO

Daiane Ferreira Batista¹, João Batista Pereira Cabral², Thiago Rocha³, Gustavo Rodrigues
Barbosa¹

(1 - Universidade Federal de Goiás, Doutoranda em Geografia - REJ, daiane-fb@hotmail.com, gus696@gmail.com; 2 - Universidade Federal de Goiás - Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia - REJ, jbcabral2000@yahoo.com.br; 3 - Universidade Federal de Goiás - Mestrando em Geografia - REJ, thiago1rocha@hotmail.com)

Resumo: O conhecimento dos aspectos morfométricos de uma bacia hidrográfica é indispensável para o planejamento do uso e ocupação das terras. O presente trabalho teve como objetivo principal realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio – GO, cujo estudo justifica-se devido à grande importância desse ribeirão para a cidade de Iporá e municípios vizinhos, por ser o principal abastecedor de água. A metodologia de análise deu-se por meio da avaliação de parâmetros físicos e morfométricos. Como resultado da pesquisa, destacam-se os valores baixos da Densidade da drenagem (1,30 km²), Relação do relevo (67,34), entre outros, afirmando ser uma bacia que apresenta suscetibilidade média a enchentes e que necessita de planejamento adequado para utilização das terras em atividades antrópicas.

Palavras-Chave: Relevo, hipsometria, Caracterização, Planejamento, Rio.

MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF THE RIVER BASIN OF RIBEIRÃO SANTO ANTÔNIO - GOIÁS (BRAZIL)

Abstract: The knowledge of the morphometric aspects of a river basin is imperative for the planning of use and occupation of the lands. The present paper had as main objective to accomplish the morphometric characterization of the river basin of Ribeirão Santo Antônio – GO state, the studied area is justified due to the great importance of this riverside to the city of Iporá and neighboring municipalities, for being the main water supplier. The analysis methodology occurred through the evaluation of physical and morphometric parameters. As a

Artigo recebido para publicação em 20 de Setembro de 2017

Artigo aprovado para publicação em 21 de Dezembro de 2017

result of the research, it stands out the low value of the Drainage density (1,30 km²), Relation of relief (67,34) and the like, affirming to be a river basin which presents average susceptibility to floods and needs proper planning for the use of the land in anthropic activities.

Keywords: Relief, hypsometry, Characterization, Planning, River.

CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIBERÃO SANTO ANTÔNIO- GOIÁS - BRASIL

Resumen: El conocimiento de los aspectos morfométricos de una cuenca hidrográfica, es indispensable para la planificación del uso y ocupación del suelo. El presente trabajo tiene como objetivo principal realizar la caracterización morfométrica, de la cuenca hidrográfica de Riberão Santo Antonio – GO, el área de estudio fue escogida debido a la gran importancia que este río tiene en la ciudad de Iporá y los municipios vecinos, por ser el principal abastecedor de agua. La metodología de análisis se da por medio de la evaluación de parámetros físicos y morfométricos. La comprensión de los aspectos planialtimétricos fue realizada por medio de la evaluación hipsométrica y de la declividad, a través de la utilización del Sistema de Información Geográfica (SIG). Como resultado de la investigación, se verificó el bajo valor de la Dd (1,30 km²), Rr (67,34), entre otros, afirmando ser una cuenca que presenta susceptibilidad mediana en inundaciones y necesita de planificación adecuada de uso de suelos para actividades antrópicas.

Palabra claves: Relieve, Hipsometría, Caracterización, Planificación, Río.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as atividades antrópicas em bacias hidrográficas vêm causando graves danos ambientais, fragilizando o potencial produtivo dos solos e eutrofizando os recursos hídricos. Parte dessa degradação é proveniente da visão setorializada do conjunto de elementos que a paisagem compõe. Cunha e Guerra (1996) afirmam que, para tornar mínimo os impactos degradativos no ambiente, as bacias hidrográficas devem ser vistas como unidades integradoras do social e natural, para que a administração e o planejamento sejam realizados como necessário.

Do ponto de vista físico, Tucci (2003) descreve as bacias hidrográficas como sendo uma área da superfície que possui unidades fisiográficas que a governam, tendo cursos de

água superficiais que se ligam formando os corpos hídricos naturais. Assim, qualquer alteração ocasionada, de forma natural ou antrópica, proporciona modificação no sistema natural, classificando as bacias como unidades territoriais que necessitam de fiscalização (LUIZ et al., 2012).

Santos et al. (2007) dizem que, para se ter o conhecimento de qualquer perturbação dentro dos limites de uma bacia hidrográfica específica, precisa-se fazer o levantamento das características ambientais e conhecer as condições naturais do sistema; assim, é possível relacionar as peculiaridades hídricas, o potencial produtivo do solo, a qualidade das águas e o desenvolvimento natural do ambiente com a relação antrópica sobre o meio. Não se ter o conhecimento destas variáveis pode afetar a disponibilidade e qualidade hídrica (SANTOS e HERNANDEZ, 2013).

Com a mesma perspectiva, Christofolletti (1980) discorre que fazer a discussão dos elementos de uma bacia como a drenagem, o tipo de solo e o relevo auxilia na compreensão da evolução na dinâmica ambiental, considerando que todos os eventos ocorridos na bacia de drenagem refletem, direta ou indiretamente, nos rios.

Os processos de infiltração, evapotranspiração, escoamento superficial e subsuperficial podem ser influenciados pelas características físicas de uma bacia hidrográfica, como o clima, o uso e ocupação e aspectos morfológicos (RODRIGUES; PISSARRA; CAMPOS, 2008).

Conhecer as características do ambiente, como ordem da drenagem, declividade, hipsometria e fatores físicos, auxilia na compreensão do comportamento hidrológico, sendo essencial quantificar esses aspectos. Estudos realizados por Horton (1945), Straher (1957), França (1968) e Cristofolletti (1978; 1980) são exemplos clássicos de que a avaliação morfológica facilita a visualização de elementos que distinguem as diferentes paisagens, podendo ser definida como o estudo quantitativo das formas do relevo (GUERRA; GUERRA, 2003).

Ao compreender uma bacia hidrográfica como sendo uma unidade que possui elementos diversos do ponto de vista quantitativo, é essencial a avaliação de índices morfométricos, por proporcionar a correlação dos fatores naturais com as ações antrópicas. A amplitude altimétrica, o índice de circularidade, fator forma e o coeficiente de compacidade são alguns parâmetros que devem ser analisados para se ter um maior detalhamento da bacia hidrográfica (ALCÂNTARA; AMORIM, 2005).

Uma das principais metodologias utilizada para o estudo morfométrico foi apresentada por Strahler (1957), com proposta de realizar a interpretação quantitativa dos aspectos de abordagem analítica dos mananciais, por meio de procedimentos matemáticos, índices quantitativos e etc.

A evolução das técnicas e métodos de avaliação ambiental ganha espaço nos estudos científicos de todas as áreas, tendo como principal objetivo alcançar resultados mais precisos e coerentes com a realidade ambiental. Silva e Zaidan (2004) dizem que as informações possibilitadas pelas ferramentas de geoprocessamento permitem a caracterização sistemática de dado objeto de estudo e auxiliam na tomada de decisões para o manejo da área estudada.

Oliveira et al. (2010) afirmam que a avaliação morfométrica pode ser realizada com o conjunto de informações do relevo em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), ou mesmo por geotecnologias, como sensoriamento remoto e geoprocessamento (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2008). Todas essas informações subsidiam o planejamento ambiental, possibilitando a verificação de alterações pontuais e temporais no ambiente.

A utilização de mapas para avaliação ambiental vem sendo trazida como metodologias de trabalhos acadêmicos e particulares, como um forte meio de comunicação, pois fornece uma visão gráfica da distribuição e relação espacial dos fatores físicos, possibilitando uma melhor compreensão das características ambientais (ALBUQUERQUE; SAKAMOTO, 2015). A produção gráfica de aspectos físicos de uma bacia hidrográfica auxilia diretamente no planejamento territorial e ambiental de determinada área (BARBOSA; FURRIER, 2012).

Trabalhos que abrangem a descrição morfométrica de bacias hidrográficas são fundamentais para o conhecimento das fragilidades e potenciais produtivos da área de estudo, como também para caracterizar a área de escoamento superficial da bacia e delimitação da zona ripária (MOREIRA; RODRIGUES, 2010).

A caracterização morfométrica é de grande valia para os estudos hidrológicos e ambientais, servindo como uma ótima ferramenta ao entendimento da dinâmica hídrica e planejamento ambiental de bacias hidrográficas (GEORGIN; OLIVEIRA; ROSA, 2015; RIBEIRO; PEREIRA, 2015). As áreas de assoreamento e inundações, por exemplo, sofrem alterações ao passar dos anos, podendo resultar em enchentes, mensurando a importância do diagnóstico ambiental.

Nesta perspectiva, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características morfométricas da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, no estado de Goiás, considerando os dados morfométricos com o emprego das técnicas de geoprocessamento, buscando identificar o padrão de drenagem e relacioná-los com as formas do relevo, e regime hídrico, como subsídio ao planejamento ambiental.

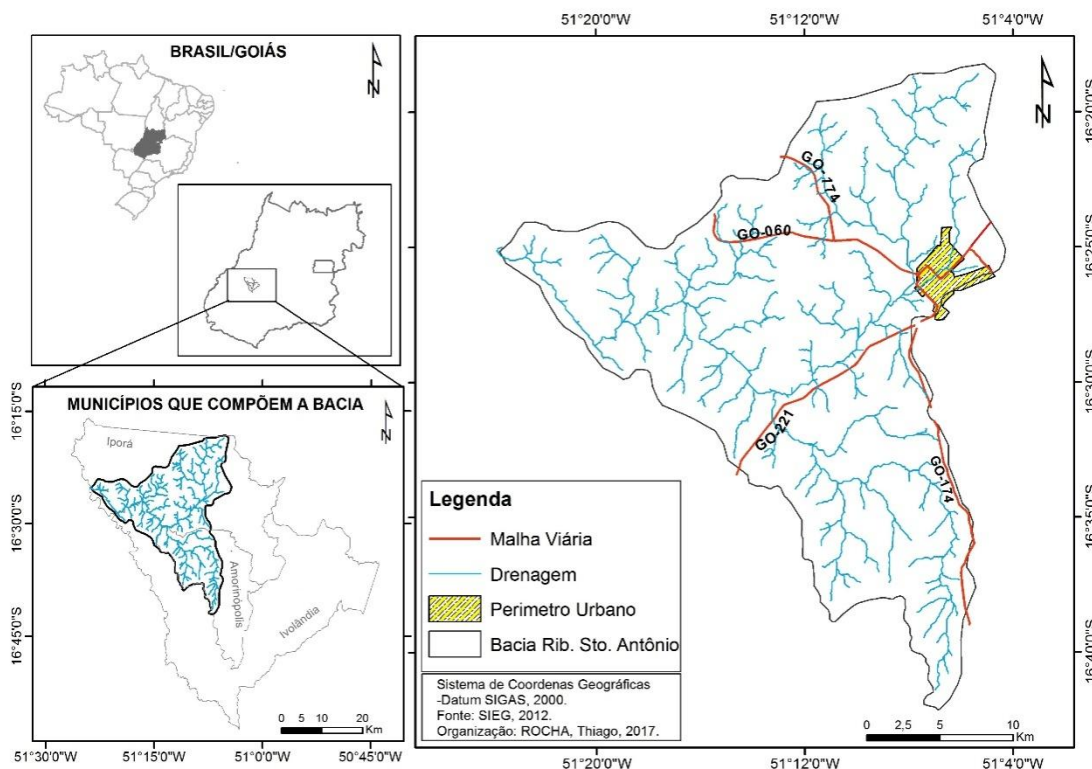
MATERIAIS E MÉTODOS

Localização da área de estudo

O estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, localizada na região Centro-Oeste brasileira, no Estado de Goiás, dentro dos limites municipais de Iporá, Amorinópolis e Ivolândia, municípios que fazem parte da região de planejamento do Oeste Goiano e microrregião de Iporá.

A bacia em questão possui localização geográfica entre as coordenadas $16^{\circ}18'08.60''$ S a $16^{\circ}42'12.11''$ S e $51^{\circ}04'47.26''$ W a $51^{\circ}23'48.68''$ W (mapa 1).

Mapa 01: Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica Córrego Santo Antônio. Fonte: Produzido pelos autores, janeiro 2017.



Conforme a classificação de Koppen e o trabalho desenvolvido por Torres e Machado (2011), o clima predominante desta região é Tropical Semi-Úmido. Alves e Specian (2010) destacam que ocorre um déficit de precipitação no inverno e elevado índice de precipitação no verão. A temperatura média varia entre 24° a 25°C, apresentando índices pluviométricos com média de 1628 mm/ano (SOUSA, 2013).

De modo geral, as características climáticas da presente bacia são típicas do bioma Cerrado, comparando-as com a definição de Nimer (1989), quando diz que o Cerrado apresenta elevados índices pluviométricos distribuídos uniformemente, que variam entre 1.000 e 2.000 mm.

MATERIAIS E MÉTODOS

Características fisiográficas

Os procedimentos cartográficos de georreferenciamento foram realizados por meio do programa ArcGis 10.2, gerando os seguintes mapas: localização da área de estudo, ordem de drenagem, declividade e hipsometria.

As bases cartográficas para elaboração do mapa de localização e de drenagem da bacia em questão foram retiradas do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala de 1:250.000 (folha SE 22 VB), sendo possível calcular os aspectos físicos da área de estudo.

O mapa hipsométrico foi definido com intervalo de 100 em 100 m, a partir de imagens Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), disponibilizadas pelo portal Brasil em Relevo da Embrapa, após a aquisição da imagem da articulação SE 22 VB, carta de Iporá.

A curva hipsométrica foi elaborada seguindo a metodologia descrita por Strahler (1952), em que se tem a representação em um gráfico com eixo das ordenadas (Y) contendo os dados de altimetria e o eixo das abscissas (X) com os dados da área ocupada por altitude em porcentagem. A integral hipsométrica só é possível por meio da curva hipsométrica, que consiste em compreender a relação entre as áreas relativas de cada intervalo da altitude com a área da bacia (a/A), e a relação das altitudes máximas (h/H) com as altitudes relativas dos intervalos, alcançando como resultado o conhecimento da maturidade da bacia. A integral hipsométrica foi calculada pela seguinte equação:

$$\int_0^1 x \cdot dy$$

Onde: x corresponde a a/A e y corresponde a h/H.

A carta de declividade foi extraída a partir do Mapa de Declividade em Percentual do Relevo Brasileiro, disponibilizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), sendo todas as bases na articulação da folha SD 22 YD, SE 22 VA, SE 22 VB e SD 22 YC. Os agrupamentos das classes foram interpretados em conformidade com o determinado pela EMBRAPA (1979) (Tabela 1), sendo:

Tabela 1: Interpretação das classes de declividade EMBRAPA (1979).

EMBRAPA (1979)	CLASSIFICAÇÃO
0 a 3%	Plano
3 a 8%	Suave ondulado
8 a 20 %	Ondulado
20 a 45%	Fortemente ondulado
> 45%	Montanhoso

Características da drenagem

A classificação da rede de drenagem da bacia seguiu o estabelecido pelo método hierárquico de Strahler (1957), que determina a composição da drenagem, sendo em qualquer de suas ordens de ramificação, e permite identificar os números de seguimento de cada ordem dos canais, sendo estas: os menores canais sem tributários são considerados de 1ª ordem; quando há a confluência entre dois canais de 1ª ordem, surgem os de 2ª ordem, que só recebem efluentes de canais de 1ª ordem; para serem considerados de 3ª ordem, deve haver confluências de dois canais de 2ª ordem, e podem receber efluentes de canais de 1ª e 2ª ordem, e assim sucessivamente.

Características dimensionais e Cálculos morfométricos

Para o conhecimento dos aspectos físicos da bacia hidrográfica em questão, foram identificadas as seguintes informações, por meio do software de geoprocessamento:

- Área de drenagem (A); Perímetro (P); Comprimento do Canal Principal (Cp); Comprimento Vetorial do Canal Principal (Cv); Comprimento Total dos Canais (Ct); Amplitude Altimétrica da Bacia; Altitude Máxima da Bacia (Am).

Para o levantamento das informações morfométricas, foram avaliados oito parâmetros (Tabela 2), sendo eles:

Tabela 2: Parâmetros Morfométricos.

Parâmetro e equação equivalente	Definição das variáveis
Coeficiente de compacidade (Kc): $Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	Kc - coeficiente de compacidade; P - perímetro (m) e A - área de drenagem (m ²).
Fator de Forma (Kf): $Ff = \frac{B}{L}$	F - fator de forma; A - área de drenagem (m ²) e L - comprimento do eixo da bacia (m).
Índice de circularidade (Ic): $Ic = 12,57 \frac{A}{P^2}$	IC - índice de circularidade; A - área de drenagem (m ²) e P - perímetro (m).
Densidade de Drenagem (Dd): $Dd = \frac{Lt}{A}$	Dd - valor da densidade de drenagem, expresso em metros; Lt - comprimento total de todos os canais (km) e A - área de drenagem (km ²).
Coeficiente de Manutenção (Cm): $Cm = \frac{1}{4 \times Dd}$	Cm - coeficiente de manutenção e Dd - valor da densidade de drenagem, expresso em metros.
Índice de Sinuosidade (Is) $Is = \frac{L}{Lv}$	L – comprimento do canal principal LV – comprimento vetorial do canal
Relação de Relevo (Rr): $Rr = \frac{\Delta a}{L}$	Δa - amplitude altimétrica e L - comprimento do canal principal.
Índice de rugosidade (Ir): $Ir = H \cdot Dd$	H - amplitude altimétrica Dd - valor da densidade de drenagem, expresso em metros.
Gradiente de Canais (Gc): $Gc = \frac{a_{max}}{L}$	a _{max} - altitude máxima e L - comprimento do canal principal.

Fonte: Christofolletti (1980), adaptado pelos autores (2017).

RESULTADOS DA PESQUISA

A bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio possui uma área de 651,28 km², com padrão de drenagem classificado como dendrítica e sistema exorréico (CHRISTOFOLETTI, 1978), com águas destinadas ao oceano, por meio da hierarquia superior da bacia hidrográfica do Rio Araguaia.

Da metodologia utilizada no estudo, foi possível obter a caracterização da composição e padrão de drenagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, em que

foram analisados os parâmetros físicos, morfométricos e o índice de drenagem da bacia, conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3: Características físicas para a Bacia Hidrográfica Córrego Santo Antônio. Fonte: Produzido pelos autores, março 2017.

Características Físicas	Unidade	Valores Bacia Córrego Santo Antônio
Área total da bacia (A)	Km	651,28
Comprimento do Canal Principal (Cp)	Km	85,41
Perímetro (P)	Km	168,68
Comprimento vetorial do canal principal (Cv)	Km	35,38
Comprimento total dos canais (Ct)	Km	459,17
Amplitude altimétrica da bacia	M	518
Altitude máxima da bacia (Am)	M	940
Índice de Drenagem da Bacia	Unidade	Valores Bacia Córrego Santo Antônio
Ordem da Bacia	----	5 ^a
Densidade de Drenagem (Dd)	Km/Km ²	1,30
Característica Morfométricas	Unidade	Valores Bacia Córrego Santo Antônio
Coefficiente de compacidade (Kc)	m ²	0,07
Fator forma (Kf)	Adimensional	0,76
Índice de circularidade (Ic)	Adimensional	0,48
Índice de Sinuosidade (Is)	---	2,41
Coefficiente de Manutenção (Cm)	m ²	32,5
Relação de Relevo (Rr)	---	0,06
Índice de rugosidade	M	67,34
Gradiente de Canais (Gc)	%	0,011

Fonte: Elaborado pelos autores

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E HIPSOMÉTRICAS

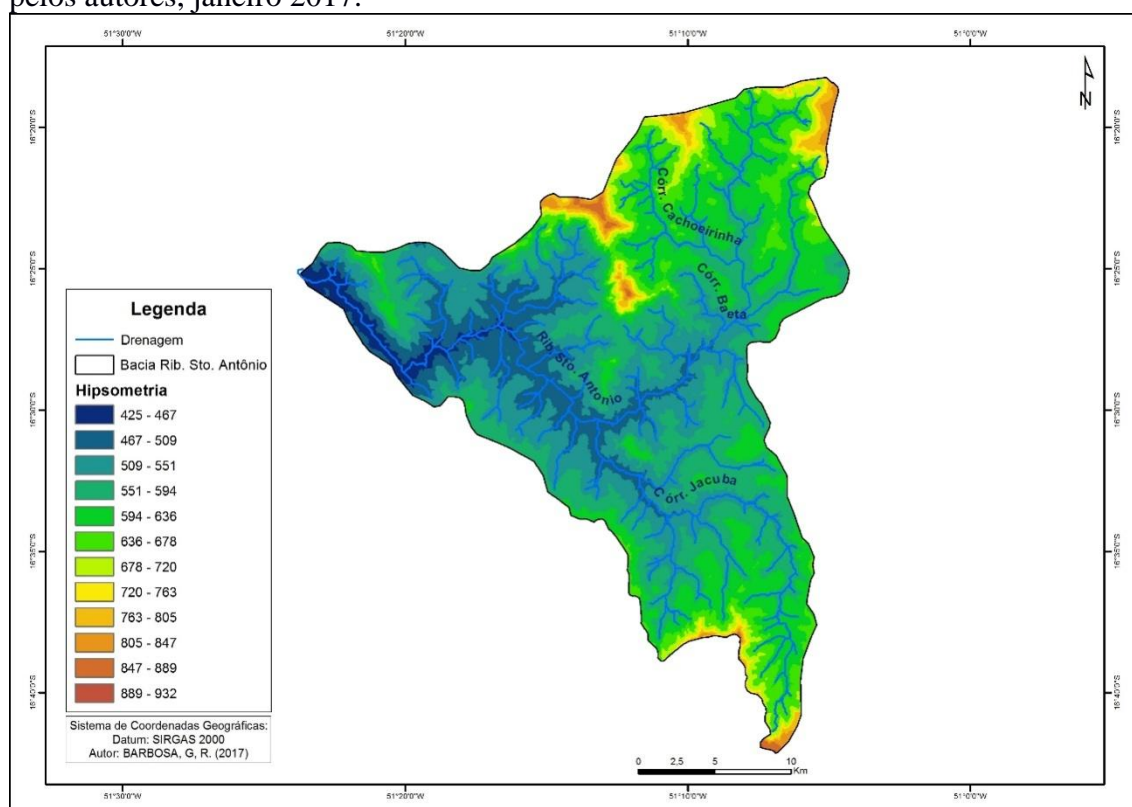
A bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio foi classificada como unidade de grande porte, de acordo com Tucci (2003), pois sua área de drenagem (A) foi de 651,28 Km² e o perímetro (P) de 168,68 Km. Desse modo, corrobora com boas possibilidades de controle dos fatores hidrológicos.

O comprimento do rio principal (Cp) é de 85,41 Km e o comprimento vetorial do canal principal (Cv) é de 35,38 Km, apresentando comprimento total dos canais (Ct) o valor de 459,17 km.

Christofolletti (1980) define que, ao analisar a hipsometria de uma área, compreende-se a distribuição da variação de faixas altimétricas em relação às unidades horizontais de um determinado espaço. Com essa variável, também é possível compreender a configuração e condições do desgaste do relevo. Ao se criar a curva hipsométrica, esta não demonstra apenas onde são as áreas mais rebaixadas pelos agentes externo, como aponta, também, as áreas mais preservadas devido à resistência dos componentes geológicos.

A carta hipsométrica da bacia do Ribeirão Santo Antônio apresentou doze cotas diferentes, sendo possível a visualização no mapa 2.

Mapa 2: Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica Córrego Santo Antônio. Fonte: Produzido pelos autores, janeiro 2017.



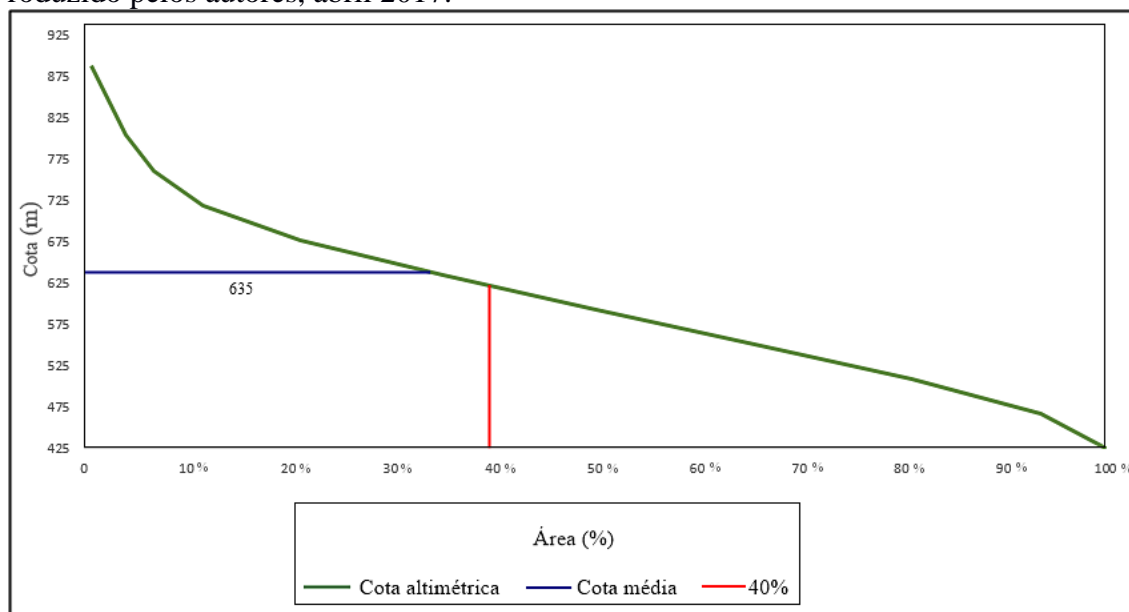
A bacia hidrográfica em estudo possui uma amplitude altimétrica de 518 m e altitude máxima (Am) de 932 m. A variação da cota hipsométrica foi de 425 a 932 m,

sendo as maiores altitudes registradas nas bordas da bacia e as menores voltadas ao centro e canais fluviais.

Outra característica importante a ser averiguada são as maiores altitudes presentes na porção norte da bacia, demonstrando a influência do alto estrutural desta área, o que indica maiores entalhamentos da rede hídrica e a concentração dos canais de primeira ordem.

A curva hipsométrica (gráfico 1) representa o volume total da área em consórcio com variação à amplitude altimétrica, demonstrando o relevo de toda a bacia hidrográfica em duas dimensões. Strahler (1952), Chorley e Morley (1959) explicam que o espaço apresentado entre os eixos (Y) e (X) corresponde à integral hipsométrica, que, em termos quantitativos, representa o rebaixamento erosivo da bacia.

Gráfico 1 – Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio. Fonte: Produzido pelos autores, abril 2017.



Fonte: Elaborado pelos autores

Strahler (1952) explica que se pode representar simplificadaamente o ciclo geomorfológico por meio da curva hipsométrica, partindo de uma fase jovem, com maiores elevações do relevo, até uma fase madura, considerada em equilíbrio, com relevo basicamente aplainado. O mesmo autor ainda destaca um terceiro ciclo, que se refere a um relevo com vários enclaves mais acentuados em meio a um relevo em fase de desgaste adiantado, denominando-se ciclo geomorfológico de Monadnock. Para enquadrar a fase Monadnock, o

valor da integral hipsométrica deve constituir abaixo de 0,35, e com o valor entre 0,4 e 0,6 enquadra-se na fase da maturidade.

O valor da integral hipsométrica, por meio da análise da curva hipsométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, foi de 0,13, sendo definido no ciclo geomorfológico de Monadnock, com amadurecimento inicial (relevo relativamente novo), apresentando encostas desgastadas, com grande carreamento de sedimentos sendo depositados nas partes mais baixas da bacia.

Na pesquisa de Sampaio, Cordeiro e Bastos (2016), os resultados da integral hipsométrica da sub-bacia do Alto Mundaú, no Ceará, foi de 0,5, valor este que, comparado ao da bacia em questão, é altamente superior. Os autores afirmam que, pela classificação de Strahler (1952), a sub-bacia do Alto Mundaú possui relevo dissecado em fase madura.

DECLIVIDADE

As considerações sobre as análises da variação das classes de declividade de uma bacia são feitas para facilitar a compreensão dos aspectos e tendência do relevo, podendo indicar características como o escoamento superficial (GUERRA E GUERRA, 2011).

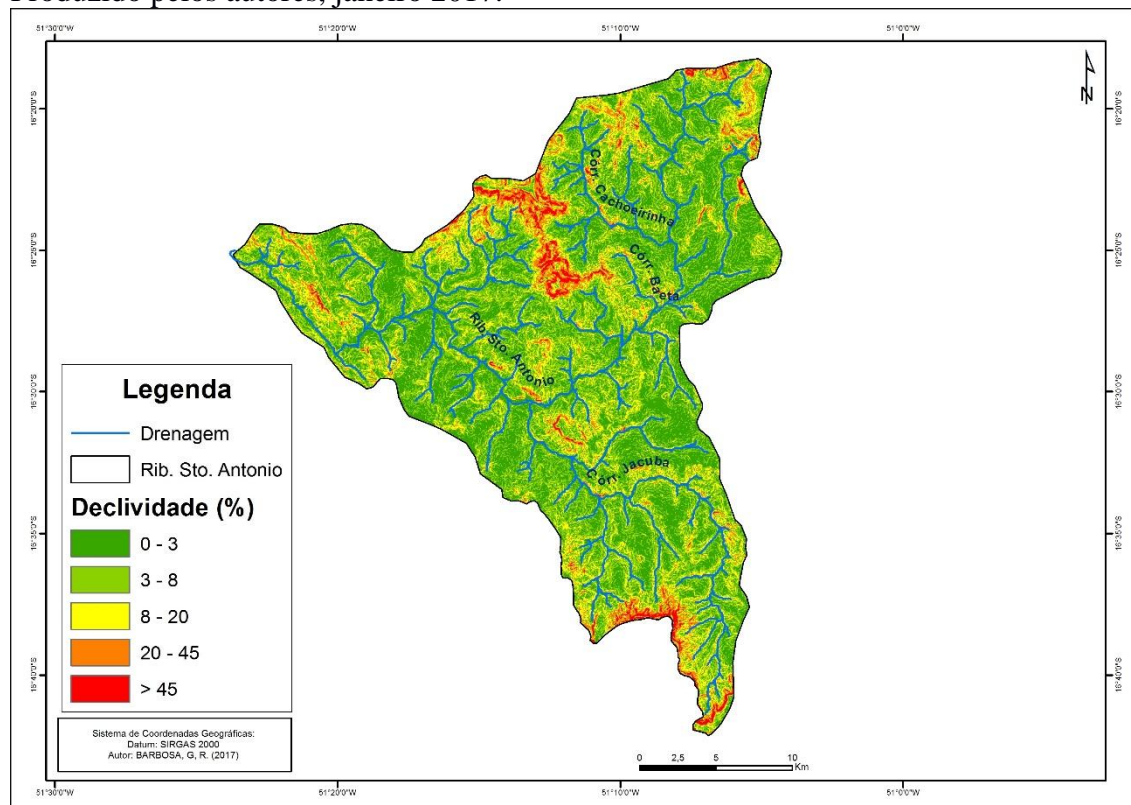
Sua espacialização na bacia pode ser vista no mapa 2.

As cinco classes de declividade da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio foram determinadas segundo o estipulado pela EMBRAPA (1979).

As áreas consideradas planas na bacia corresponderam a 29,39% do total da área, com declividade entre 0 e 3%. As cotas de 3 a 8% representaram 39,40% da área total, sendo a classe mais representativa na bacia. Esses tipos de relevo plano/suavemente ondulado podem ser destinados a culturas anuais, requerendo práticas simples de conservação e uso das terras (LEPSCH et al., 2002).

O relevo ondulado, que apresenta declividade entre 8 e 20%, correspondeu a 18,57% da área total. Com 7,84% e 4,79% da área total correspondem os relevos forte ondulados, com declividade entre 20 a 45% e > 45%, respectivamente. Lepsch et al. (1991) explicam que, nessas áreas, a susceptibilidade erosiva é acentuada, sendo inapropriadas a culturas e requerem fiscalização contínua.

Mapa 2: Mapa Declividade da Bacia Hidrográfica Córrego Santo Antônio. Fonte: Produzido pelos autores, janeiro 2017.



ÍNDICE DE DRENAGEM DA BACIA

Strahler (1957) e Bertoni e Lombardi Neto (2008) dizem que uma característica importante nos canais de drenagem de uma bacia hidrográfica está ligada à quantidade de ramificações destes canais, sendo que, quanto mais canais a bacia possuir, melhor será o desenvolvimento do sistema de drenagem. Barbosa e Furrier (2012) dizem que o conhecimento dos padrões de drenagem oferece informações indispensáveis para os estudos morfométricos.

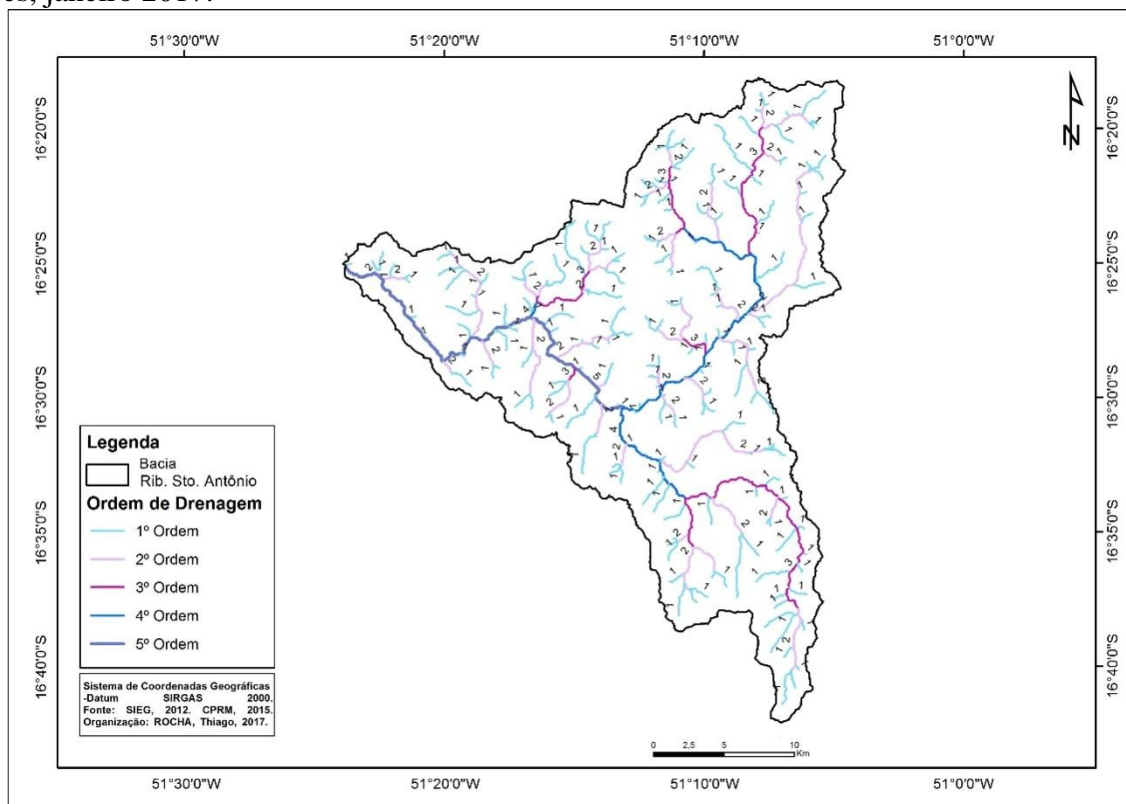
A bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio comporta uma considerável quantidade de canais de drenagem, correspondendo a 384 no total, que podem ser visualizados no mapa 3, junto com sua determinada hierarquização.

A hierarquização da drenagem proposta por Strahler (1952) resultou na seguinte sequência da quantidade total dos canais por ordem e suas respectivas extensões:

- 1ª ordem – 194 canais, totalizando 225,62 km de extensão;
- 2ª ordem – 95 canais, totalizando 120,85 km de extensão;
- 3ª ordem – 40 canais, totalizando 48,11 km de extensão;

- 4ª ordem – 28 canais, totalizando 34,22 km de extensão;
- 5ª ordem – 1 canal, totalizando 30,37 km de extensão.

Mapa 3: Hierarquização dos canais de drenagem da bacia em questão. Fonte: Produzido pelos autores, janeiro 2017.



A bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio é definida como de 5ª ordem.

A densidade da drenagem (Dd) de uma bacia hidrográfica é compreendida pela razão da área total e o comprimento total dos canais hídricos, indicando a velocidade menor ou maior com que a água chega até a foz (CHRISTOFOLETTI, 1978; MELO NETO; MELO NETO, 2015). Para a bacia em questão, o encontrado para Dd foi de 1,30 km/km², considerado por França (1968) e Christofoletti (1978) como baixa. Tal característica traduz que o relevo permite maior infiltração pluviométrica no solo, pois o substrato possui escoamento superficial baixo.

Ao comparar com o resultado encontrado por Santos et al. (2012) na bacia de Perdizes, em Campo do Jordão – SP, o valor é significativamente bastante superior, sendo que a Dd de 4,1km/km² é considerada muito alta, refletindo um elevado escoamento superficial associado à dissecação alta do relevo, fator que não ocorre na bacia hidrografia do Ribeirão Santo Antônio.

CARACTERÍSTICA MORFOMÉTRICAS

O coeficiente de compacidade (k_c) associado ao fator forma (K_f) são índices indicativos da maior ou menor tendência para enchentes numa bacia hidrográfica, isto é, quanto maior o valor dessas variáveis, mais susceptível será (VILLELA; MATTOS, 1975; MELO NETO et al., 2012). Os valores encontrados na bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio para o k_c foi de 0,07m² e 0,76 para o K_f , indicando ser uma bacia circular, que, em condições normais de precipitação, possui suscetibilidade média a enchentes.

Abud et al. (2015) dizem que a forma circular de uma bacia hidrográfica é afirmada quanto mais próximo a 1 for o valor do K_f . Ferrari et al. (2013) encontraram para a sub-bacia do córrego Horizonte-ES o valor de 0,27 para o K_f e 1,51 para o K_c , afirmando ser uma bacia hidrográfica alongada, resultados contrários aos encontrados na presente pesquisa.

O índice de circularidade (I_c) de 0,48 favorece um melhor escoamento superficial da água, com características de bacia alongada por se encontrar abaixo de 0,50. Mas, em consonância ao valor de 0,76 para K_f , a bacia tende a ser circunforme. Os valores desses dois parâmetros indicam que o tempo de concentração das águas é moderado na bacia e, com isso, reflete em potencial de cheias, resultado que se assemelha ao encontrado por Cherem, Magalhães JR. e Faria (2011) para a bacia hidrográfica do Alto Rio das Velhas-MG.

O índice de sinuosidade é a variável que descreve a velocidade do fluxo do curso hídrico, em que quanto menor a sinuosidade, menos dificuldade o curso hídrico encontrará para chegar até sua foz, e com sinuosidade elevada, maior será a dificuldade. Freitas (1952) explica que com valores inferiores a 1,0 os cursos de água são classificados como retilíneos, e superiores a 2,0, cursos de água sinuosos. A bacia em questão apresentou valor de 2,41 para I_s , enquadrando na classificação de canais sinuosos. Resultado semelhante ao de Soares e Souza (2012), pelo fato de a bacia possuir características físicas parecidas; os mesmos autores afirmam que, por possuírem rios sinuosos, o processo erosivo pode ser intensificado, necessitando maior monitoramento. Em contrapartida, Vieira et al. (2012) obtiveram o valor de 1,13 para o I_s , sendo ele considerado baixo e possibilitando maior velocidade na dispersão de poluentes.

O coeficiente de manutenção (C_m) descrito por Schumm (1956) é tido como um parâmetro que identifica a relação inversa da densidade de drenagem, sugerindo quanto de área mínima é necessário para a manutenção de um metro de canal de escoamento. Na bacia

do Ribeirão Santo Antônio, esse cálculo indicou que para cada metro de canal são necessários 32,5 m² de área para o manter perene.

Lima e Fontes (2015), em sua pesquisa na sub-bacia do Rio Jacarecica (SE), classificaram o relevo como suave, e encontraram valor de Cm bastante elevado (869,56 m²), em comparação com o presente trabalho, sendo justificado pelas fortes diferenças dos relevos de cada bacia.

Quanto maior for a razão do relevo de uma bacia, maior será o desnível entre a nascente e a foz e, conseqüentemente, maior será a declividade média (SCHUMM, 1956). O resultado de 0,06 encontrado para a bacia em questão, segundo Piedade (1980), é considerado baixo, assim como o resultado do Dd, indicando velocidade menor do escoamento superficial e melhor infiltração de água no solo. Esse resultado é confirmado por Pollo et al. (2012) e Doriguel, Campos e Júnior (2015), que encontraram valores ainda menores que o da presente pesquisa para a razão do relevo, afirmando a ocorrência dos processos de infiltração e escoamentos citados acima.

O índice de rugosidade (Ir) de uma bacia hidrográfica é influenciado pelos valores da densidade da drenagem e amplitude altimétrica; valores elevados resultam em maior declividade do terreno e maior valor de rampa, atividade que corrobora para a intensificação do escoamento superficial e processos erosivos (SOUSA; RODRIGUES, 2012).

O valor do Ir calculado para bacia em questão resultou em 67,34 m, que é considerado fraco, por possuir a maior parte do terreno com declividade entre 3 a 8% e baixo valor de Dd. Esses resultados são confirmados por Santos e Sousa (2013), que encontraram valor para o Ir de 84,24 m, considerado baixo, reafirmando a tendência de se ter menos escoamento superficial e maior probabilidade de infiltração pluviométrica em ambas bacias.

Sobre o gradiente dos canais (Gc), Horton (1945) e Freitas (1952) explicam que esse cálculo equivale à relação entre a altitude máxima da bacia com o comprimento do canal principal, indicando a declividade dos corpos hídricos. Na presente bacia, o Gc foi de 0,011%; esse valor, comparado ao de Santos et al. (2012), que se apresentou acima de 20%, é considerado baixo, afirmando o fraco escoamento superficial na bacia e a propícia ocorrência de enchentes.

CONCLUSÕES

Conhecer os aspectos físicos e morfométricos de uma bacia auxilia no planejamento do uso e ocupação das terras pelas atividades antrópicas, oferecendo diagnóstico e características do relevo pelo conhecimento das áreas inapropriadas a determinados usos.

A drenagem da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio foi classificada como de 5^a ordem. Os valores de 1,30 km/km² encontrado para Densidade de drenagem, 0,06 para Razão do relevo e 67,34 m para o Índice de rugosidade são considerados baixos, afirmando que o relevo possibilita uma maior infiltração da água no solo e, com isso, menos escoamento superficial.

Pelos resultados do Fator de forma (0,76), Índice de circularidade (0,48) e Coeficiente de compacidade (0,07 m²), conclui-se que a bacia em questão possui a forma circular e potencial médio para ocorrer enchentes, por proporcionar a diminuição do tempo de deslocamento da água entre a nascente e a foz. Já o baixo valor do Gradiente dos canais (0,011%) indica a declividade pequena dos canais hídricos, facilitando o alagamento do terreno. Pelo índice de sinuosidade (2,41), a bacia possui cursos hídricos sinuosos, que necessitam de 32,5 m² de área para se manterem perenes, valor encontrado pelo Coeficiente de Manutenção, considerado elevado, afirmando a forma circular da bacia.

O relevo da bacia em questão apresentou uma amplitude altimétrica de 518 m, possuindo mais de 50 % da área total com características de plano/suavemente ondulado, correspondendo a declividades de 0 a 8%. Esses locais são propícios a atividades agrícolas, com acompanhamento adequado no processo. A utilização inapropriada dessas terras pode desencadear problemas sérios de inundações, proporcionando assoreamento e contaminação das águas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil. Edital CAPES 071/2013 - Processo número 88881.068465/2014-01.

REFERÊNCIAS

ABUD, E.A; LANI, J.L; ARAÚJO, E.A; AMARAL, E.F; BARDALES, N.G; FERNANDES FILHO, E.I. Caracterização morfométrica das sub-bacias no município de Xapuri: subsídios à

gestão territorial na Amazônia Ocidental. **Revista Ambiente & Água**, vol. 10 n. 2 431-441p. 2015.

ALBUQUERQUE, L. B.; SAKAMOTO, A.Y. 2015. Análise ambiental e o sistema hidrográfico do córrego do Porto, Três Lagoas (MS) para fins de planejamento ambiental. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 9, n.1, p.5-18; 2015.

ALCÂNTARA, E.H., AMORIM, A.J. Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso. **Revista. Caminhos da Geografia** 7, p.70 – 77. 2005.

ALVES, E. D. L.; SPECIAN, V.. O clima intraurbano de Iporá-GO: um estudo em episódios. **Revista Mercator**, v. 8, p. 181 - 191. 2010.

ARAÚJO, G. H. S; ALMEIDA, J. R, GUERRA, A. J. *Gestão Ambiental de Áreas Degradadas*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2008.

BARBOSA, M., E, F.; FURRIER, M. 2012. Caracterização geomorfológica da bacia hidrográfica do rio da salsa, Paraíba-Brasil. **Revista Mercator**, v. 11, n. 26, p.149-156. 2012.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. 2008. *Conservação do solo*. São Paulo: Ícone, 355p.

CHEREM, L., F., S.; MAGALHAES JR, A., P.; FARIA, D. Análise e compartimentação morfométrica da bacia hidrográfica do Alto Rio das Velhas – região central de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, nº 1. p.11-21, 2011.

CHORLEY, R.J; MORLEY, L.S.D. A. Simplified approximation for the hipsometric integral. **Journal of Geology**, Chicago,67. p.566-571. 1959.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher. 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. Morfologia de bacias de drenagem. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, n.18, p.130-138. 1978.

CUNHA, S.B., GUERRA, A.J.T. Degradação ambiental, in: Guerra, A.J.T., Cunha, S.B. (Eds.), *Geomorfologia e meio ambiente*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p.337-379. 1996.

Doriguel, F.; Campos, S.; Junior, O., D. Caracterização morfométrica da microbacia do Córrego Maria Pires, Santa Maria da Serra, Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Energia na Agricultura**. Botucatu, vol. 30, n.4, p.372-377. 2015.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: *Reunião Técnica de Levantamento de Solos*, 10, Rio de Janeiro, p. 83. 1979.

- FERRARI, J. L.; SILVA, S. S., SANTOS, A. R. GARCIA, R. F. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.2, p.181-188. 2013.
- LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. *Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso*. 5a Aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 175p. 1991.
- LEPSCH, I. F. *Formação e Conservação dos solos*. São Paulo: Oficina de Textos, 178p. 2002.
- LIMA, A., S.; FONTES, A., L. Estudo de parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica do Rio Jacarecica (SE). **Revista Inter Espaço**, Grajaú/MA v. 1, n. 3 p. 203-221 Ed. Especial. 2015.
- FRANÇA, G. V. Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. 1968. 151f. *Tese* (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1968.
- FREITAS, R.O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. *Boletim Paulista de Geografia*. n.11, p.53-57. 1952.
- GEORGIN, J. OLIVEIRA, G., A., ROSA, O., A., L. D. Estudo comparativo de índices morfométricos relacionado com cheias nas bacias hidrográficas do alto Jacuí e Vacacaí - Vacacaí Mirim – RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 19, n. 2, mai-ago. p.1357-1364. 2015.
- GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. *Novo dicionário geológico-geomorfológico*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 652p. 2003.
- GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. *Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico*. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2011.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol Soe. Am. Bull.*, v.56, n.3, p.275-370. 1945.
- LUIZ, A.M.E., PINTO, M.L.C., SCHEFFER, E.W. O. Parâmetros de cor e turbidez como indicadores de impactos resultantes do uso do solo, na bacia hidrográfica do rio Taquaral, São Mateus do Sul- PR. **RAEGA**, p.290-310. 2012.
- MELO E NETO, J. O; MELO E NETO, C. R. Levantamento das propriedades morfométricas da bacia hidrográfica do ribeirão vermelho com o uso de geoprocessamento. **Global. Science and Technology**, Rio Verde, v.08, n.02, p.103 – 109. 2015

- MELO NETO, J. O.; GUIMARÃES, D. V.; CHAGAS, R. M.; MÉLLO JÚNIOR, A. V. Caracterização da influência do componente morfológico no regime hídrico da bacia hidrográfica do Rio Jacarecica-SE. In: Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe, 5, Aracaju, *Anais*, Aracaju, p.1-5. 2012.
- NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 419 p. 1989.
- OLIVEIRA, P. T. S.; SOBRINHO, T. A.; STEFFEN, J. L.; RODRIGUES, D.B.B. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 14, p. 819-825. 2010.
- POLLO, R. A.; BARROS, B. S. X.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G. RODRIGUES, V. A. Caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Água da Lucia, Botucatu, SP. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.163-174. 2012.
- RIBEIRO, G. F.; PEREIRA, S. Y. Análise morfométrica da bacia hidrográfica Vargens de Caldas, Planalto de Poços de Caldas, MG. *Rev. TERRÆ* 10. 2013.
- RODRIGUES, F. M.; PISSARRA, T. C. T.; CAMPOS, S. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Córrego da fazenda Glória, município de Taquaritinga, SP. **Revista Irriga**, 13, p.310-322. 2008.
- SANTOS, A., M.; TARGA, M., S.; BATISTA, G., T.; DIAS, N.M W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**. v. 7, n.3. 2012.
- SANTOS, E., S.; SOUSA, F., A. Aspectos morfométricos da bacia do córrego Tamanduá em Iporá-GO. **Revista ACTA Geográfica**, v.7, n.15, p.191-199. 2013.
- SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.1, p.60-68. 2013.
- SANTOS, G.V.; DIAS, H.C.T.; SILVA, A.P. DE S.; MACEDO, M. DE N.C. Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do Córrego Romão dos Reis, Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v.31, n.5, p.931- 940. 2007.
- SAMPAIO, A., C., P.; CORDEIRO, A., M., N.; BASTOS, F., H. Susceptibilidade à erosão relacionada ao escoamento superficial na sub-bacia do Alto Mundaú, Ceará, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, V. 09 N. 01,125-143. 2016.

- SCHUMM, S.A.. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Bulletin Geological Society fo America**. n. 67, p.597-646. 1956.
- SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. *Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações*. Rio de Janeiro, 363 p. 2004.
- SOARES, M. R. G. J.; SOUZA, J. L. M. SANTOS, G. O. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Pequeno em São José dos Pinhais (PR). **Revista Geográfica (Londrina)**, v.21, n.1, p.109-036. 2012.
- SOUSA, F. A. Caracterização física regional. A contribuição dos solos originados sobre granitos e rochas alcalinas na condutividade hidráulica, na recarga do lençol freático e na suscetibilidade erosiva: um estudo de caso na alta bacia hidrográfica do rio dos bois em Iporá-GO. 2013. 207 p. *Dissertação* (Mestrado em Geografia) - UFU-MG, Uberlândia. 2013.
- SOUSA, F., A.; RODRIGUES, S. C. Aspectos morfométricos como subsídio ao estudo da condutividade hidráulica e suscetibilidade erosiva dos solos. **Mercator**, vol. 11, núm. 25, pp. 141-151, maio-agosto. 2012.
- STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **Bulletin Geological Society fo America**. 63:1117-1142. 1952.
- STRAHLER, A. N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v.38, n.6, p.913–920, 1957.
- Moreira, L., Rodrigues, V.A. Análise morfométrica da microbacia da Fazenda Edgárdia – Botucatu (SP). **Revista Eletrônica de Engenharia Florestal**. v.16, n.1, p.9-21. 2010.
- PIECADE, G. C. R. Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP. 1980. 161 f. *Tese* (Livre Docência) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. 1980.
- VIEIRA, D., M., S; TORRES, J.L.R; OLIVEIRA, L.M; GONÇALVES, O.R; OLIVEIRAM M.A. Morfometria e qualidade da água da microbacia do Córrego do Sapecado, afluente do Rio Uberaba. **Global Science and Technology**, v. 05, n. 03, p.11 – 22. 2012.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo. São Paulo: Mcgraw-Hill do Brasil, 245p. 1975.
- Torres, F. T. P.; Machado, P. J. de O. *Introdução a climatologia: series textos básicos de Geografia*. São Paulo-SP: Cengage. 2012.
- Tucci, C.E.M. *Hidrologia: Ciência e aplicação*. 3ª ed. Ed. da UFRGS/ABRH, Porto Alegre. 2003.