
SUSCEPTIBILIDADE À AÇÃO DA EROÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO GRANDE, MUNICÍPIO DE ABATIÁ-PR

SUSCEPTIBILITY TO THE EROSION ACTION OF THE WATERSHED RIBEIRÃO GRANDE, MUNICIPALITY OF ABATIÁ-PR

Luciano Nardini Gomes¹
Rafael Calore Nardini²
Fernanda Leite Ribeiro³
Pedro Rodolfo Siqueira Vendrame⁴
Eduardo Nardini Gomes⁵

RESUMO: A análise morfométrica é importante instrumento na obtenção dados que auxiliam na avaliação do comportamento de bacias hidrográficas. Nesse sentido, o estudo teve como objetivo analisar a morfometria e simular as áreas de preservação permanentes ciliares da bacia do Ribeirão Grande, município de Abatiá - PR. Os resultados apresentaram uma bacia de 4ª ordem de ramificação de canais e média densidade de drenagem (1,69km/km²). O Fator de Forma (0,15), Índice de Circularidade (0,44) e o Coeficiente de Compacidade (1,49), indicam uma bacia com formato mais alongado que circular. A simulação mostra que a área deveria possuir 1092,79 ha de áreas de preservação permanente ao redor das nascentes e ao longo dos cursos d'água de acordo com a legislação vigente. Os índices morfométricos permitiram inferir que a área apresenta baixa susceptibilidade a enchentes e riscos de processos erosivos.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Morfometria. Áreas de Preservação Permanente.

1 Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho (2003). Mestrado (2005) e Doutorado (2009) em Agronomia, área de Irrigação e Drenagem pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho. Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual de Londrina - PR. E-mail: lunago@gmail.com.

2 Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho (2005). Mestrado (2010) e Doutorado (2013) em Agronomia, área de Irrigação e Drenagem pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho. Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual de Londrina - PR. E-mail: rcnardini@hotmail.com.

3 Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho (1995). Mestrado (1998) e Doutorado (2002) em Agronomia, área de Energia na Agricultura pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho. Atualmente é professora adjunta da Universidade Estadual de Londrina - PR. E-mail: flribeiro@yahoo.com.

4 Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual Londrina (2003). Mestrado (2005) e Doutorado (2008) em Agronomia, área de Ciências do Solo pela Universidade Estadual de Londrina. Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual de Londrina - PR. E-mail: perovendrame@gmail.com.

5 Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho (1999). Mestrado (2002) e Doutorado (2006) em Agronomia, área de Irrigação e Drenagem pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho. Atualmente é professor assistente da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Campus Experimental de Registro/SP. E-mail: eduardo.n.gomes@unesp.br.

Artigo recebido em maio de 2019 e aceito para publicação em junho de 2019.

ABSTRACT: The morphometric analysis is an important tool in obtaining data that aid in the evaluation of the behavior of watersheds. In this sense, the objective of this study was to analyze the morphometry and simulate the permanent preservation areas of the Ribeirão Grande watershed, municipality of Abatiá - PR. The results showed a fourth-order watershed of canal ramification and medium drainage density (1.69 km/km²). The Form Factor (0.15), Circularity Index (0.44), and Compassion Coefficient (1.49), indicate a watershed with a more elongated than circular shape. The simulation shows that the area should have 1092.79ha of permanent preservation areas around the springs and along the water courses according to the current legislation. The morphometric indices allowed to infer that the area presents low susceptibility to floods and risks of erosive processes.

Keywords: Watershed. Morphometry. Permanent Preservation Areas.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável para a vida do homem, além do desenvolvimento de uma população. Quando não se respeitam as áreas de naturais de fornecimento e abastecimento de água, torna cada vez mais em falta esse importante recurso. Portanto, o estudo de áreas de bacias hidrográficas é imprescindível para a preservação dos recursos hídricos. O planejamento ambiental é uma necessidade para a preservação dos recursos hídricos, evitando o desgaste de solos com ocupações inadequadas, que potencializam enchentes e agravam o problema da escassez.

A bacia hidrográfica é definida como a área de captação natural da água das chuvas que drenam para um rio principal e seus afluentes, possui um relevo específico limitado por divisores de águas topográficos e freáticos que a separa das microbacias adjacentes, com funções hidrológicas e ecológicas extremamente importantes na conservação dos serviços ambientais (LIMA, 1986; BRASIL, 1987; FAUSTINO, 1996; BARRELLA et al., 2001; MOSCA, 2003; LEONARDO, 2003; RODRIGUES, 2004).

A bacia hidrográfica é vista como um sistema fundamental, devido seu modo de controle do fluxo superficial de toda a água pertencente ao seu interior. Portanto, é uma unidade territorial ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais (PISSARRA et al., 2004).

A morfometria é uma ferramenta de diagnóstico das condições fisiográficas naturais, seus parâmetros de análise, tais como: fator de forma, densidade de drenagem, declividade do terreno, entre outros, que servem como indicadores da suscetibilidade à degradação ambiental. Portanto, eles norteiam o planejamento, o manejo e as ações mitigadoras para a conservação e uso dos recursos naturais (RODRIGUES, 2004).

Ao observar uma bacia, primeiro é necessário conhecer a sua morfometria, que por sua vez é um dos principais componentes em uma análise hidrológica. O fundamento da morfometria é definir diversos parâmetros do ambiente estudado, a fins de proteger o ambiente, ou a manutenção da produção de água pela bacia. Estabelecendo primeiramente sua área e em seguida seu perímetro. As principais características da bacia que devem ser estudadas são os índices de declividade e drenagem e a cobertura do solo, Tucci (2000).

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 (PISSARRA; POLITANO; FERRAUDO, 2004).

A combinação dos diversos dados morfométricos permite a diferenciação de áreas homogêneas. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um

determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais (ANTONELLI; THOMAZ, 2007).

Os parâmetros morfométricos devem ser considerados no conjunto para caracterizar a bacia e devem ser utilizados como importantes pressupostos na elaboração de projetos de prevenção e defesa contra eventos hidrológicos, como estiagens e enchentes que ocorrem na bacia hidrográfica (LINDNER; GOMIG; KOBIYAMA, 2007).

Segundo Tonello (2005), as características morfométricas podem ser divididas em: características geométricas, características do relevo e características da rede de drenagem.

Em estudos de morfometria na bacia hidrográfica do ribeirão Água da Lúcia, Botucatu-SP, Pollo et al., (2012) concluíram que a manutenção da cobertura vegetal e das matas ciliares são fundamentais na conservação dos serviços ambientais.

Para Amato e Sugamoto (2000), o planejamento do uso do solo de acordo com as exigências vigentes na legislação é um processo essencial, que visa à conservação dos recursos naturais. Esta afirmação tem mostrado ser válida em diferentes níveis de entendimento do problema, desde o município até a unidade de produção rural. Neste sentido, a demarcação geográfica das áreas de preservação permanente (APP's) destacadas pela lei, e a confrontação desses locais com o seu uso atual, estabelece as medidas a serem adotadas com o objetivo de contribuir com o uso racional das terras.

O presente trabalho teve como objetivo a análise morfométrica através da obtenção de parâmetros físicos e dimensionais da bacia do Ribeirão Grande, município de Abatiá (PR), assim como a simulação das áreas de preservação permanentes ao longo dos canais e ao redor das nascentes, segundo a legislação vigente.

MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia do Ribeirão Grande está localizada no município de Abatiá, porção norte do Estado do Paraná, entre as seguintes coordenadas Geográficas: 50° 28' 50" a 50° 18' 35" de longitude W Gr., 23° 21' 05" a 23° 14' 34" de latitude Sul, com uma área de 104,170 Km². O clima predominante do Município, classificado segundo o sistema Köppen é do tipo Cfa – clima temperado úmido com verão quente, sendo as temperaturas superiores a 22°C no verão, com precipitação pluvial em torno de 1.400mm anuais e cerca de 550m de altitude. Encontra-se na carta planialtimétrica editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE em 1969, Folha de Ribeirão do Pinhal (SF-22-Z-C-II-3), em escala 1:50.000, com equidistância vertical de 20m, conforme a Figura 1.



Figura 1. Localização da microbacia do Ribeirão Grande – Abatiá (PR).

A obtenção das coordenadas, do limite e da rede de drenagem da área de estudo teve como base a carta planialtimétrica em formato digital, editada pelo IBGE (1990), Folha de Ribeirão do Pinhal (SF-22-Z-C-II-3), em escala 1:50000, datum vertical marégrafo Imbituba, SC, e datum horizontal SAD-69.

O software AutoCad Map 3D Raster Design foi utilizado para importação da carta em formato digital, onde posteriormente realizou-se o georreferenciamento seguindo os seguintes comandos: Inserção – Recorte- Georreferenciamento. A inserção das cartas em formato .tiff foi necessária para possibilitar a digitalização, utilizando a imagem como plano de fundo, e foi realizado através dos comandos *Insert – Attach*. No recorte, apenas a área útil da carta foi mantida, sendo descartadas todas as informações de legendas e convenções. Esse procedimento foi realizado através dos comandos *Raster tools – Crop – Polygonal Region*. No georreferenciamento criou-se um *grid* no AutoCAD, com as coordenadas UTM's da carta para ser utilizado como pontos de controle para a imagem inserida e recortada. Cada ponto de controle do *grid* UTM criado será base para cruzamento com o *grid* da carta.

Para a imagem georreferenciada, foi realizado no AutoCAD a digitalização da rede hidrográfica, altimetria e limites municipais, sendo necessária a criação de uma *layer* (camada) para cada feição mapeada. Os comandos utilizados para a digitalização foram *Polyline* e *Polyline Follower*, dependendo da qualidade da imagem. A segunda opção de digitalização (*Polyline Follower*) proporciona considerável ganho de tempo por realizar de forma automatizada cada segmento da imagem utilizada como pano de fundo, dependendo, no entanto de uma carta com boa qualidade de traçados.

Para definição do limite, digitalizou-se os pontos mais elevados em torno da rede de drenagem. As maiores altitudes foram marcadas com base nas informações obtidas em carta. A rede de drenagem foi digitalizada acompanhando-se os rios e corpos d'água existentes na bacia.

A determinação dos parâmetros dimensionais da bacia como comprimento axial (C), correspondente a aproximadamente a direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas; largura média (Lm) que corta transversalmente o vale principal; comprimento do rio principal (Ccp) correspondendo à representação horizontal das sinuosidades do rio principal, desde sua nascente até a foz; comprimento total da rede de drenagem (Cr) que acompanha as sinuosidades do rio principal e dos tributários; perímetro (P) correspondente ao comprimento da linha do divisor de águas que circunda a bacia e área (A); circunscrita pela linha do divisor de águas que delimita a bacia, (Dv) distância vetorial (comprimento em linha reta) entre dois extremos do canal principal. Foram realizadas selecionando-se com o cursor cada segmento de reta digitalizado, e, através do comando *properties* foram definidos os valores para os cálculos dos índices morfométricos.

O coeficiente de compacidade (Kc) que relaciona a forma da bacia com um círculo, é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho (VILLELA; MATTOS, 1975). Se a microbacia for irregular, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente inferior ou igual à unidade 1,0 corresponderia a uma bacia circular, para uma bacia alongada, seu valor seria superior a 1,0. Quando seu Kc for mais próximo da unidade 1,0, a bacia será mais suscetível a enchentes (Tabela 1). Para a determinação do Kc utilizou-se a equação:

$$Kc = 0,28*(P/\sqrt{A})$$

Onde: Kc - Coeficiente de compacidade;
P - Perímetro em Km;
A - Área de drenagem em Km².

Tabela 1. Valores e interpretação de fator de forma (Ff), índice de conformação (Ic) e coeficiente de compactidade (Kc) para bacias hidrográficas.

Ff	Ic	Kc	Formato da bacia	Interpretação ambiental da bacia
1,00 - 0,75	1,00 - 0,8	1,00 - 1,24	Redonda	alta tendência a enchentes
0,75 - 0,50	0,8 - 0,6	1,25 - 1,50	Ovalada	tendência mediana a enchentes
0,50 - 0,30	0,6 - 0,40	1,50 - 1,70	Oblonga	baixa tendência a enchentes
< 0,30	< 0,40	> 1,70	Comprida	tendência a conservação

Fonte: (VILLELA; MATTOS, 1975).

O fator de forma é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão). Ele foi calculado a partir da equação:

$$Ff = Lm/C$$

Onde: Ff - fator de forma;
Lm - largura média da bacia em km;
C - comprimento axial da bacia em km.

Uma bacia com fator de forma baixo indica que a mesma é menos sujeita a enchentes que outra, de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior (VILLELA; MATTOS, 1975).

O índice de Circularidade (Ic) compara a área da bacia com a área do quadrado de lado igual ao comprimento axial. Quanto mais próximo de 1 (um) o valor de (Ic), ou seja, quanto mais a forma da bacia se aproximar da forma do quadrado do seu comprimento axial, maior a potencialidade de produção de picos de cheias (VILLELA; MATTOS, 1975). O (Ic) foi calculado a partir da equação:

$$Ic = A/C^2$$

Onde: A – Área da bacia em Km²;
C – Comprimento axial da bacia em Km.

A ordem da microbacia (W): é uma classificação da rede de drenagem, onde se identifica e quantificam-se os segmentos de rios, pois geralmente, quanto maior for a ordem da microbacia, maior será a quantidade de rios existentes e maior será também a extensão dos segmentos dos rios. Os segmentos de rios iniciais são definidos de primeira ordem (nascentes), enquanto que os segmentos de segunda ordem são estabelecidos pela confluência de dois segmentos de primeira ordem e assim sucessivamente (STRAHLER, 1957).

A extensão do percurso superficial da água de enxurrada (Eps) representa a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente e foi determinada pela fórmula (CHRISTOFOLETTI, 1969):

$$Eps = (1/2 * Dd) * 1000$$

Onde: Eps - Extensão do percurso superficial da água de enxurrada em Km;
Dd - Densidade de drenagem em Km/Km².

O coeficiente de manutenção dos canais (C_m) foi proposto por Schumm (1956), como 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. Especificamente, ela mostra a área de drenagem necessária em quilômetros quadrados, para sustentar um quilômetro linear de canal.

$$C_m = 1/(D_d 8100) * 100$$

Onde: C_m - Coeficiente de manutenção;
 D_d - Densidade de drenagem em Km/Km².

A razão de textura (T) é a relação do número de segmentos de rios e o perímetro da microbacia, onde à medida que o relevo passa de suave ondulado para ondulado, os valores médios da razão de textura (T) aumentam refletindo num mesmo ambiente climático, condição em que a infiltração da água encontra maior dificuldade. O escoamento superficial é mais intenso e provoca, conseqüentemente, maior dissecação hídrica do terreno, aspecto similar ao de ravinas. A razão de textura foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$T = N_t/P$$

Onde: T – razão de Textura;
 N_t – número total de rios;
 P – perímetro em Km.

Segundo França (1968), a razão de textura pode ser classificada como grosseira (valores menores que 2,5), média (valores entre 2,5 e 6,2) e fina (valores acima de 6,2).

O índice de sinuosidade (I_s) relaciona o comprimento verdadeiro do canal (projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre dois extremos do canal principal, de acordo com a equação:

$$I_s = C_{cp}/d_v$$

Onde: I_s - Índice de sinuosidade;
 C_{cp} - Comprimento do canal principal em Km;
 d_v - Distância vetorial em Km.

Os valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo e superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos. Sabe-se, entretanto, que a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais (LANA; ALVES; CASTRO, 2001).

A densidade de drenagem (D_d) é expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede (perenes ou intermitentes) e a área total da bacia, conforme a fórmula:

$$D_d = C_r/A$$

Onde: D_d - Densidade de drenagem em Km/Km²;
 C_r - Comprimento total de todos os cursos d'água em Km;
 A - Área da bacia em Km²

Este índice é indicativo da maior ou menor velocidade com que a água deixa a microbacia, dando uma ideia a respeito do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da microbacia (GUARIZ, 2008).

O cálculo da densidade de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980) é importante na análise das microbacias porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das microbacias de drenagem.

A densidade de drenagem (Dd), calculada segundo Horton (1945), corresponde à relação entre o comprimento total de rios da bacia e a sua respectiva área, sendo expressa em km de rios/km². O resultado encontrado para o parâmetro densidade de drenagem pode ser interpretado de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Valores e interpretação de densidade de drenagem.

Dd	Interpretação Ambiental
< 0,5	Pobre
0,5 – 1,50	Regular
1,50 – 2,50	Boa
2,5 – 3,5	Muito Boa
> 3,5	Excepcionalmente bem drenadas

Fonte: (HORTON 1945, STRAHLER 1957, FRANÇA 1968).

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

$$Rr = H/C$$

Onde: Rr - Razão de relevo;
H - Maior altitude em m;
C - Maior comprimento em m

A razão de relevo permite comparar a altimetria das regiões, demonstrando que, quanto maiores os valores, mais acidentado é o relevo predominante na região, maior será o escoamento superficial direto (Qds) da água das chuvas, o que reflete numa menor relação infiltração deflúvio, provocando erosão. A razão de relevo indica o declive total ou declividade geral da bacia (STRAHLER, 1957). Piedade (1980) classificou a razão de relevo em três classes: baixa, média e alta, sendo a razão de relevo baixa entre (0 a 0,1), a razão de relevo média entre (0,11 a 0,30) e razão de relevo alta (0,31 a 0,60).

A declividade média (D%) é o produto da somatória do comprimento das curvas de nível (Figura 2) pela equidistância vertical entre as elas dividido pela área (A), de acordo com Lima (1986), determinada através da fórmula:

$$D (\%) = (\sum C_n * \Delta H) / A$$

Onde: D - declividade média da microbacia em %;
C_n - somatória das curvas de nível da bacia em Km;
 ΔH - equidistância vertical entre curvas de nível em Km;
A - área da bacia em Km².

As classes de declividade utilizadas seguiram indicação da Embrapa (2006), onde 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, conforme a tabela 3.

A altitude influencia na quantidade de radiação que recebida e, conseqüentemente, a evapotranspiração, temperatura e precipitação. Além do balanço de energia, a temperatura também varia em função da altitude; grandes variações na altitude ocasionam diferenças significativas na temperatura, que, por sua vez, também causa variações na evapotranspiração. A altitude média é dada pela relação entre a somatória da maior altitude (MA) e a menor (mA) dividido por 2, enquanto a amplitude altimétrica é dada pela diferença entre maior cota (MA) e a menor (mA) da microbacia (CASTRO; LOPES, 2001 apud GUARIZ, 2008).

Tabela 3. Classes de declividade e relevo

Classes de Declividade (%)	Relevo
0 – 3	Plano
3 – 8	Suave ondulado
8 – 20	Ondulado
20 – 45	Forte ondulado
45 – 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

Fonte: (EMBRAPA, 2006).

As áreas de preservação permanentes foram definidas ao longo dos cursos d'água e ao redor das nascentes do Ribeirão Grande, onde foi utilizada a ferramenta Offset do software AutoCad Map 3D Raster Design, que proporcionou a criação de 50m de raio nas áreas das nascentes e distância de 30m para cada lado da drenagem ao longo do leito do ribeirão, resultando no mapa de simulação das APP's, fundamentado na Lei Florestal N° 12.727 de 17 de outubro de 2012, Capítulo II - Art. 4°, a qual institui "Área de Preservação Permanente a área situada em faixa marginal de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, medida a partir da borda da calha do curso regular, em projeção horizontal, com largura mínima de trinta metros para o curso d'água com menos de 10 metros de largura", e, "áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros" (BRASIL, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As bacias com formato circular apresentam maior potencialidade de picos de cheias, sendo fator de risco aos processos erosivos nas microbacias com formato alongado.

Os resultados para o coeficiente de compacidade (1,49), fator de forma (0,151) e índice de circularidade (0,444) demonstram que a bacia em estudo possui formato mais alongado que circular (Tabela 4 e Figura 2). Esse formato torna a área menos susceptível a picos de enchentes, tendendo à maior conservação (VILLELA; MATTOS, 1975).

A rede de drenagem apresentou um comprimento total de rios de 176,446 Km, sendo 123 canais de primeira ordem (Nw_1); 20 canais de segunda ordem (Nw_2), 5 canais de terceira ordem (Nw_3) e 1 canal de quarta ordem (Nw_4). Assim podemos classificar a bacia como de quarta ordem de ramificação (Figura 2 e Tabela 5), segundo o sistema de classificação proposto por (STRAHLER, 1957).

A extensão do percurso superficial (Eps), distância percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente é de 295,159 metros, enquanto que o coeficiente de manutenção dos canais (Cm) demonstrou que é preciso 0,59 Km² de área para manter ativo um quilômetro de canal fluvial.

A razão de textura (T) foi classificada como média, pois o valor de 2,78 (Smith, 1950) e modificada por França (1968), corresponde à relação entre o número total de anais e seu perímetro (P), classificando as classes de textura topográfica em: grosseira (< 2,5); média (2,5 a 6,2); e fina (> 6,2).

Tabela 4. Características físicas do Ribeirão Grande.

Características físicas da microbacia	Resultados	Unidade
Parâmetros Dimensionais		
Área (A)	104,170	Km ²
Perímetro (P)	54,318	Km
Comprimento (C)	26,234	Km
Comprimento da drenagem (Cr)	176,446	Km
Comprimento das cotas (Cn)	858,062	Km
Comprimento do canal principal (Ccp)	26,234	Km
Características da Forma e Relevo		
Declividade média (D)	16,474	%
Altitude média (Hm)	553	m
Maior altitude (MA)	706	m
Menor altitude (mA)	400	m
Amplitude altimétrica da microbacia (H)	306	m
Razão de Relevo (Rr)	0,012	-
Fator de forma (Ff)	0,151	-
Índice de circularidade (Ic)	0,444	-

Continua

Continuação

Características físicas da microbacia	Resultados	Unidade
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,490	-
Índices Padrões de Drenagem		
Ordem da microbacia (W)	4 ^a	-
Densidade de drenagem (Dd)	1,694	(km/km ²)
Coeficiente de Manutenção (Cm)	0,590	(km/km ²)
Extensão do Percurso Superficial (Eps)	295,159	m
Gradiente de Canais (Gc)	2,691	%
Índice de Sinuosidade (Is)	2,033	-

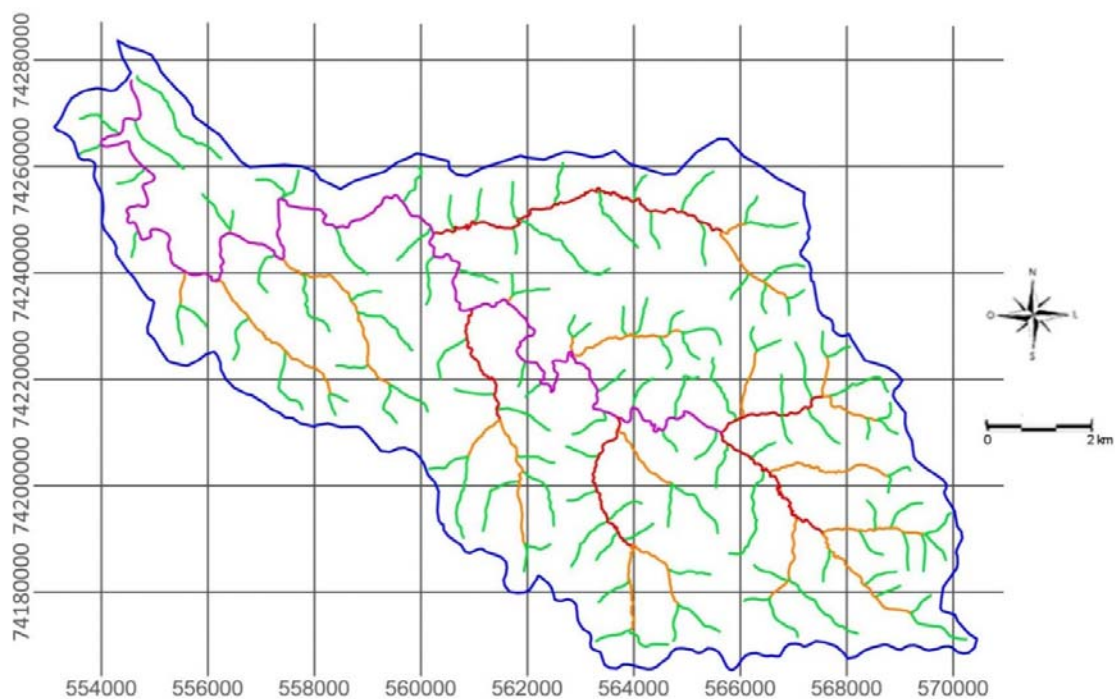


Figura 2. Ordem de ramificação do Ribeirão Grande.

Tabela 5. Hierarquia Fluvial do Ribeirão Grande, Abatiá-PR.

	Hierarquia Fluvial	Número de Rios	Comprimento (m)
	Rios de Primeira Ordem	123	98,682
	Rios de Segunda Ordem	20	33,418
	Rios de Terceira Ordem	5	18,1120
	Rios de Quarta Ordem	1	26,2340
	Total	149	176,446

O índice de sinuosidade de 2,033 mostra uma tendência de canais tortuosos, pois valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo e superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos. Sabe-se, entretanto, que a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais (LANA; ALVES; CASTRO, 2001).

A densidade de drenagem da bacia é de 1,694 Km/Km² (Figura 2), considerada boa (Horton 1945, Strahler 1957, França 1968). Esse índice pode variar de 0,5km/km² em microbacias com drenagem pobre a 3,5km/km², ou mais, em bacias excepcionalmente bem drenadas (VILLELA; MATTOS, 1975), enquanto que microbacias com baixa densidade de drenagem tendem a um baixo escoamento superficial e maior infiltração, fazendo com que a água deixe a bacia hidrográfica com menor velocidade, potencializando riscos de erosão. As microbacias com menor densidade de drenagem possuem um relevo mais suave, rochas resistentes, solo muito permeável ou cobertura vegetal densa (ROCHA, 1991).

A razão de relevo (0,012) é considerada baixa (PIEDADE, 1980), permitindo inferir que o relevo predominante da área não é acidentado, sendo menor o escoamento superficial da água das chuvas, o que reflete numa maior relação infiltração deflúvio, evitando processos erosivos.

A declividade média encontrada na bacia de 16,474% permitiu classificar o relevo como ondulado de acordo com as classes de declividades e tipos de relevo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). Relevos com menor declividade apresentam menor velocidade de escoamento superficial das águas pluviais, diminuindo o lixiviamento do solo e riscos de erosão.

Em relação as Áreas de Preservação Permanentes Ciliares os resultados mostram que a bacia deveria possuir 1092,79ha de áreas de preservação permanente (APP's) ao redor das nascentes e ao longo dos cursos d'água de acordo com a Lei Florestal N° 12.727 de 17 de outubro de 2012, área essa que corresponde à 10,49% do total da bacia (Figura 3) (BRASIL, 2012).

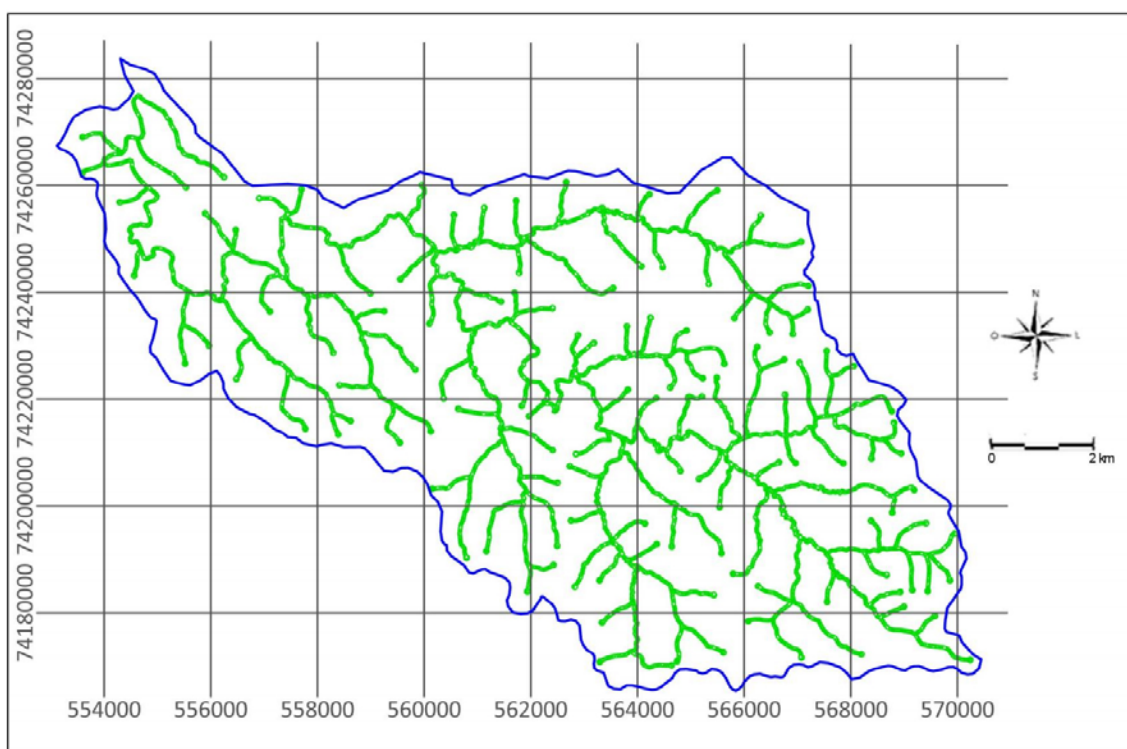


Figura 3. Simulação das APP's do Ribeirão Grande.

CONCLUSÕES

Os valores encontrados para índices relacionados a forma da microbacia demonstram formato mais alongado que circular, permitindo inferir que microbacia possui baixa tendência a enchentes.

O índice de sinuosidade demonstrou tendência a canais tortuosos. O valor da densidade de drenagem permitiu inferir que a microbacia possui um bom sistema de drenagem, com escoamento eficiente das águas pluviais.

A declividade média da microbacia classificou o relevo como ondulado, sendo importante nesse sentido a utilização de práticas conservacionistas como implantação de terraços em nível, caixas de contenção d'água em estradas rurais e manutenção de cobertura vegetal entre outros, evitando aumento de velocidade do escoamento de águas pluviais.

De acordo com a simulação, 10,49% do total da área da bacia devem estar cobertos por áreas de preservação permanente tanto ao redor das nascentes como ao longo dos cursos d'água, de acordo a legislação vigente.

A análise dos índices morfométricos da área de estudo permitiu a avaliação do comportamento da microbacia, configurando como dados importantes no planejamento ambiental, visando principalmente à conservação dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

AMATO, F., SUGAMOSTO, M.L. Sistemas de informações geográficas no controle de desmatamento irregular na área de proteção ambiental de Guaraqueçaba e de ocupação antrópica no entorno do Parque Nacional de Superagüi [CD-ROM]. In: GISBRASIL, 4., 2000, Salvador. *Anais [...]*. Salvador: Fatorgis, 2000. p.264-82.

- ANTONELI, V; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 21, p. 46-58, 2007.
- BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas: manual operativo**. Brasília, DF: Coordenação Nacional do PNMH, Ministério da Agricultura, 1987, 60 p.
- BRASIL. **Lei Florestal 12.727 de 17 de outubro de 2012**. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 23. jan. 2016.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfologia**, Campinas, v. 9, n. 18, p. 35-64, 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.188p.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 2006. 306p.
- FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.
- FRANÇA, G. V. **Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba**. 1968. 151 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.
- GUARIZ, H.R. **Morfometria e atributos físicos do solo da microbacia do Córrego Jaqueira-Alegre, ES**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Alegre, Universidade Federal do Espírito Santo, 2008. 275p.
- HORTON, R. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. New York: **Geological Society of American Bulletin**, v. 56, p. 807-813, 1945.
- LANA, C.L.; ALVES, J.M. de P.; CASTRO, P de T.A. Análise morfométrica da bacia do rio Tanque, MG-Brasil. **Rev. Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 54, n. 2, 2001.
- LEONARDO, H.C.L. **Indicadores de qualidade de solo e água para avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do rio Passo CUE, região oeste do Estado do Paraná**. 2003. 121p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: Ed. ESALQ, 1986. 241 p.
- LINDNER, E.; GOMIG, K.; KOBIYAMA, 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, Brasil. **Anais [...]**. Florianópolis: INPE, 2007. p. 3405-3412.
- MOSCA, A.A.O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas**. 2003. 96p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- PIEDEDE, G.C.R. **Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP**. 1980. 161 p. (Tese de Livre Docência) - FCA/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). **Rev. Bras. Ciências do Solo**, Viçosa, n. 28, p. 297-305, 2004.
- POLLO, R. A. et al. Caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Água da Lucia, Botucatu - SP. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**,

Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 163-174, 2012.

ROCHA, J. S. M. da. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. UFSM, Santa Maria. 1991, 181 p.

RODRIGUES, V. A. Morfometria e mata ciliar da microbacia hidrográfica. In: WORKSHOP EM MANEJO DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS, 8., 2004, Botucatu. **Anais [...]**. UNESP, 2004. p. 7-18.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Bulletin of the Geological Society of America**, Colorado, n. 67, p. 597-646, 1956.

STRAHLER, A. N. Quantitative analyses of watershed geomorphology. **Transactions of American Geophysical Union**, Washington, DC, v. 38, p. 913-920, 1957.

TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2000. 943 p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4).

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