



AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA DA MICROBACIA DO CÓRREGO DO BEBEDOURO, PLANALTO - SP

Felipe de Souza Nogueira Tagliarini¹, Gustavo Cardoso Fernandes², Valdemir Antônio Rodrigues³, Yara Manfrin Garcia⁴ & Sérgio Campos⁵

RESUMO: O trabalho teve como objetivo realizar a caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Córrego do Bebedouro, Planalto-SP, com utilização do Sistema de Informações (SIG) IDRISI 17.0 Selva, do software CartaLinx e da carta topográfica do município de Planalto-SP, editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Foram avaliadas variáveis e parâmetros morfométricos relacionados à dimensão, ao relevo, à forma e à drenagem da microbacia. A microbacia possui área de 665 ha e perímetro de 11,85 km, sendo considerada de 2ª ordem de magnitude. Os resultados relacionados à forma mostraram que a microbacia possui um formato ovalado, o que lhe proporciona mediana tendência a enchentes e erosões. A extensão do percurso superficial de 522,81 m mostra que a microbacia possui grande distância de escoamento da enxurrada, o que aumenta a tendência de conservação da microbacia. O índice de sinuosidade de 1,06 mostra que os canais da microbacia tendem a ser retilíneos, o que permite inferir que o solo é permeável, com boa infiltração de águas. Desta forma, a avaliação das características morfométricas no estudo das bacias hidrográficas constitui-se em uma importante ferramenta que em conjunto com o uso de SIG torna possível o planejamento e gerenciamento dos recursos naturais visando sua conservação.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia hidrográfica, morfometria, sistema de informações geográficas, conservação ambiental.

MORPHOMETRIC EVALUATION OF CORREGO DO BEBEDOURO WATERSHED, PLANALTO - SP

ABSTRACT: The present study aimed to perform the morphometric characterization of the watershed Córrego do Bebedouro, located in Planalto-SP, using the Geographic Information System (GIS) IDRISI 17.0 Selva, CartaLinx software and topographic map of the city of Planalto-SP, edited by the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brazilian Institute of Geography and Statistics). Morphometric variables and parameters related to the size, land relief, shape, and drainage of the watershed were evaluated. The watershed has an area of 665 ha and perimeter of 11.85 km, being considered of 2nd order of magnitude. The results related to the shape showed that this watershed has an ovate shape, which gives it a median tendency to floods and erosions. The extent of the surface course of 522.81 m shows that the watershed has runoff flow of long distance, which increases the tendency of conservation. The sinuosity index of 1.06 shows that the watershed canals tend to be straight, which allows infer that the soil is permeable, with good water infiltration. Thus, evaluation of morphometric characteristics in watershed studies constitutes an important tool that together with GIS use makes the planning and management of natural resources aiming its conservation a possibility.

KEYWORDS: Watershed, morphometry, geographic information system, environmental conservation.

1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica pode ser definida como a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, funcionando como um sistema aberto, em que cada um dos elementos, matérias e energias presentes no sistema apresentam uma função própria e estão estruturados e intrinsecamente relacionados entre si (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A água captada das chuvas dentro da bacia possui dois caminhos, ou infiltra no solo formando lençóis freáticos e nascentes, ou escoar superficialmente para um canal principal e seus afluentes, formando rios e córregos, até sua foz ou exutório. A bacia hidrográfica deságua no mar e as sub-bacias e microbacias hidrográficas deságuam em outros rios (RODRIGUES et al., 2013).

A bacia é um dos meios mais eficientes para o controle de recursos hídricos e edáficos que a integram, tanto no meio rural como urbano, visando o desenvolvimento sustentável no qual se compatibilizam atividades econômicas com a preservação ambiental (PISSARRA et al., 2004; SIQUEIRA et al., 2012; SOUZA; FERNANDES, 2000). Nesse sentido, o planejamento em áreas de bacias hidrográficas é fundamental para a

¹ Faculdade de Ciências Agronômicas (UNESP/FCA).
E-mails: felipe_tagliarini@hotmail.com

², ³, ⁴ e ⁵ Faculdade de Ciências Agronômicas (UNESP/FCA).
E-mails: gustavo_carfer@hotmail.com;
valdemirrodriques@fca.unesp.br ; yaramanfrin@hotmail.com ;
seca@fca.unesp.br

preservação dos recursos hídricos (NARDINI et al., 2013).

Assim, ao utilizar como unidade de pesquisa a bacia hidrográfica, Tundisi (2003) considera que a bacia hidrográfica é um processo descentralizado de conservação e proteção ambiental, sendo um estímulo para a integração da comunidade e a integração institucional.

No que se refere a bacias hidrográficas, existem diversos tipos de parâmetros que podem ser analisados. Vários parâmetros físicos foram desenvolvidos, alguns deles aplicáveis à bacia como um todo, enquanto que outros relativos a apenas algumas características do sistema (LIMA, 2008).

As bases dos estudos com microbacias hidrográficas começa com a análise da 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 (RODRIGUES et al., 2013).

O objetivo da morfometria é estabelecer relações entre os parâmetros mensuráveis de uma bacia hidrográfica e os seus condicionantes, através de índices numéricos que classificam a rede de drenagem. Tais índices numéricos são de fundamental importância na caracterização das potencialidades e áreas de uso de uma bacia, permitindo o seu manejo adequado com diagnósticos e análises de riscos de degradação dos recursos ambientais. Os índices possibilitam, ainda, avaliar o grau de susceptibilidade à erosão da área compreendida e o comportamento da bacia (SIQUEIRA et al., 2012).

Para auxiliar nos estudos de morfometria, tem-se o uso de geotecnologias, que segundo Fitz (2008) podem ser entendidas como as novas tecnologias ligadas às geociências e correlatas, as quais trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão, manejo e em tantos outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico.

As geotecnologias são compostas por soluções em hardware, software e peopleware que juntas constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões. Dentre as geotecnologias destacam-se os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a cartografia digital, sensoriamento remoto, Sistema de Posicionamento Global, geoestatística, entre outras (ROSA, 2005).

Sistema de Informação Geográfica (SIG), segundo Câmara (1993), são sistemas computacionais cujas principais características são: integrar numa única plataforma, informações referentes ao espaço, através de material cartográfico, imagens de satélites e modelos digitais de elevação de terrenos (MDE); combinar informações, através de algoritmos gerando mapas; consultar, recuperar e visualizar informações geocodificadas de banco de dados.

Segundo Valle Junior (2008) a utilização de Sistemas de Informações Geográficas tornou-se uma importante ferramenta de pesquisa, com aplicações nas variadas áreas do conhecimento, sendo um instrumento de grande potencial para o estabelecimento de planos de conservação de solos e água. Permitindo realizar análises espaciais e obter informações de distâncias, comprimentos, perímetros e áreas, sendo assim, uma ferramenta de grande valia para os estudos de morfometria.

O presente trabalho teve como objetivo estudar a morfometria da microbacia do Córrego do Bebedouro localizada no município de Planalto-SP, através do SIG IDRISI e do *software* CartaLinx, relacionando características morfométricas com a tendência de conservação ambiental da microbacia.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A microbacia hidrográfica do Córrego do Bebedouro está inserida na bacia hidrográfica do Baixo Tietê e está localizada no município de Planalto, inserido na meso e microrregião de São José do Rio Preto-SP.

A microbacia do Córrego do Bebedouro (Figura 1) está situada entre as coordenadas geográficas 49° 50' 07" a 49° 47' 48" de longitude W Gr. e 21° 04' 00" a 21° 02' 21" de latitude S, com uma área de 665 ha e perímetro de 11,85 km.

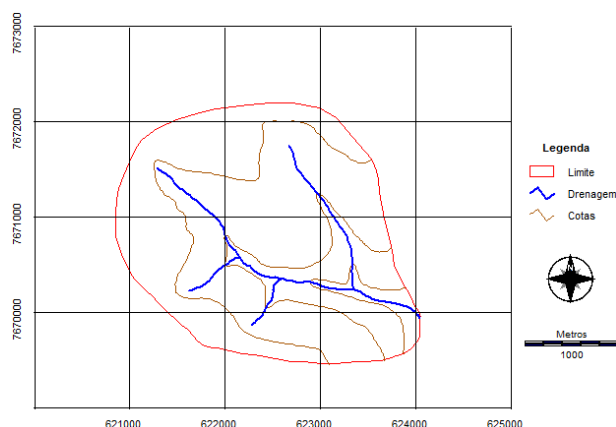


Figura 1 - Localização da microbacia do Córrego do Bebedouro, Planalto-SP.

O clima do município, conforme a classificação de Köppen é do tipo Aw, clima tropical, com verão chuvoso e inverno seco, apresenta precipitação e temperatura médias anuais de 1339,5mm e 23,6°C, respectivamente (CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA - CEPAGRI, 2014).

Segundo a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI (2010), o relevo da região é levemente ondulado, não oferecendo grandes problemas para a realização de atividades agrossilvipastoris. O solo do

município de Planalto é representado por aproximadamente 90% de solos do tipo Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e cerca de 10% de solos hidromórficos, sendo em sua maioria constituída de solos de baixa fertilidade natural.

2.2 MENSURAÇÃO DAS VARIÁVEIS

A delimitação da microbacia hidrográfica foi obtida utilizando-se a carta topográfica do município de Planalto-SP, folha SF-22-X-C-III-1, editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1972), na escala 1:50.000, com equidistância entre as curvas de nível de 20 m.

Para a mensuração computacional foram utilizados o SIG IDRISI 17.0 Selva e o *software* CartaLinx, sendo o primeiro para georreferenciar, confecção do mapa e a medição da área e perímetro e o segundo, para delimitar a bacia, drenagem, cotas e realizar suas medições. A verificação manual, utilizando curvímeter e planímetro também foi importante para averiguação dos valores encontrados.

2.3 VARIÁVEIS E/OU PARÂMETROS MORMOMÉTRICOS

2.3.1 Relacionados à dimensão da microbacia

As variáveis e parâmetros morfométricos relacionados à dimensão da microbacia analisados foram: área (A), que corresponde a superfície total da bacia, incluindo todos os pontos situados a altitudes superiores à da saída da bacia e dentro do divisor topográfico que separa duas bacias adjacentes; perímetro (P), corresponde a linha do divisor topográfico, que circunda e delimita a área da bacia; maior comprimento (C), representa a linha que une a foz até o ponto extremo da bacia, sobre a linha do divisor topográfico, seguindo o vale principal; maior largura (L), compreende a dimensão linear que corta transversalmente o vale principal; comprimento da drenagem (Cr), representa o comprimento total da rede que acompanha a sinuosidade dos segmentos de rios que formam a drenagem da bacia hidrográfica; comprimento dos rios de dada ordem (C_{wn}), corresponde ao comprimento total de todos os segmentos de rios de uma dada ordem "n", que formam a rede de drenagem da microbacia; comprimento do canal principal (C_{cp}), representa o comprimento total do segmento de rio principal, acompanhando sua sinuosidade, desde sua nascente até a foz.

2.3.2 Relacionados ao relevo da microbacia

A declividade média (D%) de uma microbacia é a relação entre a somatória do comprimento das curvas de nível (ΣC_n) multiplicada pela equidistância entre as cotas (ΔH) e dividida pela área (A) da microbacia (CAMPOS et al., 2012). Pode ser calculada pela Equação 1.

$$D = \frac{\sum C_n \times \Delta H}{A} \times 100 \quad (1)$$

Onde D = declividade média (%), ΣC_n = somatória do comprimento das cotas (km), ΔH = equidistância entre as cotas (km), A = área da bacia (km²).

As classes de declividade podem ser separadas em seis intervalos distintos, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2006), apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação das classes de declividade.

Classe de declividade (%)	Tipo de relevo
0 - 3	Plano
3 - 8	Suave Ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte Ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

Fonte: Embrapa (2006)

A altitude média da microbacia (H_m) foi obtida através da média aritmética entre os valores de maior altitude (AM) observada na cabeceira e a menor altitude (am) na foz ou desembocadura, de acordo com Rodrigues e Carvalho (2009). É calculada pela Equação 2.

$$H_m = \frac{AM + am}{2} \quad (2)$$

Onde H_m = altitude média (m), AM = maior altitude (m), am = menor altitude (m).

A amplitude altimétrica (H) é a diferença entre a maior e a menor altitude (AM e am) da microbacia (STRAHLER, 1957). Calculada conforme a Equação 3.

$$H = AM - am \quad (3)$$

Onde H = amplitude altimétrica (m), AM = maior altitude (m), am = menor altitude (m).

De acordo com Nardini et al. (2013) a razão de relevo permite comparar a altimetria de regiões, quanto maiores os valores, mais acidentado é o relevo na região e maior será o escoamento superficial direto da água das chuvas, o que reflete em uma menor relação infiltração-deflúvio, provocando maior risco de erosões. A razão de relevo indica o declive total ou declividade geral da microbacia (STRAHLER, 1957).

A razão de relevo (R_r) segundo Schumm (1956) apud Rodrigues et al. (2011), é obtida através da relação entre a amplitude altimétrica (H) e o seu maior comprimento (C), que corresponde a aproximadamente a direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a

linha do divisor de águas. É calculada conforme a Equação 4.

$$Rr = \frac{H}{C} \quad (4)$$

Onde Rr = razão de relevo, H = amplitude altimétrica (m), C = maior comprimento (m).

Segundo Piedade (1980) apud Pollo et al. (2012), utilizam-se os seguintes valores para quantificar a razão de relevo: baixa entre 0,0 a 0,10; média entre 0,11 a 0,30; e alta entre 0,31 a 0,60.

O coeficiente de rugosidade (Rn), de acordo com Rocha e Kurtz (2001) é determinado pelo produto entre a densidade de drenagem (Dd) e a declividade média (D%). Calculado pela Equação 5.

$$Rn = Dd \times D\% \quad (5)$$

Onde Rn = coeficiente de rugosidade, Dd = densidade de drenagem (km/km²), D% = declividade média (%).

Esse coeficiente é um parâmetro que direciona o uso potencial das terras rurais em bacias hidrográficas, determinando o potencial de uso do solo, para atividades de agricultura, pecuária, silvicultura, reflorestamento ou preservação permanente (SIQUEIRA et al., 2012). Quanto maior for o valor de Rn, maior é a susceptibilidade de ocorrência de erosões dentro da área da microbacia.

Para a interpretação do coeficiente de rugosidade considerou-se a classificação apresentada por Rocha e Kurtz (2001). Onde os coeficientes de rugosidade estão distribuídos em quatro classes: A, B, C, D, com terras propícias respectivamente para: agricultura, pastagens, pastagens/reflorestamento, e reflorestamento (Tabela 2).

Tabela 2 - Classes de usos dos solos de acordo com o coeficiente de rugosidade.

Coeficiente de rugosidade	Classe	Propensão da terra
1,09 - 10,63	A	Agricultura
10,43 - 20,18	B	Pastagens
20,19 - 29,73	C	Pastagens/Reflorestamento
29,74 - 39,28	D	Reflorestamento

Fonte: Adaptado de Rocha e Kurtz (2001).

2.3.3 Relacionados à forma da microbacia

O fator de forma (Ff) correlaciona a forma da microbacia a de um retângulo, é determinado pela razão entre a área da microbacia (A) com o maior comprimento (C) elevado ao quadrado. É calculado pela Equação 6, proposta por Horton (1945). Comparativamente, bacias de fator de forma maior, mais próximos de 1,0, têm

maiores chances de sofrer inundações do que bacias de fator de forma menor (LIMA, 2008).

$$Ff = \frac{A}{C^2} \quad (6)$$

Onde Ff = fator de forma, A = área da bacia (km²), C = maior comprimento (km).

O índice de circularidade (Ic), Equação 7, correlaciona a razão entre a área da microbacia (A) pelo perímetro do divisor topográfico (P) ao quadrado, multiplicado pelo coeficiente da Equação (12,57).

$$Ic = 12,57 \times \frac{A}{P^2} \quad (7)$$

Onde Ic = índice de circularidade, A = área da microbacia (km²), P = perímetro do divisor topográfico (km).

O coeficiente de compacidade (Kc) relaciona o formato de uma bacia com o de um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia (SIQUEIRA et al., 2012). Esse coeficiente (Equação 8) correlaciona a razão do perímetro do divisor topográfico (P) pela raiz quadrada da área da microbacia (A), multiplicado pelo coeficiente da Equação (0,28).

$$Kc = 0,28 \times \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right) \quad (8)$$

Onde Kc = coeficiente de compacidade, P = perímetro do divisor topográfico (km), A = área da microbacia (km²).

Conforme maior for a irregularidade da bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente inferior ou igual a 1,0 corresponde a uma bacia circular, portanto, com maior susceptibilidade a enchentes e assoreamentos na rede de drenagem, para uma bacia alongada, seu valor seria superior a 1,7 com maiores tendências à conservação ambiental (NARDINI et al., 2013; RODRIGUES et al., 2013).

Tabela 3 - Valores, formato e interpretação do fator de forma (Ff), índice de circularidade (Ic) e coeficiente de compacidade (Kc).

Ff	Ic	Kc	Formato	Interpretação ambiental
1,00 a 0,75	1,00 a 0,80	1,00 a 1,25	Redonda	Alta tendência a enchentes
0,75 a 0,50	0,80 a 0,60	1,25 a 1,50	Ovalada	Tendência mediana a enchentes
0,50 a 0,30	0,60 a 0,40	1,50 a 1,70	Oblonga	Baixa tendência a enchentes
< 0,30	< 0,40	> 1,70	Comprida	Tendência a conservação

Fonte: Adaptado de Villela e Mattos (1975) apud Nardini et al. (2013); Rodrigues et al. (2013).

2.3.4 Relacionados à drenagem da microbacia

Segundo Horton (1945) a composição da rede de drenagem, nas diferentes ordens de ramificação de uma bacia permite determinar o número de segmentos de rios de dada ordem (N_{wn}), que corresponde o número total de segmentos de rios de uma dada ordem "n" e o número total de segmentos de rios (N_t) da microbacia, que corresponde a somatória de todos os segmentos de rios das diferentes ordens presentes dentro da área da microbacia.

A razão de bifurcação (R_b) é caracterizada pela relação entre o número de canais de uma dada ordem (N_{wn}) e o número de canais de ordem imediatamente superior (N_{wn+1}) seguinte (HORTON, 1945). É calculada pela média aritmética entre N_{wn} e N_{wn+1} (Equação 9).

$$R_b = \frac{[(N_{wn}/ N_{wn+1}) + (N_{wn+1}/ N_{wn} + 2)]}{2} \quad (9)$$

Onde R_b = razão de bifurcação, N_{wn} = número de segmentos de rio de uma dada ordem.

Segundo Christofolletti (1980), a razão de bifurcação nunca pode ser inferior a 2,0, uma vez que os valores padrões variam entre 3,0 a 5,0, sendo assim, considerado um canal normal.

A frequência de rios (F) correlaciona a relação entre o número de canais de primeira ordem (N_{w1}) com a área da microbacia (A). Foi calculada segundo a descrição realizada por Horton (1945), pela Equação 10.

$$F = \frac{N_{w1}}{A} \quad (10)$$

Onde F = frequência de rios, N_{w1} = número de segmentos de rio de 1ª ordem, A = área da bacia (km^2).

A razão de textura (T), segundo Smith (1950), é a razão entre o número de canais de primeira ordem (N_{w1}) com o perímetro do divisor topográfico (P), obtida pela Equação 11. Esses autores classificam a razão de textura em: grosseira ($T < 2,5$); média (T entre 2,5 a 6,2); e fina ($T > 6,2$).

$$T = \frac{N_{w1}}{P} \quad (11)$$

Onde T = razão de textura, N_{w1} = número de segmentos de rio de 1ª ordem, P = perímetro do divisor topográfico (km).

A densidade de drenagem (D_d) é um índice importante, pois reflete a influência da geologia, topografia, do solo e da vegetação da bacia hidrográfica, está relacionado com o tempo gasto para a saída do escoamento superficial da bacia (LIMA, 2008). É calculada pela razão (Equação 12) entre o comprimento de drenagem (C_r) com a área da microbacia (A), proposta por Horton (1945).

$$D_d = \frac{C_r}{A} \quad (12)$$

Onde D_d = densidade de drenagem (km/km^2), C_r = comprimento da drenagem (km), A = área da bacia (km^2).

De acordo com Cardoso et al. (2006) o estudo da densidade de drenagem indica maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, esse índice indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece indicação da eficiência da drenagem da bacia.

França (1968) apud Rodrigues et al. (2013) classificou a densidade de drenagem em: baixa ($< 1,5 \text{ km}/\text{km}^2$), média ($1,5$ a $2,5 \text{ km}/\text{km}^2$), alta ($2,5$ a $3,0 \text{ km}/\text{km}^2$) e super alta ($> 3,0 \text{ km}/\text{km}^2$), de acordo com o Tabela 4.

Tabela 4 - Valores, classificação e interpretação dos resultados da densidade de drenagem.

Dd (km/km^2)	Classificação	Interpretação ambiental
< 1,5	Baixa	Baixo escoamento superficial e maior infiltração
1,5 a 2,5	Média	Tendência mediana de escoamento superficial
2,5 a 3,0	Alta	Alta tendência ao escoamento superficial e enxurradas
> 3,0	Super alta	Alta tendência ao escoamento superficial, enxurradas e erosões

Fonte: Adaptado de Horton (1945), Strahler (1957), França (1968) apud Rodrigues et al. (2013).

O coeficiente de manutenção dos canais (C_m) é importante para a caracterização do sistema de drenagem, limitando a área mínima necessária para o desenvolvimento e manutenção de um canal de escoamento permanente. De acordo com Nardini et al. (2013), esse coeficiente tem dimensão de comprimento e aumenta em magnitude conforme a área de contribuição aumenta e está expresso pela Equação 13.

$$C_m = \frac{1}{D_d \times 100} \times 100 \quad (13)$$

Onde C_m = coeficiente de manutenção (km/km^2), D_d = densidade de drenagem (km/km^2).

Lana et al. (2001) constataram que quanto menor for o resultado obtido para o coeficiente de manutenção, de uma maneira geral, maior é a riqueza da microbacia em cursos d'água.

A extensão do percurso superficial da água de enxurrada (E_{ps}), determinada pela Equação 14, representa a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente (CHRISTOFOLETTI, 1969).

$$E_{ps} = (1/2 \times D_d) \times 1000 \quad (14)$$

Onde E_{ps} = extensão do percurso superficial (m), D_d = densidade de drenagem (km/km^2).

O gradiente de canais (Gc) consiste na razão entre a maior altitude (AM) pelo comprimento do canal principal (Ccp), expresso em porcentagem (Equação 15). Segundo Horton (1945) a finalidade desse índice é indicar a declividade dos cursos d'água.

$$Gc = \left(\frac{AM}{Ccp} \right) \times 100 \quad (15)$$

Onde Gc = gradiente de canais (%), AM = maior altitude (km), Ccp = comprimento do canal principal (km).

O índice de sinuosidade (Is) é um fator controlador da velocidade de fluxo, pois quanto maior for a sinuosidade, maior a dificuldade encontrada pelo canal no seu caminho à foz, portanto menor a velocidade (VALLE JUNIOR, 2008). Esse índice (Equação 16) consiste na razão entre o comprimento do canal principal (Ccp) pela distância vetorial (dv) entre nascente e foz.

$$Is = \left(\frac{Ccp}{dv} \right) \quad (16)$$

Onde Is = índice de sinuosidade, Ccp = comprimento do canal principal (km), dv = distância vetorial do canal principal (km).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros e variáveis dimensionais são de extrema importância para o estudo da morfometria de microbacias, pois permitem sua caracterização e suas análises de tendência de degradação ou conservação ambiental, uma vez que estes dados conferem todas as informações necessárias para o cálculo dos demais parâmetros morfométricos, além da correta interpretação da microbacia.

Os resultados encontrados para as variáveis e parâmetros morfométricos relacionados à dimensão, ao relevo, à forma e drenagem, da microbacia do Córrego do Bebedouro estão presentes na Tabela 5.

Tabela 5 - Características morfométricas da microbacia do Córrego do Bebedouro.

Variáveis e/ou parâmetros morfométricos	Unidade	Resultados
Relacionados à dimensão		
Área (A)	km ²	6,65
Perímetro (P)	km	11,85
Maior comprimento (C)	km	3,56
Maior largura (L)	km	2,75
Comprimento da drenagem (Cr)	km	6,36
Comprimento dos rios 1 ^a ordem (Cw1)	km	4,31
Comprimento dos rios 2 ^a ordem (Cw2)	km	2,05
Comprimento do canal principal (Ccp)	km	3,38
Distância vetorial do canal principal (dv)	km	3,18
Comprimento das cotas (Cn)	km	14,81
Relacionados ao relevo		
Declividade média (D)	%	4,45
Menor altitude (am)	m	420
Maior altitude (AM)	m	460
Altitude média (Hm)	m	440
Amplitude altimétrica (H)	m	40
Razão de relevo (Rr)	-	0,011
Coefficiente de rugosidade (Rn)	-	4,26
Relacionados à forma		
Fator de forma (Ff)	-	0,52
Índice de circularidade (Ic)	-	0,60
Coefficiente de compacidade (Kc)	-	1,29
Relacionados à drenagem		
Ordem da microbacia (w)	-	2 ^a
Número de segmentos de rios de 1 ^a ordem (Nw1)	-	4
Número de segmentos de rios de 2 ^a ordem (Nw2)	-	3
Número total de segmentos de rios (Nt)	-	7
Razão de bifurcação (Rb)	-	1,33
Frequência de rios (F)	-	0,60
Razão de textura (T)	-	0,34
Densidade drenagem (Dd)	km/km ²	0,96
Coefficiente de manutenção (Cm)	km/km ²	1,05
Extensão do percurso superficial (Eps)	m	522,81
Gradiente de canais (Gc)	%	13,61
Índice de Sinuosidade (Is)	-	1,06

A microbacia possui área (A) de 6,65 km², com perímetro (P) de 11,85 km, comprimento de drenagem (Cr) de 6,36 km e comprimento do canal principal (Ccp) de 3,38 km.

A declividade média (D) da microbacia estudada foi de 4,45 %, que segundo a classificação de solos da Embrapa (2006) para classes de declive, o relevo da microbacia é considerado como suave ondulado. Essa baixa declividade gera um escoamento superficial de menor velocidade, o que permite maior infiltração das águas das chuvas, resultando em sistema hidrológico melhor regulado dentro da bacia.

A amplitude altimétrica (H) encontrada na área foi de 40 m, um diferencial entre a maior altitude (AM) de 460 m e a menor altitude (am) de 420 m, a altitude média (Hm) obtida pela média aritmética entre AM e am foi de 440 m.

A razão de relevo (Rr) encontrada foi de 0,011, o que segundo Piedade (1980) apud Pollo et al. (2012) classifica a Rr da microbacia como sendo baixa. Esse parâmetro é importante, pois determina a maior ou menor velocidade da água que escoar na bacia, no caso para a microbacia em estudo, indica uma menor velocidade de escoamento superficial, possibilitando assim, uma melhor infiltração de água no solo.

O valor do coeficiente de rugosidade (Rn) encontrado foi de 4,26 assim classificando o solo da microbacia como classe A, terra propícia a atividades de agricultura, segundo classificação proposta por Rocha e Kurtz (2001).

Os resultados dos parâmetros relacionados à forma apresentados na Tabela 5, evidenciaram que através do fator de forma (Ff), índice de circularidade (Ic) e coeficiente de compacidade (Kc), a microbacia pode ser classificada como sendo ovalada, apresentando tendência mediana a enchentes, de acordo com classificação proposta por Villela e Mattos (1975) apud Nardini et al. (2013); Rodrigues et al. (2013).

Apresentando um total de sete segmentos de rios (Nt), com 4 segmentos de 1ª ordem (Nw1) e 3 segmentos de 2ª ordem (Nw2), esta microbacia é caracterizada como sendo de w2ª (w), Figura 2, segundo critérios descritos por Horton (1945) e Strahler (1957). Com relação a razão de bifurcação (Rb) de 1,33, o resultado obtido foi inferior ao limite mínimo de 2,0 para ser considerado um canal normal, de acordo com classificação proposta por Christofolletti (1980).

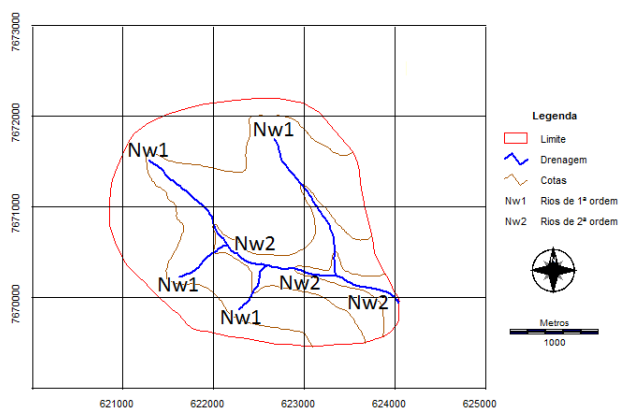


Figura 2 - Ordem dos rios da microbacia do Córrego do Bebedouro, Planalto-SP.

A microbacia possui uma frequência de rios (F) de 0,60. Com relação à razão de textura (T), o valor encontrado foi de 0,34, sendo classificada como grosseira, segundo classificação proposta por Smith (1950).

Com relação à densidade de drenagem (Dd) o resultado encontrado foi de 0,96 km/km², o que segundo classificação proposta por Horton (1945) e adaptada por França (1968) apud Rodrigues et al. (2013), permite classificar a Dd como sendo baixa, com baixo escoamento superficial e maior infiltração, o que possibilita inferir que o solo da microbacia é permeável e a infiltração da água ocorre de forma mais eficiente.

O coeficiente de manutenção (Cm) apresentou resultado de 1,05 km/km², com base nesse valor de Cm apresentado, pode-se afirmar que de uma maneira geral, a microbacia possui uma baixa riqueza de cursos d'água.

Para a extensão do percurso superficial (Eps) o valor encontrado foi de 522,81 m. Quanto maior for a distância do percurso de escoamento das enxurradas das chuvas, maior é o tempo de concentração da água, causando menores alagamentos e garantindo uma maior conservação da microbacia.

O resultado para o gradiente de canais (Gc) foi de 13,61%. Segundo Horton (1945), a finalidade desse índice é indicar a declividade dos cursos d'água, o valor encontrado mostra que os canais tendem a possuir mediana a baixa declividade.

Já com relação ao índice de sinuosidade (Is) o valor encontrado foi de 1,06, com isso, de acordo com classificação proposta por Lana et al. (2001) os canais da microbacia tendem a serem retilíneos.

4 CONCLUSÕES

Os valores encontrados para o fator de forma, coeficiente de compacidade e índice de circularidade por meio do uso de Sistema de Informação Geográfica, demonstraram que a microbacia possui forma ovalada, o que caracteriza mediana tendência a enchentes e erosões, devido à predominância de seu formato.

O valor encontrado para a extensão do percurso superficial mostra que a microbacia possui grande distância de escoamento da enxurrada, resultando em maior tempo de concentração da água, diminuindo a tendência de erosão e aumentando a conservação da microbacia.

O índice de sinuosidade demonstrou tendência a canais retilíneos e a baixa densidade e drenagem permitiu inferir que o solo é permeável com infiltração da água mais eficiente.

Com base no exposto, pode-se inferir que a microbacia do Córrego do Bebedouro está em boas condições de conservação ambiental no que se diz respeito a análise em relação a sua morfometria.

A análise da morfometria da microbacia contribuiu para a compreensão de forma integrada da natureza do sistema como um todo, através das variáveis e parâmetros levantados, estabelecendo relação entre os processos e a morfologia resultante.

5 REFERÊNCIAS

- CAMARA, G. **Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas**: visão atual e perspectiva de evolução. In: ASSAD, E., SANO, E., ed. Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. Brasília, DF, Embrapa, 1993.
- CAMPOS, S.; SILVA, C. O.; GARCIA, Y. M. Avaliação Morfométrica da Microbacia do Ribeirão Benfca - Piquete (SP). **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã, v. 8, n. 2, p. 407-421, 2012.
- 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.
- CATI. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. **Plano municipal de desenvolvimento rural sustentável 2010-2013**: Município de Planalto-SP. 2010. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/new/cmdr_plano.php?cod_mun=437>. Acesso em: 21 abr. 2014.
- CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. **Clima dos municípios paulistas – Planalto**. 2014. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_445.html>. Acesso em: 15 abr. 2014.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfologia**, Campinas, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 2006. 306 p.
- FITZ, P. R. **Geoprocessamento Sem Complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of American Bulletin**, New York, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Carta topográfica**: folha de Planalto (SF-22-X-C-III-1). Serviço gráfico do IBGE, 1972. Escala 1:50.000.
- LANA, C. E.; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio Tanque, MG - Brasil. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, vol. 54, n. 2, p. 121-126, 2001.
- LIMA, W. P. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Departamento de Ciências Florestais Piracicaba - São Paulo. Piracicaba, 2008.
- NARDINI, R. C.; POLLO, R. A.; CAMPOS, S.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G. Análise Morfométrica e Simulação das Áreas de Preservação Permanente de uma Microbacia Hidrográfica. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 687-699, 2013.
- PISSARRA, T. C. T., POLITANO, W. E FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal-SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 297-305, 2004.
- POLLO, R. A.; BARROS, B. S. X.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G.; RODRIGUES, V. A. Caracterización morfométrica de la cuenca del Arroyo Agua da Lucia, Botucatu-SP. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 163-174, 2012.
- ROCHA, J. S. M.; KURTZ, S. M. J. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. 4. ed. Santa Maria: UFSM/CCR, 2001. 120 p.
- RODRIGUES, V. A.; CARDOSO, L. G.; POLLO, R. A.; RE, D. S.; PISSARRA, T. C. T.; VALLE JUNIOR, R. F. Análise morfométrica da microbacia do Ribeirão das Araras-SP. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v. 21, n. 1, p. 25-37, 2013.
- RODRIGUES, V. A.; CARVALHO, W. A. Morfometria da Microbacia do Córrego Água Limpa. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 39, n. 39, p. 15-24, 2009.

RODRIGUES, V. A.; FENNER, P. T.; AMARAL, L. P.; BANTEL, C. A.; IMANA, J. E.; ENCINAS, O. B. Degradação ambiental da microbacia do ribeirão Tamanduá em relação com sua morfometria. **Revista Forestal Venezuelana**, Mérida, v. 1, n. 55, p. 23-28, 2011.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, 16, p. 81-90, 2005. Disponível em: <<http://www.cchla.ufrn.br/geoesp/arquivos/artigos/ArtigoAmbienteGeotecnologias.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

SIQUEIRA, H. E.; TIBERY, L. R.; GUIDOLINI, J. F.; VALLE JUNIOR, R. F.; RODRIGUES, V. A. Análise morfométrica e definição do potencial de uso do solo da microbacia do Rio Veríssimo, Veríssimo - MG. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 2236-2248, 2012.

SMITH, K. G. Standards for grading texture of erosional topography. **American Journal of Science**, New Haven, v. 248, n. 9, p. 655-668, 1950.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p. 15-20, nov./dez. 2000.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, Washington, DC, v. 38, n. 6, p. 913-20, 1957.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, IIE, 2003.

VALLE JUNIOR, R. F. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. 2008. 222 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2008.