

ANÁLISE MORFOMÉTRICA E SIMULAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA

RAFAEL CALORE NARDINI¹; RONALDO ALBERTO POLLO²; SÉRGIO CAMPOS³; ZACARIAS XAVIER DE BARROS³; LINCOLN GEHRING CARDOSO³; LUCIANO NARDINI GOMES⁴

1 Doutorando do Programa de Pós Graduação em Agronomia/ Irrigação e Drenagem, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Rua José Barbosa de Barros, 1780, CP - 237, CEP 18610-307, Botucatu-SP: rcnardini@fca.unesp.br.

2 Doutorando do Programa de Pós Graduação em Agronomia/ Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Rua José Barbosa de Barros, 1780, CP - 237, CEP 18610-307, Botucatu-SP: rapollo@fca.unesp.br.

3 Prof. Titular, Depto. de Enga Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu-SP: seca@fca.unesp.br

4 Prof. Adjunto, Depto. de Geociências, Universidade Estadual de Londrina, UEL, Londrina – PR: lunago@gmail.com

1 RESUMO

A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas é de fundamental importância no auxílio para planejamento dessas áreas com a finalidade de preservação ambiental e manutenção de produção de água em quantidade e qualidade. O presente estudo teve como objetivo caracterizar a morfometria e realizar a simulação das áreas de preservação permanente segundo o Código Florestal Brasileiro da microbacia hidrográfica do Ribeirão Água - Fria. A área estudada localiza-se no município de Bofete-SP, entre as coordenadas geográficas: 48° 09' 30" a 48° 18' 30" de longitude WGr. e 22° 58' 30" a 23° 04' 30" de latitude S. Os resultados apresentaram uma microbacia de 5ª ordem com área de 152,43 km², baixa densidade de drenagem de 1,04 km²/km². Apresentou circularidade de 0,51 e fator de forma de 0,41, considerado baixo, indicando uma forma oblonga/ovalada. O índice de sinuosidade de 1,29 indica tendência a canais retilíneos, com coeficiente de compacidade no valor de 1,38 e distância do escoamento da enxurrada de 520m. A simulação das áreas de preservação permanente mostra um modelo ideal de como deveriam estar protegidas as nascentes e cursos d'água segundo o Código Florestal Brasileiro, totalizando uma área de 10,02 km².

Palavras-chave: microbacia hidrográfica; morfometria; parâmetros dimensionais.

**NARDINI, R.C.; POLLO, R.A.; CAMPOS, S.; BARROS, Z.X.; CARDOSO, L.G.;
GOMES, L.N.**

MORPHOMETRIC ANALYSIS AND SIMULATION OF PERMANENT PRESERVATION AREAS OF A MICRO WATERSHED

2 ABSTRACT

The morphometric characterization of watersheds is of great importance in assisting the planning of these areas to preserve the environment and maintain the quantity and quality of

water production. The aim of this study was to characterize the morphology and simulate the areas of permanent preservation according to the Brazilian Forest Code of watershed of the Água-Fria stream. The studied area is located in the municipality of Bofete-SP, between the geographic coordinates: 48° 09' 30" to 48° 18' 30" longitude (WGr) and 22° 58' 30" to 23° 04' 30" latitude S. The results showed a 5th order micro watershed with an area of 152.43 km² and low drainage density of 1.04 km/km². Circularity was 0.51 and form factor was 0.41, which is considered low, and therefore with an oblong/oval shape. The sinuosity index of 1.29 revealed a tendency of rectilinear channels with compactness coefficient value of 1.38 and distance of runoff flow of 520m. Simulation of areas of permanent preservation shows an ideal model as the way springs and watercourses should be protected according to the Brazilian Forest Code, amounting to an area of 10.02 km².

Keywords: micro watershed, morphometry, dimensional parameters.

3 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural fundamental para a sobrevivência humana e o desenvolvimento da sociedade. A falta de conservação de áreas de produção e armazenamento de água torna esse recurso natural cada vez mais escasso. Nesse sentido, o planejamento em áreas de bacias hidrográficas é fundamental para a preservação dos recursos hídricos.

O uso de técnicas e cálculos utilizados de forma a quantificar e caracterizar morfométricamente bacias hidrográficas são de importância fundamental no auxílio para planejamento dessas áreas, com a finalidade de preservação ambiental e manutenção de produção de água em quantidade e qualidade.

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 (Antoneli & Thomaz, 2007).

As definições propostas para bacia hidrográfica assemelham-se ao conceito dado por Barrella (2001), sendo definido como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano.

A bacia hidrográfica tem sido utilizada como uma unidade geomorfológica fundamental, isso se deve ao fato de suas características governarem, no seu interior, todo o fluxo superficial da água. Assim, vem sendo considerada uma unidade territorial ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais (Pissarra et al., 2004).

A formação da bacia hidrográfica depende da natureza dos processos de escoamento e infiltração da água das chuvas, porque a relação infiltração/deflúvio influencia de modo determinante a ação de escavamento do vale. Essa formação é bastante complexa e a avaliação das características geomórficas quantitativas é de extrema importância para elucidar

a relação entre a rede de drenagem e a bacia por ela drenada, bem como, para analisar as possibilidades e limitações quanto ao uso e manejo do solo (Horton, 1945).

A bacia hidrográfica é um sistema geomorfológico aberto, que recebe energia através de agentes climáticos e perde através do deflúvio. A bacia hidrográfica como sistema aberto pode ser descrita em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão e, desta forma, uma bacia, quando não perturbada por ações antrópicas, encontra-se em equilíbrio dinâmico (Lima, 1994).

A bacia hidrográfica é um conjunto de terras separadas topograficamente entre si por divisores de águas, onde um rio principal e seus afluentes recebem as águas das chuvas. A bacia hidrográfica é também denominada de bacia de captação quando atua como coletora das águas pluviais, ou bacia de drenagem quando atua como uma área que está sendo drenada pelos cursos d'água (Silva, 1995).

As matas ciliares em torno da rede de drenagem nas microbacias exercem importantes funções hidrológicas e ecológicas de proteção dos solos, dos recursos hídricos, da biodiversidade, abrigo da fauna, manutenção da qualidade da água e regularização dos cursos d'água e de acordo com Código Florestal Brasileiro, são áreas de preservação permanente (Rodrigues, 2004).

Neste trabalho utilizou-se a classificação da ordem das ramificações proposta por Strahler (1957), onde os canais de primeira ordem não possuem tributários; os canais de segunda ordem se originam do encontro de dois canais de primeira ordem; os canais de terceira ordem originam-se da junção de dois canais de segunda ordem, e assim sucessivamente. Quando canais de ordem elevada recebem canais de ordem inferior, prevalece sempre o de ordem elevada (Silveira, 2001).

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 et al., 2007).

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

O presente trabalho teve como objetivo a análise morfométrica de alguns parâmetros físicos e a simulação das áreas de preservação permanente da microbacia do Ribeirão Água - Fria, segundo o Código Florestal Brasileiro.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia do Ribeirão Água – Fria localiza-se no município de Bofete-SP, entre as coordenadas geográficas 48° 09' 30" a 48° 18' 30" de longitude W Gr., 22° 58' 30" a 23° 04' 30" de latitude Sul, com uma área de 152,43Km². Encontra-se na intersecção de quatro cartas planialtimétricas editadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE em 1969, folhas de Botucatu (SF-22-R-IV-3), Conchas (SF-22-X-II-2), Anhembi (SF-22-R-IV-4) e Pardinho (SF-22-X-II-1), em escala 1:50.000, com equidistância vertical de 20m (Figura 1).

O clima, segundo a classificação de Köppen é o Cwa, caracterizado como mesotérmico de inverno seco e verão quente com precipitação pluvial de 1400mm anuais e 600m de altitude.

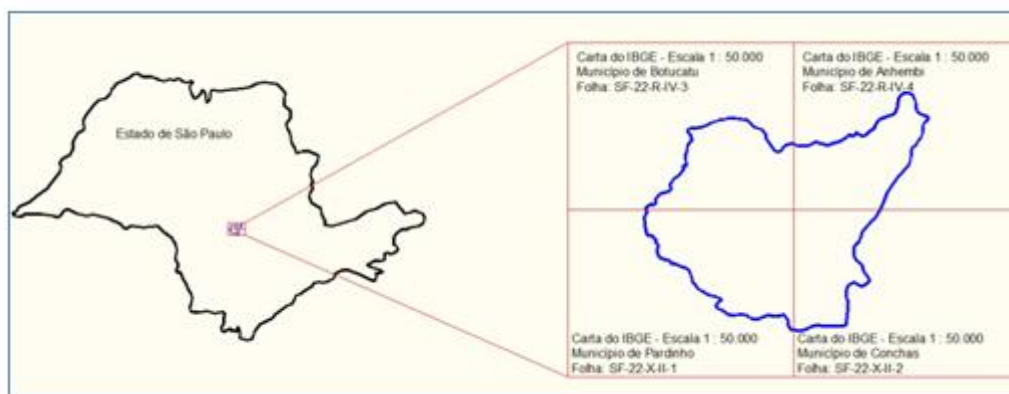


Figura 1. Localização da microbacia do Ribeirão Água Fria – Bofete (SP).

A delimitação de uma bacia hidrográfica é dada pelas linhas divisoras de água que demarcam seu contorno. Estas linhas são definidas pela conformação das curvas de nível existentes nas cartas planialtimétricas e ligam os pontos mais elevados da região em torno da drenagem (Argento & Cruz, 1996). Com o auxílio do software AutoCad foi realizada a importação das cartas em formato digital, onde posteriormente realizou-se o georreferenciamento para definição do limite, acompanhando-se os pontos mais elevados em torno da rede de drenagem. As cotas altimétricas foram demarcadas com base nas cartas, bem como a rede de drenagem, acompanhado-se os rios e corpos d'água existentes na microbacia, através da ferramenta Edit polyline. A determinação dos parâmetros dimensionais da microbacia como maior comprimento (C), correspondente a aproximadamente a direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas; maior largura (L) que corta transversalmente o vale principal; comprimento do rio principal (Cp) 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 microbacia e área (A); circunscrita pela linha do divisor de águas que delimita a microbacia. 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.

Esses valores permitiram realizar os cálculos para determinação das características relacionadas à forma da microbacia. O Coeficiente de Compacidade (Kc): relação entre a forma da bacia com um círculo. De acordo com Villela & Mattos (1975), esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Se a bacia 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:

$$Kc = 0,28 * (P/A^{1/2}) \quad (1)$$

Onde: Kc - Coeficiente de compacidade;
P - Perímetro em m;
A - Área de drenagem em m².

Tabela 1. Valores e interpretação de fator de forma (Ff), índice de circularidade (Ic) e, coeficiente de compacidade (Kc).

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

Fonte: adaptado de Villela & Mattos (1975)

Na determinação do índice de circularidade foi utilizado a equação:

$$IC = 12,57 * A/P^2 \quad (2)$$

Onde: IC - Índice de circularidade (IC);
A - Área de drenagem em m²;
P - Perímetro em m.

Para definição de alguns índices que permitam visualizar a forma de uma bacia comparam-se algumas figuras geométricas conhecidas. Assim, o coeficiente de compacidade e o índice de circularidade compara uma bacia a um círculo, enquanto que o fator de forma compara a um retângulo. A forma da bacia e a configuração do sistema de drenagem, estão associadas a estrutura geológica do terreno. Segundo Villela & Mattos (1975), uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo valor de área, porém com fator de forma maior. O fator de forma (Ff) foi determinado, utilizando-se a seguinte equação:

$$Ff = A/L^2 \quad (3)$$

Onde: Ff - Fator de forma;
A - Área de drenagem em m²;
L - Comprimento do eixo da bacia em m.

Quanto às características relacionadas à drenagem, foram estudadas a ordem, densidade de drenagem, gradiente de canais, extensão do percurso superficial da enxurrada, coeficiente de manutenção, razão de textura e índice de sinuosidade dos canais.

A ordem da microbacia (W) é uma classificação da rede de drenagem, com a identificação e quantificação de todos os canais (Strahler, 1957). 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. França (1968) classificou a densidade de drenagem em: baixa (< 1,5), média (1,5 a 2,5) e alta (> 2,5), de acordo com a (Tabela 2). De acordo com Horton (1945), o gradiente de canais tem por finalidade indicar a declividade dos cursos d'água, determinado pela equação:

$$Gc = (AM/Ccp) * 100 \quad (4)$$

Onde: Gc - Gradiente de canais em %;
 AM - Altitude máxima em m;
 Ccp - Comprimento do canal principal em m.

Tabela 2. Valores e interpretação de densidade de drenagem.

Dd	Interpretação Ambiental	Interpretação ambiental da microbacia
< 1,5	Baixa	Baixo escoamento superficial e maior infiltração
1,50 – 2,5	Média	Tendência mediana de escoamento superficial.
2,5 – 3,0	Alta	Alta tendência ao escoamento superficial e enxurradas.
> 3,0	Super-alta	Alta tendência ao escoamento superficial, enxurradas e erosão.

Adaptado de: (Horton 1945, Strahler 1957, França 1968).

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

$$Eps = (1/2 * Dd) * 1000 \quad (5)$$

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 (Cm) 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.

$$Cm = 1/(Dd * 100) * 100 \quad (6)$$

Onde: Cm - Coeficiente de manutenção;
 Dd - Densidade de drenagem.

Razão de textura é numero de rios dividido pelo perímetro da bacia, segundo Smith (1950), modificado por (França, 1968).

$$T = Nt * P \quad (7)$$

Onde: T - Razão de textura;
 Nt - Número de segmentos de rios;
 P - Perímetro da microbacia em metros.

Índice de sinuosidade 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:

$$I_s = C_{cp}/d_v \quad (8)$$

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

Valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo. Valores superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos e os valores tortuosos indicam formas transicionais, regulares e irregulares. 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, 2001).

Quanto as características relacionadas ao relevo, determinou-se a amplitude altimétrica que é dado pela diferença entre a maior altitude à montante e a menor altitude à jusante da microbacia.

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

$$R_r = H/C \quad (9)$$

Onde: R_r - Razão de relevo em m;
 H - Maior altitude;
 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 microbacia (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 a somatória do comprimento das cotas ($\sum C_n$) em km pela equidistância entre as cotas (ΔH), pela área (A) em km² (Lima, 1986), calculada através da seguinte equação:

$$D (\%) = (\sum C_n * \Delta H)/A \quad (10)$$

Onde: D - Declividade média da microbacia em %;
 C_n - Somatória das curvas de nível da microbacia em Km;
 H - Equidistância vertical entre curvas de nível em Km;
 A - Área da microbacia em Km².

Para a definição das áreas de preservação permanente (APP's) utilizou-se o comando Offset do software AutoCAD, o qual proporcionou a criação de 50m de raio das áreas das nascentes e de 30m de cada lado da drenagem ao longo do leito do córrego, resultando no mapa de APP's, fundamentado na resolução CONAMA n° 303/2002, Art. 3°: “constitui, Área de Preservação Permanente, a área situada em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima de trinta metros, para o curso d’água com menos de 10 metros de largura”, e no Código Florestal (Lei 4.771/1965), que considera essas áreas, cobertas ou não por vegetação nativa: “com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise (Figura 2 e Tabela 3) mostra que quanto à ordem, foram identificados e quantificados todos os canais da rede de drenagem, onde obteve-se um comprimento total de 158,58km de extensão (Figura 2 e Tabela 3). Obteve-se 74 canais de primeira ordem (Nw1); 20 canais de 2° ordem (Nw2); 5 canais de 3° ordem (Nw3); 2 canais de 4° ordem (Nw4); 1 canal de 5° (Nw5). A microbacia é de 5° ordem de ramificação segundo o sistema de classificação proposto por Strahler (1957) e Lima (1986).

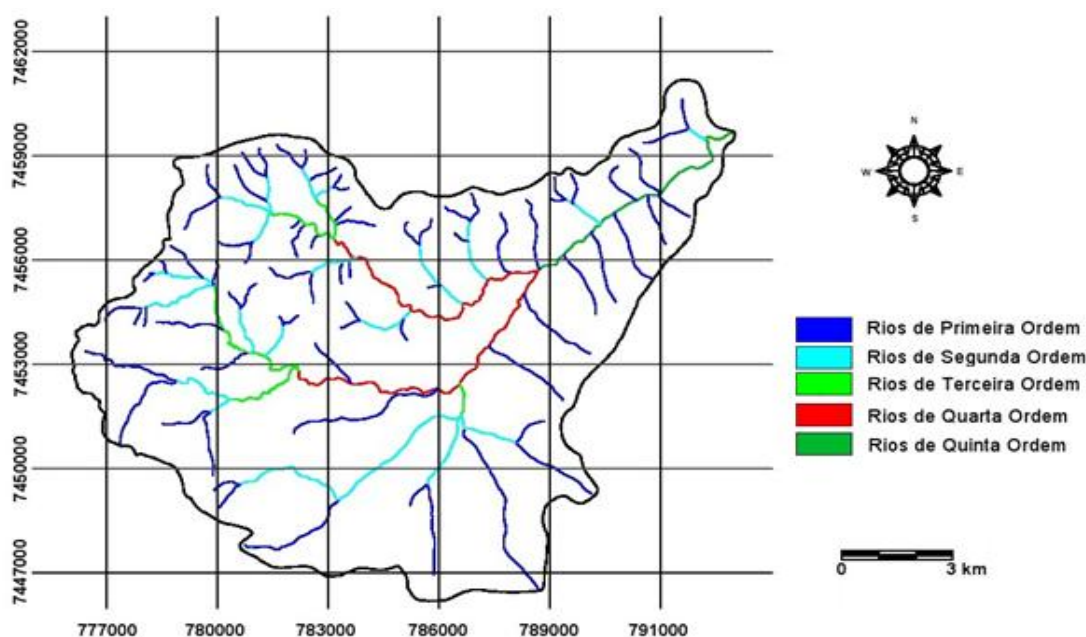


Figura 2. Hierarquia fluvial da microbacia do Ribeirão Água-Fria, Bofete-SP.

Tabela 3. Hierarquia fluvial da microbacia do Ribeirão Água-Fria, Bofete-SP.

Ordem dos Rios	Quantidade	Valores (km)
1 ^a	74	95,83
2 ^a	20	34,57
3 ^a	5	23,25
4 ^a	2	17,30
5 ^a	1	7,64
Total	102	178,59

A microbacia apresentou uma densidade de drenagem de 1,04km de rios/km². Segundo a classificação de Horton (1945), modificada por Strahler (1957), a densidade de drenagem baixa, permite inferir que o solo é permeável e a infiltração da água é mais eficiente.

A extensão do percurso superficial (Eps), distância percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente foi de 520 metros.

A rede de drenagem apresenta razão de bifurcação de 3,43 (Tabela 4). Segundo Christofolleti (1980), no sistema de ordenação de Strahler (1952), verifica-se que o resultado obtido na relação de bifurcação nunca pode ser inferior a 2, sendo que valores padrão, variam entre 3 a 5, sendo considerado um canal normal. A frequência de rios de primeira ordem é de 0,48 e o coeficiente de manutenção, área mínima necessária para a existência de um canal de drenagem é de 0,85km/km², Schumm (1956).

O índice de sinuosidade apresentou valor de 1,29. Valores próximos a 1 indicam que os canais tendem a serem retilíneos, já os valores superiores a 2,0, indicam que os canais tendem a ser tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares. Dessa forma, a microbacia do Ribeirão Água-Fria possui canais com tendência à traçados retilíneos e, segundo Antoneli & Thomaz (2007), esse tipo de canal favorece um maior transporte de sedimentos.

Tabela 4. Características físicas da microbacia do Ribeirão Água-Fria, Bofete (SP).

Características físicas da microbacia	Unidade	Resultados
Parâmetros Dimensionais		
Área (A)	km ²	152,43
Perímetro (P)	Km	60,98
Comprimento (C)	Km	19,15
Comprimento da drenagem (Cr)	Km	158,58
Comprimento das cotas (Cn)	Km	1173,00
Comprimento do canal principal (Ccp)	Km	24,20
Características da Forma e Relevô		
Declividade média (D)	%	15,4
Altitude média (Hm)	M	699,5
Maior altitude (MA)	M	935
Menor altitude (mA)	M	464
Amplitude altimétrica da microbacia (H)	M	471
Razão de Relevô (Rr)	-	0,02
Fator de forma (Ff)	-	0,41
Índice de circularidade (Ic)	-	0,51
Coeficiente de compacidade (Kc)	-	1,38
Índices Padrões de Drenagem		
Ordem da microbacia (W)	-	5a
Densidade de drenagem (Dd)	(km/km ²)	1,04
Coeficiente de Manutenção (Cm)	(km/km ²)	0,96
Extensão do Percurso Superficial (Eps)	M	520,00
Gradiente de Canais (Gc)	%	3,86
Índice de Sinuosidade (Is)	-	1,29

A razão de textura (T) foi classificada como grosseira, com valor de 1,67, uma vez que segundo Smith (1950) e modificada por França (1968), corresponde à relação entre o número de canais de primeira ordem (Nw1) e seu perímetro (P), classificando as classes de textura topográfica em: grosseira ($T < 2,5$); média (T entre 2,5 a 6,2); e fina ($T > 6,2$).

A declividade média encontrada foi de 15,4 %, classificando o relevo como “forte ondulado” de acordo com as classes de declividades e tipos de relevo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (1999).

A amplitude altimétrica é a diferença entre a cota máxima e mínima, sendo a maior altitude (AM) de 935 metros á montante da microbacia e menor altitude (Am) de 464 metros á jusante da mesma. A altitude média da microbacia é de 699,5 metros e o comprimento das cotas de 1173km. O fator de forma, o índice de circularidade e o coeficiente de compacidade da microbacia (Tabela 1), apresentaram um formato oblonga/ovalada, indicando uma baixa à mediana tendência à enchentes, inundações e erosões pela predominância do formato circular da microbacia (Figura 2). Macedo et al. (2010) e Vieira et al. (2012), também constataram que esses coeficientes implicam em uma baixa susceptibilidade à enchentes. Os resultados da simulação das áreas de APP's mostram que a microbacia deveria possuir 10,02km² de APP's tanto ao redor das nascentes como ao longo dos cursos d'água de acordo o Código Florestal Brasileiro, correspondendo à 6,57% do total da área (Figura 3).

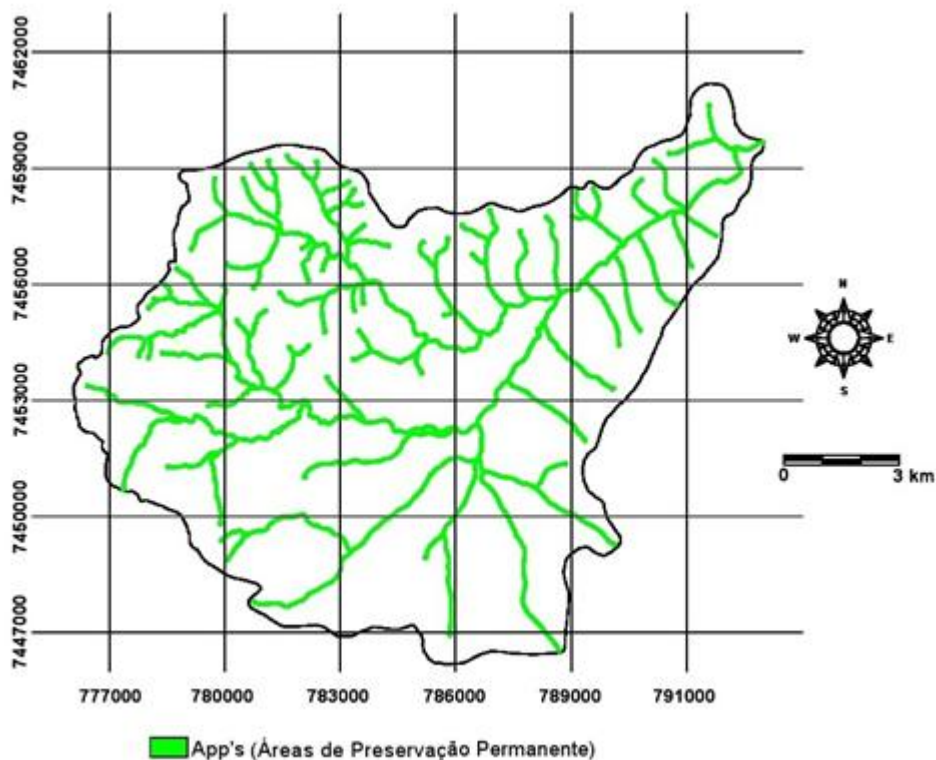


Figura 3. Simulação das áreas de preservação permanente da microbacia do Ribeirão Água-Fria, Bofete-SP, de acordo com o Código Florestal Brasileiro.

6 CONCLUSÕES

- De acordo com a simulação das áreas de preservação permanente, a microbacia deveria possuir em torno de 10,02 km² de APP's de acordo com o Código Florestal Brasileiro.
- Os valores encontrados para o fator de forma, coeficiente de compacidade e índice de circularidade, demonstram que a microbacia possui forma oblonga/ovalada, o que caracteriza uma baixa à mediana tendência à enchentes devido a predominância de seu formato circular.
- 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.
- 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.
- Os resultados da morfometria permitiram concluir que a microbacia apresenta baixa susceptibilidade à erosão e degradação ambiental, sendo a manutenção e recuperação das matas ciliares essenciais à conservação dos recursos hídricos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

ARGENTO, M. S. F., CRUZ, C. B. M. Mapeamento geomorfológico. In: **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 264-82, 1996.

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. **Código Florestal Brasileiro**. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Revogado pela Lei nº 12.652, de 2012. Disponível em : <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14771.htm>. Acesso em: 21 ago. 2013.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 303, de 20 de Março de 2002**. Dispõe sobre as áreas de preservação permanente. Disponível em : <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14771.htm>. Acesso em: 21 set. 2013.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfologica**, Campinas, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999. 412 p.

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.

HORTON, R. 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. 807-813, 1945.

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

LIMA, W. P. Função hidrológica da mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1, 1989, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 25-42.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: Editora da 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.

MACEDO, F. L., PEDRA, W. N., MELLO JUNIOR, A. V. Caracterização da sub-bacia do Riacho Jacaré – SE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 3, n.3, p.163-169, 2010.

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

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, 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.

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 Ambory, New Jersey. **Bulletin of the Geological Society of America**, Colorado, v. 67, n.5, p. 597-646, 1956.

SILVA, A. M. **Princípios básicos de hidrologia**. Lavras: Departamento de Engenharia da UFLA, 1995.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP, 2001. p 35-51.

SMITH, K. G. Standards for grading texture of erosional topography, **American Journal of Science**, New Haven, v. 248, p. 655-658, 1950.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of American Bulletin**, Washington, DC, v. 63, n. 10, p. 1117-1142. 1952.

STRAHLER, A. N. Quantitative analyses of watershed geomorphology. **Transactions of American Geophysical Union**, Washington, DC, v. 38, n.6, p. 913-920, 1957.

VIEIRA, D. M. S. et al. Avaliação quantitativa das características geomorfológicas das microbacias hidrográficas que compõem a área de proteção ambiental do Rio Uberaba. **Irriga**, Botucatu, v. 7, n. 3, p. 313-326, 2012.

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