

Artigo Científico

Resumo

O presente estudo teve como objetivo a quantificação das áreas de preservação permanente e a caracterização da morfometria da microbacia hidrográfica do ribeirão Água da Lúcia. A área estudada localiza-se no município de Botucatu-SP, entre as coordenadas geográficas 48°18'27" a 48°21'29" de longitude W de Gr. e 22°45'49" a 22°49'28" de latitude S e altitude de 559 m. A partir da estimativa de alguns parâmetros físicos, os resultados apresentaram uma microbacia de 3ª ordem com área de 19,29 km², baixa densidade de drenagem de 1,1 km/km²; a declividade de 10,6 % , relevo ondulado e o gradiente de canais de 9,8% de declividade dos cursos d'água. Apresentou índice de circularidade de 0,56 e fator de forma de 0,4, considerado baixo, indicando que a microbacia estudada possui forma ovalada. O índice de sinuosidade de 1,63 indica tendências a canais pouco sinuosos, o coeficiente de compacidade com valor de 1,33 e a distância do escoamento da enxurrada de 460 metros resultam em maior tempo de concentração da água, diminuindo a tendência de erosão e favorecendo a conservação da microbacia.

Palavras-chave: Fotografias aéreas; áreas de preservação permanentes; parâmetros dimensionais.

Caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Água da Lúcia, Botucatu-SP

Ronaldo Alberto Pollo¹

Bruna Soares Xavier de Barros¹

Zacarias Xavier de Barros²

Lincoln Gehring Cardoso²

Valdemir Antonio Rodrigues³

Caracterización morfométrica de la cuenca del Arroyo Agua da Lucia, Botucatu-SP

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo cuantificar las áreas de preservación permanente y la caracterización de la morfología de la cuenca del arroyo Agua da Lúcia. El área de estudio está ubicada en Botucatu-SP, entre las coordenadas geográficas 48°18'27" y 48°21'29" de longitud W y 22°45'49" y 22°49'28" de latitud S, con altitud de 559m. A partir de la estimación de algunos parámetros físicos, los resultados mostraron una cuenca hidrográfica de 3ª orden con una superficie de 19,29 km², baja densidad de drenaje de 1,1 km/km², pendiente del 10,6%, y relevo ondulado y gradientes de canales de 9,8% de declividad de los cursos de agua. Presentó un índice de circularidad de 0,56 y un factor de forma de 0,4, considerado bajo, lo que indica que la cuenca tiene forma ovalada. El índice de sinuosidad de 1,63 indica las tendencias a canales poco sinuosos, y el coeficiente de compacidad de 1,33 y la distancia de flujo de la inundación de 460 metros, resultan en un mayor tiempo de concentración del agua, reduciendo la tendencia de la erosión y favoreciendo la conservación de la cuenca.

Palabras clave: fotografías aéreas, cuencas hidrográficas, morfometria, parámetros dimensionales

Introdução

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

Recebido em: 16/10/2011

Aceito para publicação em: 23/03/2012

1 Pós-Graduando do Programa de Pós Graduação em Agronomia / Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Fazenda Lageado, caixa postal 237, CEP 18610-307, Botucatu-SP: rapollo@fca.unesp.br.

2 Prof. Titular no Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Fazenda Lageado, caixa postal 237, CEP 18610-307, Botucatu-SP: lincoln@fca.unesp.br.

3 Prof. Dr., Departamento de Ciências Florestais, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu-SP. valdemirr@fca.unesp.br

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. Portanto, são áreas de preservação permanente (APP), de acordo com o Código Florestal Brasileiro (RODRIGUES, 2004).

A ordem das ramificações dos cursos d'água poderiam ser utilizados os critérios propostos inicialmente por HORTON (1945) e modificados por STRAHLER (1957). Neste trabalho utilizou-se a classificação apresentada por Strahler, onde os canais de primeira ordem são aqueles que não tem tributários; os canais de segunda ordem são aqueles que 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, conforme salienta CARDOSO (2006).

O presente trabalho teve como objetivo a quantificação das áreas de preservação permanente e a caracterização da morfometria da microbacia hidrográfica do ribeirão Água da Lúcia, a partir da estimativa de parâmetros físicos, distância do escoamento da enxurrada, áreas de APP, relacionando as com a tendência de erosão e de conservação da microbacia.

Material e Métodos

A área estudada localiza-se no município de Botucatu-SP, entre as coordenadas geográficas 48°18'27" a 48°21'29" de longitude W de Gr. e 22°45'49" a 22°49'28" de latitude S. O ribeirão água da Lúcia é um afluente do rio Capivara, que forma uma sub-bacia do rio Tietê, o mais importante rio do Estado de São Paulo. Na caracterização morfométrica foi utilizada carta planialtimétrica do IBGE na escala 1:50.000, folha Botucatu-SF-22-R-IV-3, curvas com equidistância vertical de 20 metros. Para análise de áreas de preservação permanente (APP's), foram utilizadas fotografias aéreas coloridas de Botucatu - SP do ano de 2005 em escala nominal aproximada 1:30.000; mesa digitalizadora da marca Digicon modelo MDD1812; software SPLAN - Sistema de Planimetria Digitalizada, SILVA et al. (1993) e um curvímetro digital, modelo MR 380.

De posse da delimitação da área da bacia, obteve-se diferentes características físicas, como o Coeficiente de Compacidade (Kc): relação entre

a forma da bacia com um círculo. De acordo com VILLELA e 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 e menos sujeita à enchentes, sendo: $Kc = 1 - 1,25$ (redondas para ovaladas); $1,25 - 1,50$ (ovaladas); $1,50 - 1,70$ (blongas).

Para a determinação do Kc utilizou-se a equação 1:

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Em que: kc coeficiente de compacidade; P perímetro (m) e A é a área de drenagem (m²).

O índice de circularidade tende para a unidade 1,0 à medida que a bacia se aproxima da forma circular, diminuindo à medida que a forma torna-se alongada CARDOSO et al. (2006). Utilizou-se a equação: $IC = 12,57 \cdot A / P^2$

Sendo IC: índice de circularidade, A: área de drenagem (m²) e P: perímetro (m).

Para definição de alguns índices que permitam visualizar a forma de uma bacia compara-se algumas figuras geométricas conhecidas. Assim, o coeficiente de compacidade, o índice de circularidade comparam a bacia a um círculo, o fator de forma a compara a um retângulo. A forma da bacia e a configuração do sistema de drenagem, estão associadas a estrutura geológica do terreno. Para o trabalho este fator é importante, pois, segundo segundo VILLELA e 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 (F) foi determinado, utilizando-se a seguinte equação: $F = A/L^2$

Sendo F: fator de forma, A: a área de drenagem (m²) e L: o comprimento do eixo da bacia (m).

As classes de declividade foram separadas em seis intervalos, sugeridos por LEPSH et al. (1991), sendo o intervalo de 0 a 3% com relevo plano; de 3 a 6% suave ondulado; de 6 a 12% ondulado; de 12 a 20% forte ondulado; de 20 a 40% montanhoso; e maior que 40% escarpado. Utilizando-se as seguintes fórmulas: para declividade média, $D\% = (\sum Cn \cdot \Delta H / A) \cdot 100$, onde: Cn é a cota nominal; ΔH equidistância entre as cotas e A, a área. Para a altitude média tem-se: $Hm = (AM + Am / 2)$, onde: AM é a maior altitude e Am a menor.

O Coeficiente de Rugosidade (RN) é um parâmetro do uso potencial das terras, direcionando-as para atividades de agricultura, pecuária e diversos fins. Segundo ROCHA (1991), RN é definido conforme a expressão: $RN = Dd \times H$, onde: RN = Coeficiente de rugosidade; Dd = Densidade de drenagem ($Km\ ha^{-1}$) e H = declividade média (%).

Razão de Relevo é a relação entre a diferença de altitude dos pontos extremos da bacia e seu comprimento (SCHUMM, 1956).

Para CARVALHO (1981) a Razão de Relevo demonstra que, quanto maiores os valores, mais acidentado será o relevo na região. Quanto maior a razão de relevo, maior será a declividade geral da bacia, portanto maior será a velocidade da água a escoar no sentido de seu maior comprimento. De acordo com PIEDADE (1980) utilizam-se os seguintes valores para quantificar a razão de relevo: razão de relevo baixa = 0,0 a 0,10; razão de relevo média = 0,11 a 0,30; e razão de relevo alta = 0,31 a 0,60.

Na composição e padrão da rede de drenagem foram analisados os seguintes parâmetros: ordem

da microbacia; densidade de drenagem: $Dd = Cr/A$; Extensão do Percurso Superficial da água de enxurrada: $Eps = (1/2.Dd).1000$; Gradiente de Canais: $Gc = (AM/Ccp).100$; Índice de Sinuosidade: $IS = Ccp/dv$.

Resultados e Discussão

A Figura 1 representa nitidamente as diversas ocupações ocorrentes na bacia estudada, destacando principalmente as grandes culturas e a forte presença de matas ciliares em determinados afluentes, ainda podemos observar nesta figura que nem todos os cursos d'água estão devidamente protegidos, fato de fácil constatação quando analisamos a região sul/sudeste da bacia.

Analisando a Tabela 1, constata-se que a microbacia possui atualmente 0,67 Km^2 de área de preservação permanente, representando 3,47 % da área total.

Ainda conforme a Tabela 1, pode-se verificar os resultados da caracterização da microbacia

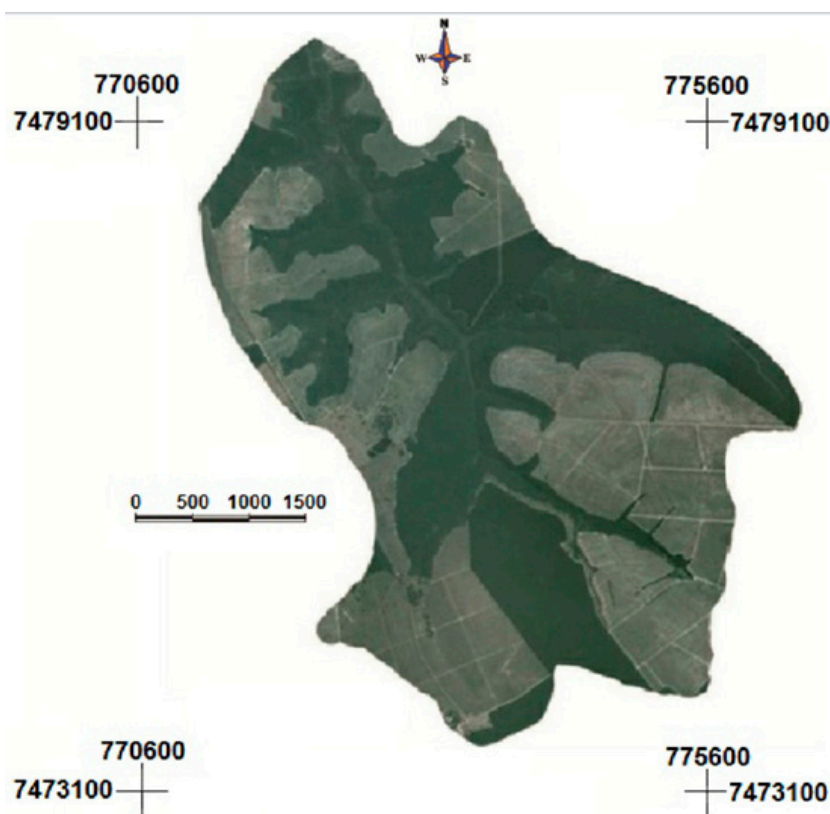


Figura 1. Bacia hidrográfica do Ribeirão Água da Lúcia, Botucatu - SP.

hidrográfica do Ribeirão Água da Lúcia, onde a mesma apresenta-se pouco suscetível a enchentes, devido seu coeficiente de compacidade apresentar o valor de (1,33).

O índice de circularidade com valor de (0,56), mostra que a bacia estudada possui forma ovalada concordando com (VILLELA e MATTOS 1975). Quanto ao fator de forma apresentar um valor baixo (0,4), constata-se uma tendência para conservação. Uma vez que, quando este valor estiver próximo da unidade (1,0) a bacia estará sujeita a enchentes, possibilitando a degradação devido principalmente suas características físicas.

A densidade de drenagem encontrada na microbacia do Ribeirão Água da Lúcia 1,08 km/km² (tabela 1), indicando baixa capacidade de drenagem da bacia. De acordo com com o mesmo autor, esse índice pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km², ou mais, em bacias

bem drenadas.

Com os resultados verifica-se também um comprimento total das cotas altimétricas de 102,6 km e um total de segmentos de rios de 1ª, 2ª e 3ª ordem de 20,75 km.

A razão de relevo determina a maior ou menor velocidade de água a escoar na bacia, neste estudo o valor encontrado foi (0,023) considerado baixo, indicando uma menor velocidade de escoamento superficial, possibilitando assim, uma melhor infiltração de água no solo.

Quanto a declividade (10,6%), a área está enquadrada no intervalo de 6 a 12% classificada como relevo ondulado, uma vez que a declividade pode influenciar a relação entre a precipitação e o deflúvio da bacia hidrográfica, conforme observa-se em SILVEIRA (1991).

Tabela 1. Características físicas da bacia hidrográfica Água da Lúcia, Botucatu-SP.

Características físicas	Unidades	Resultados
Parâmetros dimensionais da microbacia		
Área (A)	km ²	19,29
Perímetro (P)	km	20,80
Comprimento (C)	km	7,00
Comprimento da drenagem (Cr)	km	20,75
Comprimento das cotas (Cn)	km	102,60
Área de preservação permanente (APP)	km ²	0,67
Características do relevo		
Coeficiente de compacidade (Kc)	---	1,33
Fator forma (Ff)	---	0,40
Índice de circularidade (Ic)	---	0,56
Declividade média (D)	%	10,6
Altitude média (Hm)	m	559,00
Maior altitude (MA)	m	638,00
Menor altitude (mA)	m	480,00
Amplitude altimétrica (H)	m	158,00
Coeficiente de Rugosidade (Rb)	---	11,45
Razão de Relevo (Rr)	---	0,02
Índices padrões de drenagem da bacia		
Ordem da microbacia (W)	---	3ª
Densidade de drenagem (Dd)	(km/km ²)	1,08
Coeficiente de Manutenção (Cm)	(m/m ²)	0,93
Extensão do Percurso Superficial (Eps)	m	460,00
Gradiente de Canais (Gc)	%	9,80
Índice de Sinuosidade (Is)	---	1,63

Conclusões

A microbacia do Ribeirão Água da Lúcia com área de 19,29 km², de 3ª ordem de ramificação, possui 0,67 Km² de área de preservação permanente e relevo ondulado.

Os baixos valores do fator de forma e da densidade de drenagem demonstram que a bacia possui uma forma ovalada e permitem inferir que o substrato tem boa permeabilidade com maior infiltração e menor escoamento superficial da água.

O índice de sinuosidade demonstrou

tendência a canais pouco sinuosos. O coeficiente de compacidade e a grande distância do escoamento da enxurrada, resultaram 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 a erosão e degradação ambiental, contudo, a manutenção da cobertura vegetal e das matas ciliares são fundamentais na conservação dos serviços ambientais.

Referências Bibliográficas

- CARDOSO, C.A. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ. *Árvore*, v.30, n.2, p.241-248, 2006.
- CARVALHO, W.A. **Relações entre relevos e solos da bacia do rio Capivara - município de Botucatu, SP.** Botucatu, (Tese de Livre-Docência) - FCA/UNESP, 1981. 193f.
- HORTON, R. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of American Bulletin*, v.56. p.807-813. 1945.
- LIMA, W.P. **Função hidrológica da mata ciliar.** Simpósio sobre Mata Ciliar. Fundação Cargill: p. 25-42., 1994.
- LEPSH, I.F.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; BERTOLINI, D. ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** Campinas: SBCS, 1991. 175p.
- PIEDEDE, G.C.R. **Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP.** Botucatu, (Tese de Livre Docência) - FCA/UNESP, 1980. 161f.
- ROCHA, J.S.M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas.** 2ª ed. Santa Maria: UFSM, 1991.
- RODRIGUES, V.A. Morfometria e mata ciliar da microbacia hidrográfica. In: RODRIGUES, V.A.; STARZYNSKI, R. (coord.). **In: Anais do Workshop em Manejo de Bacias Hidrográficas**, 8, 2004. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2004. p.7-18.
- SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of American Bulletin*, v.67, p.597-646, 1956.
- SILVA, A.M. **Princípios Básicos de Hidrologia.** Departamento de Engenharia. UFLA. Lavras-MG. 1995.
- SILVA, C.M., CATÂNEO, A.; CARDOSO, L.G. Sistema de Planimetria Digitalizada. **In: Anais da Jornada Científica da Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu.** Associação dos Docentes de Botucatu-SP, 1993, p.109.
- 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.
- STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. New Haven: Transactions: **American Geophysical Union**, v.38. p.913-920. 1957.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.