

## ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE UMA MICRO BACIA URBANA COMO SUBSÍDIO À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

RICARDO PARREIRA BITTENCOURT<sup>1</sup>, JOÃO PAULO CUNHA DE MENEZES<sup>2</sup>, LUIZ FERNANDO COUTINHO DE OLIVEIRA<sup>3</sup>, RONALDO FIA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Departamento de Engenharia, Campus Universitário, UFLA, Lavras – MG, Fone: (035) 3829.1481, ricardoparreira.rp@gmail.com.

<sup>2</sup>Biólogo, Doutorando em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário/UFLA, Lavras – MG.

<sup>3</sup>Engenheiro Agrícola, Docente, Departamento de Engenharia, Campus Universitário/UFLA, Lavras – MG.

<sup>4</sup>Engenheiro Agrícola e Ambiental, Docente, Departamento de Engenharia, Campus Universitário/UFLA, Lavras – MG.

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

**RESUMO:** O desenvolvimento urbano nas últimas décadas vem produzindo um impacto significativo na infraestrutura de recursos hídricos. Desta forma, a caracterização morfométrica representa uma ferramenta essencial na determinação dos parâmetros físicos de uma bacia hidrográfica empregados na sua gestão ambiental. O presente estudo teve como objetivo caracterizar a morfometria da micro bacia do Ribeirão Vermelho, localizada no município de Lavras – MG, utilizando ferramentas de sistema de informações geográficas. A rede de drenagem da bacia foi caracterizada de quarta ordem, com área de 56,20 km<sup>2</sup>, perímetro de 40,55 km e comprimento longitudinal de 14,25 km. O índice de circularidade (0,43), juntamente com o fator de forma (0,28) indica uma bacia de formato alongado com baixa tendência a inundações. Quanto à densidade hidrográfica (2,22 canais km<sup>-2</sup>), unido ao coeficiente de manutenção (745,37m<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>), permite induzir que a bacia não apresenta uma boa área de manutenção de canais. Com base nos índices avaliados, pode-se inferir que a bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho permite um escoamento mais homogêneo no principal canal, diminuindo o risco de enchentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** parâmetros morfométricos, bacia hidrográfica, recursos hídricos.

## MORPHOMETRIC ANALYSIS OF AN URBAN MICROBASIN AS A SUBSIDY TO WATER MANAGEMENT

**ABSTRACT:** The urban development in recent decades has produced a significant impact on water resources infrastructure. Thus, the process of morphometric characterization acts as an essential tool in the determination of the physical parameters to assist in environmental management in urban watersheds. The present study aimed to characterize the morphology of the microbasin of Ribeirão Vermelho, located in the town of Lavras – MG, Brazil, using Geographic Information System tools. The drainage network of the basin was characterized as fourth order, with an area of 56.20 km<sup>2</sup>, 40.55 km of perimeter and longitudinal length of 14.25 km. The index of roundness (0.43), combined with the form factor (0.28) indicates an elongated basin with low tendency to flooding. About the hydrographic density (2.22 channels km<sup>-2</sup>), associated with the constant of channel maintenance (745.37 m<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>), allows us to induce the basin does not have a good area maintenance channels. Based on the indices evaluated, it can be inferred that the Ribeirão Vermelho's watershed allows a bigger homogeneous flow in the main channel, reducing the risk of flooding.

**KEYWORDS:** morphometric parameters, watershed, water resources.

**INTRODUÇÃO:** A sociedade atualmente enfrenta uma expansão territorial urbana. A falta de políticas públicas, aliada a interesses de ordem política e econômica, constituem fatores que provocam a ocupação desordenada do solo e fazem surgir, conseqüentemente, problemas urbanísticos e ambientais, como a poluição das águas (LUCAS et al., 2010). Dentro deste contexto, as bacias hidrográficas sofrem alterações em suas características físicas, químicas e biológicas, podendo gerar problemas ao meio circundante. As características físicas de uma bacia são de suma importância, pois atuam no ciclo hidrológico, influenciando diretamente nos aspectos relacionados com a infiltração, evapotranspiração e escoamentos superficial e sub superficial (RODRIGUES et al., 2008). Assim, a caracterização morfométrica, que Feltran Filho & Lima (2007) definem como um meio que explica as interações que ocorrem entre todos os elementos da paisagem de uma bacia hidrográfica, é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas e/ou ambientais. Conseqüentemente, ajuda a elucidar as várias questões relacionadas com o entendimento e a dinâmica ambiental local. Tendo em vista a extrema importância de estudos que caracterizem os recursos hídricos e seus componentes hidrológicos, foi aplicada a caracterização morfométrica na micro bacia urbana do Ribeirão Vermelho, com o objetivo de mensurar a sua morfometria, fornecendo subsídios para a gestão ambiental e conservação da água e do solo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi realizado em uma micro bacia urbana, bacia do Ribeirão Vermelho, afluente do Rio Grande, situada ao Sul do estado de Minas Gerais. A base de dados foi gerada através do sistema de informações geográficas, utilizando-se de ferramentas do software ArcGis10®, módulo ArcMap, da base de dados do IBGE e da geração do modelo digital de elevação, realizada com base em dados MDEs-SRTM. Estes últimos dados foram fornecidos pela página virtual da EMBRAPA, apresentando resolução espacial de 90 metros. Em seguida, aplicou-se a metodologia proposta por Santos et al. (2010) para a delimitação da bacia, extração da rede de drenagem e hierarquização dos canais. Por fim, foram realizadas a análise zonal, análise hipsométrica e análise linear da bacia, conforme observado na Tabela 1.

TABELA 1. Descrição das equações utilizadas para a avaliação morfométrica da bacia do Ribeirão Vermelho

PARÂMETRO	FÓRMULA	REFERÊNCIA
<b>Análise Zonal</b>		
Índice de Circularidade (Ic)	$Ic = 12,57A.p^{-2}$	Christofoletti (1980)
Fator de Forma (Kf)	$Kf = A.L^{-2}$	Horton (1945)
Densidade Hidrográfica (Dr)	$Dr = N.A^{-1}$	Horton (1945)
Densidade de Drenagem (Dd)	$Dd = Lt.A^{-1}$	Christofoletti (1980)
Coeficiente de Manutenção (Cm)	$Cm = (Dd^{-1}).1000$	Schumm (1956)
<b>Análise Hipsométrica</b>		
Amplitude Altimétrica (Hm)	$Hm = Hmax-Hmin$	
Razão de Relevo (Rr)	$Rr = Hm.L^{-1}$	Schumm (1956)
Índice de Rugosidade (Ir)	$Ir = Hm.Dd$	Christofoletti (1980)
<b>Análise Linear</b>		
Índice de Sinuosidade do Canal Principal (Is)	$Is = L.Dv^{-1}$	Christofoletti (1980)
Extensão do Percurso Superficial (Eps)	$Eps = 1/2Dd$	Horton (1945)
Relação Bifurcação (Rb)	$Rb = Nw.(Nw+1)^{-1}$	Schumm (1956)

Nota: A = área, p = perímetro, L = comprimento do eixo da bacia, N = número total de canais, Lt = comprimento total de canais, Hmax = altitude máxima, Hmin = altitude mínima, Nw = número total de canais de determinada ordem, Nw+1 = número total de canais de ordem imediatamente superior, Dv = distância vetorial (km).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho possui uma área de 56,2 km<sup>2</sup>, com perímetro de 40,55 km de extensão e comprimento longitudinal de 14,25 km de extensão. O padrão de drenagem presente é do tipo dendrítica e, em relação ao escoamento global, há a presença de drenagem endorréica. Quanto à análise zonal, a micro bacia do Ribeirão Vermelho possui forma alongada, aproximando-se do retângulo, dados  $Kf < 0,5$  e  $Ic < 0,51$  (PÉRICO et al., 2011). Desta forma é possível inferir que há baixa tendência à inundação, embora bacias com formato retangular possam apresentar picos de cheia quando houver ocorrência de chuvas frontais que

apresentem baixa intensidade, longa duração e cobertura de grandes áreas. Neste caso, como toda a área da sub bacia contribui para o escoamento superficial e devido à longa duração das chuvas, há tendência no aumento do escoamento superficial. O índice obtido referente à densidade de rios ou densidade hidrográfica foi de 2,22 canaism<sup>2</sup> em gerar novos flúvios em função das variáveis geomorfológicas, geológicas, vegetacionais, climáticas e hidrológicas. Outro parâmetro que demonstra a baixa susceptibilidade da bacia em sofrer inundações pode ser verificado pelo Dd (1,34 kmkm<sup>-2</sup>). O valor de Dd foi considerado baixo, o que indica que esta bacia hidrográfica apresenta baixa relação entre o comprimento de rios e a área da bacia, sugerindo um eficiente escoamento de fluxo de água e boa infiltração para o lençol freático, ou seja, existe uma menor propensão a inundações. O valor de Cm encontrado foi de 745,37 m<sup>2</sup>m<sup>-1</sup>. Portanto, infere-se que a bacia em estudo não apresenta uma área favorável à manutenção dos canais. Para a análise hipsométrica, o valor encontrado de Hm, a partir do modelo digital elevação (MDE), foi de 312 m, sendo que o menor índice altimétrico apresentado foi 772 m e o maior 1084 m (Figura 1). Segundo Castro & Lopes (2011), quanto maior a altitude da bacia, menor a quantidade de energia solar que o ambiente recebe e, portanto, menos energia estará disponível para esse fenômeno. Desta forma, pode-se inferir que a bacia está situada em uma zona de taxas de evapotranspiração elevadas.

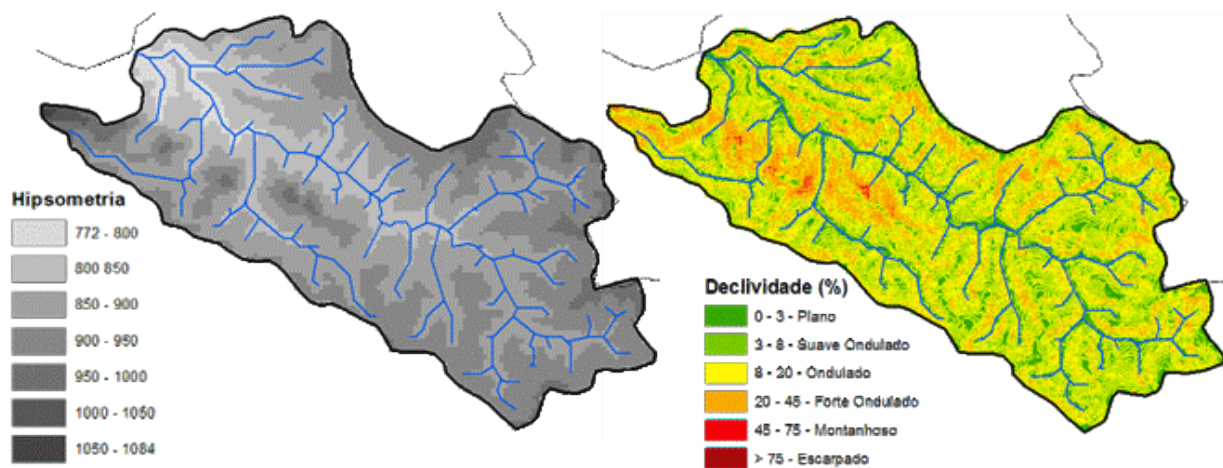


Figura 1. Mapa Hipsométrico e de Declividade da Bacia do Ribeirão Vermelho, Lavras-MG.

O índice de Rr permite comparar a altimetria das regiões e, quanto maior o seu valor, mais acidentado é o relevo predominante na região e, ainda reflete a relação infiltração/deflúvio, demonstrando uma identificação com a densidade de drenagem (ROSSI & PFEIFER, 1999). Desta maneira pode-se inferir que o relevo é predominantemente baixo (0,022), indicando uma estabilidade do relevo. O Ir expressa um número adimensional, representando aspectos da declividade e comprimento da vertente através da razão entre amplitude altimétrica e densidade de drenagem. No caso da bacia do Ribeirão Vermelho, o valor encontrado foi de 418,08 apresentando um valor elevado, o que indica uma bacia de alta energia que converte o fluxo de vertente em fluxo fluvial em menor tempo. Com base nas classes de declividade encontradas na bacia, observou-se que o relevo ondulado é predominante, ocupando uma área de 67,24%, ao passo que o relevo suave ondulado ocupa 22,46% e o restante compreende as áreas com relevo plano, fortemente ondulado e montanhoso (Figura 1). A declividade da bacia do Ribeirão Vermelho favorece o uso e a ocupação do solo, propiciando a agricultura e a pastagem. Com base em Souza (2005), pode-se afirmar que os solos presentes na bacia estudada apresentam uma permeabilidade mediana. Como consta nos parâmetros propostos, a análise linear neste estudo abrange Is, Eps e Rb. O valor encontrado para Is foi de 1,30 km. De acordo com Lana & Castro (2006), esse valor enquadra-se em índices de baixa energia estrutural e remonta a canais transicionais, regulares ou irregulares. Desse modo, os canais da bacia em estudo tendem a formas transicionais entre canais retilíneos e meandantes. Esses autores destacam ainda que a sinuosidade dos canais é decorrente da carga de sedimentos, caracterização litológica e declividade do canal. Segundo classificação de Strahler (1964), o rio é de quarta ordem e, com base em sua proposta, foi feita uma classificação hierárquica da bacia, a qual foi determinado que a mesma possui 64 canais de 1ª ordem, totalizando 41,97 km de extensão; 30 canais de 2ª ordem, com um total de 16,83 km; 13 canais de 3ª ordem,

totalizando 7,31 km e 18 canais de 4ª ordem, com um total de 9,30 km. Desta forma conclui-se que o comprimento total dos segmentos do ribeirão é máximo nos córregos de primeira ordem e diminui à medida que há incremento das ordens. Entretanto, a 4ª ordem é uma exceção, onde o comprimento do fluxo total é maior do que o fluxo de 3ª ordem. Esta mudança pode indicar a presença de fluxos de altas altitudes, variações litológicas e declividade íngreme a moderada (VITTALA et al., 2004). Na relação bifurcação os dados obtidos foram 2,13 para canais de 1ª ordem; 2,30 para os de 2ª ordem e 0,72 para os de 3ª ordem. É perceptível a relação entre a pequena quantidade de segmentos de alta hierarquia fluvial e a grande quantidade de segmentos de baixa hierarquia fluvial interferindo na proporção dos valores. De acordo com Souza (2005), os valores maiores são representativos de solos mais impermeáveis, ao passo que valores menores representam solos mais permeáveis. Os parâmetros encontrados permitem inferir que os solos da bacia do Ribeirão Vermelho possuem boa permeabilidade.

**CONCLUSÕES:** Conclui-se que a bacia apresenta uma baixa susceptibilidade a erosão mais severa, dado à boa distribuição da erosão ocasional oriunda da presença de um padrão de drenagem dendrítico e ramificado. A presença de uma permeabilidade mediana em conjunto com os parâmetros fator de forma, índice de circularidade, coeficiente de compacidade e índice de rugosidade forneceram subsídios para concluir que a bacia apresenta um formato mais alongado. Isto auxilia no escoamento hídrico, diminuindo o risco a inundações em condições normais de precipitação. Desta forma, o estudo pode vir a dar suporte à gestão do meio natural e à preservação dos recursos hídricos da região.

**AGRADECIMENTOS:** À FAPEMIG pelo auxílio financeiro concedido.

#### **REFERÊNCIAS:**

- CASTRO, P.; LOPES, J.D.S. *Recuperação e conservação de nascentes*. Viçosa, MG: CPT, 2001. 84p.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blücher, 1980, 186p.
- FELTRAN FILHO, A.; LIMA, E.F. Considerações morfométricas da bacia do rio Uberabinha – Minas Gerais. *Sociedade & Natureza*, v.19, n.1, p.65-80, 2007.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol Soc Am Bull*, v.56, p.275–370, 1945.
- LANA, C. E; CASTRO, P. T. A. Resposta da rede de drenagem à heterogeneidade geológica em bacias hidrográficas: uma comparação entre bacias do alto Rio das Velhas e Jequitaiá - MG. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, VI. 2006. Goiânia. Anais... Goiânia:UFGO, 2006. 11p
- LUCAS, A. A. T.; FOLEGATTI, M. V.; DUARTE, S. N. *Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba*, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.937-943, 2010.
- PÉRICO, E.; CEMIN, G.; AREND, U.; REMPEL, C.; ECKHARDT, R. R. *Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, 2011, Curitiba, Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. p.1200-1207.
- RODRIGUES, F.M.; PISSARRA, T.C.T.; CAMPOS, Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica Córrego da Fazenda Glória, Município de Taquaritinga. *Irriga*, Botucatu, v. 13, n.3, p. 310-322, 2008.
- ROSSI, M.; PFEIFER, R.M. *Remoção de material erodido dos solos de pequenas bacias hidrográficas no Parque Estadual da Serra do Mar em Cubatão (SP)*. *Bragantia*, Campinas, v. 58, n.1, p.141-156, 1999.
- SANTOS, A.R.; EUGENIO, F.C. *ArcGIS 9.3 total: aplicações para dados espaciais*. 2. ed. Alegre, ES: CAUFES, v.1. 184 p., 2010.
- SCHUMM, S.A. Evaluation of drainage system and slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Natl Geol Soc Am Bull*, v.67, p.597–646, 1956.
- SOUZA, C.R.G. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. n.1, p.45-61, 2005.
- STRAHLER, A.N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: *Chow VT (ed) Handbook of applied hydrogeology*. McGraw-Hill, New York, p.4–76, 1964.
- VITTALA, S.; GOVINDAIAH, S.; HONNE, G.H. Morphometric analysis of sub-watersheds in the Pavagada area of Tumkur district, South India using remote sensing and GIS techniques. *J Indian Soc Remote Sensing*, v.4, pp.351-362, 2004.