

Artigo Científico

Resumo

O conhecimento das características morfométricas de uma bacia hidrográfica é essencial para o desenvolvimento de planos que visem à compreensão dos processos neste meio. O objetivo do presente estudo foi realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio São José, Cascavel, PR. Para isso, a partir da planta topográfica digitalizada do terreno foram calculados os parâmetros morfométricos para o estudo do comportamento hidrológico da bacia. A área de drenagem encontrada foi de 143,17 km² e o perímetro 54,41 km. A bacia hidrográfica do rio São José apresenta perfil alongado, coeficiente de compacidade de 1,27, fator de forma de 0,51 e índice de circularidade de 0,61, indicando que a precipitação pluviométrica sobre ela se concentra em diferentes pontos. A densidade de drenagem obtida foi de 0,84 km km⁻². A altitude média encontrada foi de 684 m e o relevo do terreno foi classificado como suavemente ondulado (5%). A análise dos dados morfométricos mostrou que a bacia hidrográfica do rio São José é pouco susceptível a picos de enchentes.

Palavras-chave: Morfometria; uso e ocupação do solo; escoamento superficial.

Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio São José, Cascavel, PR

Darlisson Bentes dos Santos¹

Magno Luiz Vidotto¹

Rovian Bertinatto¹

Guilherme Ribeiro de Souza Marcon¹

Elisandro Pires Frigo^{1,2}

Caracterización morfométrica de la cuenca del Rio São José, Cascavel, PR

Resumen

El conocimiento de las características morfométricas de una cuenca hidrográfica es esencial para el desarrollo de planes dirigidos a la comprensión de los procesos en este medio. El objetivo de este estudio fue realizar la caracterización morfométrica de la cuenca hidrográfica del Rio São José, Cascavel, PR. Para eso, a partir del perfil topográfico digitalizado del terreno, se calcularon parámetros morfométricos para el estudio de la hidrología de la cuenca. Se encontró una área de drenaje de 143,17 km² y perímetro de 54,41 km. La cuenca del río San José presenta perfil alargado, coeficiente de compacidad de 1,27, factor de forma de 0,51 y índice de circularidad de 0,61, lo que indica que en esta la precipitación pluvial es centrada en diferentes puntos. La densidad de drenaje obtenida fue de 0,84 km km⁻². La altitud media es de 684 m y se ha clasificado el relieve como ligeramente ondulado (5%). El análisis morfométrico de los datos mostró que la cuenca del río San José es poco susceptible a picos de inundaciones.

Palabras clave: Morfometria; uso y ocupación del suelo; escorrentía superficial.

Introdução

A bacia hidrográfica pode ser definida como um meio físico passível da ação do ciclo hidrológico, este sistema dar-se-á basicamente pela entrada e saída de água em seu estado líquido e gasoso (evapotranspiração), por meio da precipitação e escoamento superficial, respectivamente, até seu exutório (LIMA, 2008). De acordo com TEODORO et al. (2007), a caracterização física de uma bacia hidrográfica é um produto parcial do estudo hidrológico, não menos importante, visto que, é

produto de variáveis determinantes neste processo.

Para VILLELA e MATTOS (1975), as características físicas de uma bacia hidrográfica constituem elementos de grande importância para avaliação de seu comportamento hidrológico, pois, ao se estabelecerem relações e comparações entre eles e dados hidrológicos conhecidos, podem-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em locais nos quais faltem dados.

Segundo GOIS (2008), o uso do solo é definido como sendo o espaço no qual o homem ocupa e transforma. Essa transformação, por sua

Recebido em 09/03/2011.

Aceito em: 20/07/2012.

1 Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Rua Universitária, 2069, CEP: 85819-110, Jardim Universitário, Cascavel, PR. E-mail: engenheirodb@hotmail.com, magnovidotto@hotmail.com, engrovian@gmail.com, gmarcon.arq@gmail.com

2 Professor - Universidade Federal do Paraná - UFPR, Campus de Palotina, PR. E-mail: epfrigo@ufpr.br

vez, é denotada mediante o levantamento dos tipos e categorias da vegetação que revestem a área do relevo, principalmente em relação aos cursos d'água nele existentes. TUCCI e CLARKE (1997) definem que a interação entre solo-vegetação-atmosfera representa, juntamente com a interferência humana, uma forte influência no ciclo hidrológico. Esta heterogeneidade sistemática dificulta a representação dos processos envolvidos e alteram no escoamento superficial, provocando por sua vez mudanças no comportamento das enchentes, vazões mínimas e máximas das bacias.

As análises dos aspectos relacionados à drenagem, relevo e geologia facilitam a compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental local, sendo as informações obtidas nesses estudos fundamentais para a elaboração de projetos de engenharia, uma vez que a tomada de decisão é facilitada e os parâmetros de planejamento podem ser modificados mediante os resultados obtidos (LIMA, 2008).

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio São José, a partir do levantamento de alguns parâmetros físicos, sendo eles: área da bacia, perímetro, fator de forma, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, elevação, declividade da bacia, declividade do curso d'água, densidade de drenagem e ordem dos cursos d'água.

Material e Métodos

Área de Estudo

A área de estudo compreendeu a bacia hidrográfica do rio São José, situada no município de Cascavel (Figura 1), sua nascente principal está localizada na longitude 53° 22' 02" W e latitude 25° 03' 20" S, e sua jusante na longitude 53° 24' 37" W e latitude 25° 07' 04" S. A região possui solo característico tipo Latossolo Roxo Distrófico e Terra Roxa Estruturada (EMBRAPA, 2006). O clima, segundo classificação de Köppen, é do tipo Cfb, Subtropical Mesotérmico Úmido, com verões quentes, geadas severas e frequentes, sem estação seca, cujas temperaturas médias anuais são superiores a 22°C nos meses mais quentes e inferiores a 18°C nos meses mais frios. As principais atividades de uso e ocupação do solo são: áreas de pastagens (31,3%); cultivo temporário (43,5%); atividades urbanas, atividades intensas e administrativas na propriedade rural (3,4%) e, cobertura florestal (21,6%) (GOIS, 2008).

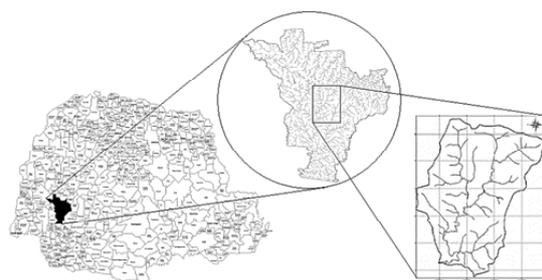


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio São José no Município de Cascavel, PR.

Morfometria da bacia hidrográfica

De posse da planta topográfica digitalizada da bacia, foram determinadas as seguintes características físicas: área da bacia, perímetro, fator de forma, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, curva hipsométrica, elevação média, declividade da bacia, declividade do curso d'água, densidade de drenagem e ordem dos cursos d'água.

A área e o perímetro da bacia em estudo foram obtidos utilizando-se o software AutoCad 2009 (AUTODESK, 2009).

Os parâmetros fator de forma, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, curva hipsométrica, elevação média, declividade da bacia, declividade do curso d'água e densidade de drenagem foram determinados conforme metodologia descrita por VILLELA e MATTOS (1975).

O fator de forma (K_f) correlaciona a forma geométrica da bacia com um retângulo. É a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Este fator constitui um índice indicativo de tendências a enchentes e foi obtido pela seguinte equação:

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

Onde: A é a área de drenagem (m²) e L é o comprimento do eixo da bacia (m);

O coeficiente de compacidade (K_c) correlaciona a forma geométrica da bacia com um círculo. Quanto mais distante da unidade menor a possibilidade de enchentes. O índice K_c foi obtido utilizando-se a equação 2.

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Onde: P é o perímetro (m) e A é a área de drenagem (m²);

O índice de circularidade (I_c), de maneira similar ao coeficiente de compacidade, tende a unidade quando a bacia se aproxima de uma forma circular e diminui para bacias alongadas. O índice de circularidade (I_c) foi obtido através da equação 3.

$$I_c = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad (3)$$

Onde: A é a área de drenagem (m^2) e P é o perímetro (m).

A curva hipsométrica representa o estudo da variação da elevação dos vários terrenos da bacia com referência ao nível do mar. Esta curva foi traçada lançando-se em sistema cartesiano a cota versus o percentual da área de drenagem com cota superior.

A elevação média da bacia foi determinada por meio de um retângulo de área equivalente à limitada pela curva hipsométrica e os eixos coordenados. A altura do retângulo corresponde à elevação média.

A declividade da bacia foi determinada através do Método das Quadrículas. Este método consiste em lançar sobre o mapa topográfico da bacia uma malha quadriculada com os pontos de interseção assinalados. A cada um desses pontos associou-se um vetor perpendicular à curva de nível mais próxima (orientado no sentido do escoamento). As declividades em cada vértice foram obtidas, medindo-se na planta, as menores distâncias entre curvas de níveis subsequentes; a declividade foi determinada pelo quociente entre a diferença da cota e a distância medida em planta entre as curvas de nível.

A declividade do curso d'água foi determinada de três formas distintas: 1ª dividindo-se a diferença total de elevação do leito pela extensão horizontal entre esses dois pontos (Equação 4). 2ª traçando-se no gráfico do perfil longitudinal uma linha, tal, que a área compreendida entre ela e a abscissa, fosse igual à compreendida entre a curva do perfil e a abscissa (Equação 5). 3ª utilizando-se o conceito cinemático de que o tempo de translação acumulado ao longo de trechos do curso d'água é igual ao tempo de translação de uma linha de declividade constante (Equação 6).

$$S_1 = \frac{\Delta H}{L} \quad (4)$$

Onde: ΔH é a variação da cota entre os dois pontos extremos do rio (m) e L é o comprimento em planta do rio (m).

$$S_2 = \frac{2 \times A_{bp}}{L^2} \quad (5)$$

Onde: A_{bp} é a área abaixo do perfil (Km^2) e L é o comprimento em planta do rio (Km).

$$S_3 = \left(\frac{L}{\sum_{i=1}^n \frac{Li}{\sqrt{Di}}} \right)^2 \quad (6)$$

Onde: L é o comprimento em planta do rio (m) e Li é a extensão horizontal (m) em cada um dos n trechos.

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica. Quanto maior sua densidade de drenagem, mais rapidamente o volume d'água originada pelas chuvas chegará ao final da bacia. A densidade de drenagem foi obtida através da equação 7.

$$D_d = \frac{L}{A} \quad (7)$$

Onde: L é o comprimento total dos cursos d'água e A é a área de drenagem (Km^2).

A ordem dos cursos d'água é uma classificação que reflete o grau de ramificação dentro de uma bacia. No presente trabalho, a ordem dos cursos d'água foi determinada seguindo os critérios de STRAHLER (1957) que diz que os cursos d'água localizados nas extremidades da ramificação são considerados de ordem 1, e a união ou interseção de dois destes cursos originarão um de ordem 2, e assim por diante. Considera-se que, quanto mais ramificada a rede, mais eficiente será o sistema de drenagem.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da caracterização da bacia hidrográfica do rio São José. A área de drenagem encontrada foi de 143,17 km^2 e seu perímetro 54,41 km.

De acordo com os resultados, pode-se afirmar que a bacia do rio São José é pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação, uma vez que apresenta coeficiente de compacidade

Tabela 1. Características físicas da bacia hidrográfica do rio São José, Cascavel, PR

Características Físicas	Resultados
Área de drenagem (km ²)	143,17
Perímetro (km)	54,41
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,27
Fator de forma (Kf)	0,51
Índice de circularidade (Ic)	0,61
Altitude máxima (m)	800
Altitude média (m)	684
Altitude mínima (m)	520
Ordem da bacia	4 ^a
Declividade S ₁ (%)	0,89
Declividade S ₂ (%)	0,65
Declividade S ₃ (%)	0,60
Declividade média da bacia (%)	5,00
Densidade de drenagem (km km ⁻²)	0,84

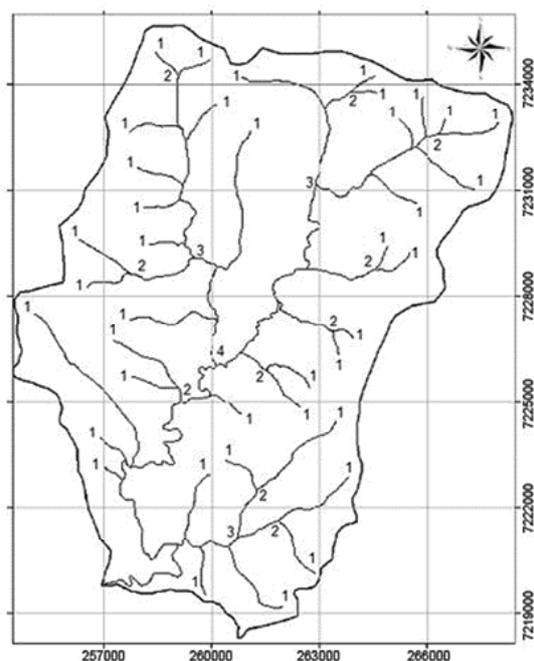
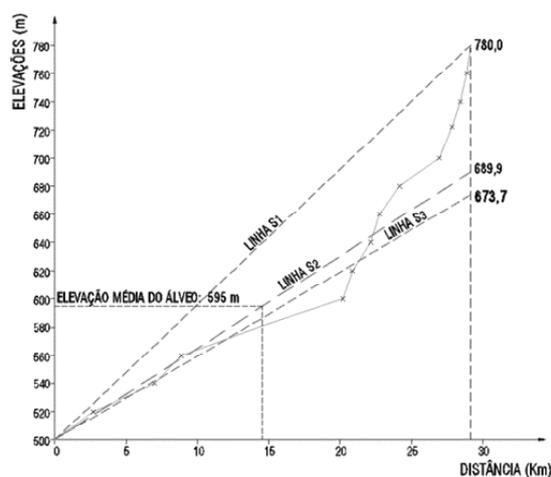
e fator de forma distantes da unidade. Tal fato pode ainda ser comprovado pelo índice de circularidade, cujo valor encontrado foi de 0,61. Desse modo, a bacia em estudo pode ser classificada como sendo de forma alongada.

A densidade de drenagem encontrada para a bacia do rio São José foi de 0,84 km km⁻². De acordo com VILLELA e MATTOS (1975), esse índice pode variar de 0,5 km km⁻² em bacias com drenagem pobre a 3,5 km km⁻², ou mais, em bacias bem drenadas. Assim sendo, se pode inferir que a bacia em estudo possui baixa capacidade de drenagem. Em estudo similar CARDOSO et al. (2006), encontraram índice de densidade de drenagem de 2,35 km km⁻² para a bacia do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ, concluindo que aquela bacia apresentava média capacidade de drenagem.

De acordo com a Figura 2, a bacia hidrográfica do rio São José é de quarta ordem, na hierarquia de STRAHLER (1957), isto é, apresenta baixo grau de ramificação.

Na Figura 3 apresenta-se o perfil longitudinal do rio São José. Os valores encontrados para as declividades S₁, S₂ e S₃ foram de 0,0089; 0,0065 e 0,0060 m m⁻¹, respectivamente. O comprimento obtido para o rio principal foi de 29,14 km e sua elevação média 595m. Verifica-se, ainda, que as linhas de declividades S₂ e S₃ são as mais representativas.

Segundo ELESBON et al. (2011), a velocidade de escoamento de um rio depende da declividade dos canais fluviais. Assim, quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e bem mais

**Figura 2.** Ordenamento dos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio São José, Cascavel, PR, conforme metodologia de STRAHLER (1957).**Figura 3.** Perfil longitudinal do rio São José, Cascavel-PR.

pronunciados e estreitos serão os hidrogramas de enchentes, indicando maiores variações de vazões instantâneas. A baixa declividade do rio São José indica que a água escoar em baixa velocidade.

A declividade média encontrada para a bacia do rio São José foi de 5%. De acordo com EMBRAPA (2006), este relevo é classificado como suavemente ondulado. Segundo TUCCI e CLARKE (1997), o grau desta medida está correlacionado com o escoamento superficial, em virtude dos processos erosivos que implicam potencialmente na degradação dos componentes da bacia hidrográfica. Ainda, segundo estes autores, para minimizar esse impacto, a cobertura vegetal possui um papel prático na absorção dos excessos hídricos, sejam eles de origem superficial ou por meio das precipitações.

A Figura 4 ilustra a distribuição das elevações dos vários terrenos da bacia do rio São José com referência ao nível do mar. Observa-se que a elevação média encontrada para a bacia foi de 684 m, sendo sua altitude máxima 800 m e a mínima 520 m. Verifica-se, também, que a maior parte da área da bacia, de acordo com a sua altitude apresenta-se na faixa entre 720 e 740 m, correspondendo a 13,42% do total.

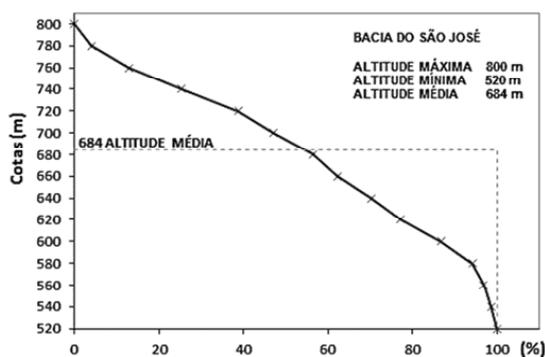


Figura 4. Curva hipsométrica bacia do rio São José, Cascavel, PR.

Segundo DUARTE et al. (2007), a variação da elevação e a elevação média de uma bacia são fatores importantes com relação à temperatura e à precipitação. Grandes variações de altitude numa bacia acarretam diferenças significativas na temperatura média, a qual, por sua vez, causa variações na evapotranspiração e precipitação anual. Pode-se dizer que em função da baixa variação de elevação na bacia do rio São José tal bacia não é sujeita a grandes diferenças de temperatura e precipitação.

As informações oriundas dos parâmetros morfométricos como os desta pesquisa são de grande valia à gestão de bacias hidrográficas na medida em que fornecem os referenciais básicos para o conhecimento do sistema em questão e dão subsídios para um melhor direcionamento das ações de planejamento e utilização racional dos seus recursos.

Conclusão

A área da bacia do rio São José compreende 143,17 km², 6,8% do território municipal de Cascavel, compondo uma parcela significativa da área de captação de águas pluviais.

O uso e ocupação do solo no perímetro são baseados principalmente na agricultura, pecuária e cobertura florestal. A declividade média da bacia hidrográfica do rio São José não possui valor acentuado, mesmo assim, é passível a ação de processos erosivos.

A análise dos dados morfométricos mostrou que a bacia hidrográfica do rio São José apresenta forma alongada, tem drenagem, grau de ramificação, declividade do curso d'água e elevação baixas, o que indica que esta bacia é pouco propensa a picos de enchentes.

Referências

- ALVES, J.M.P.; CASTRO, P.T.A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque-MG baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, v.33, n.2, p.117-124, 2003.
- AUTODESK, Inc. (2009). **AutoCad**, 1 DVD-ROM.
- 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**, v.30, n.2, p.241-248, 2006.
- DUARTE, C.C.; GALVÍNIO, J.D.; CORRÊA, A.C.B.; ARAÚJO, M.S.B. Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Tapacurá-PE. **Revista de Geografia**, v.24, n.2, p.50-64, 2007.

Santos et al. (2012)

ELESBON, A.A.A.; GUEDES, H.A.S.; SILVA, D.D.; OLIVEIRA, I.C. Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do braço norte do rio São Mateus – Brasil. **Revista Escola de Minas**, v.64, n.3, p.281-288, 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed, Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro, 2006, 306p.

GOIS, J.F. **Diagnóstico do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio São José, Cascavel – PR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Cascavel. 2008, 95f.

LIMA, W.P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. ESALQ/USP: Piracicaba, 2.ed. 2008, 245p.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. New Haven: **Transactions: American Geophysical Union**, v.38, n.6, p.913-920, 1957.

TEODORO, V.L.I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D.J.L.; FULLER, B.B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, v.20, p.137-157. 2007.

TUCCI, C.E.M.; CLARKE, R.T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.2, n.1, p.135-152, 1997.

VILLELA, S.M., MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw – Hill do Brasil, 1975, 245p.