

ANÁLISE MORFOMÉTRICA COMO INSTRUMENTO NA IDENTIFICAÇÃO DE TENDÊNCIA A ENCHENTES

Moura, C.A. (UNESP-PÓS GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE)

RESUMO

Este trabalho buscou caracterizar as bacias hidrográficas pertencentes ao município de Caraguatatuba (SP). Foram limitadas 15 sub-bacias para as quais foram definidos cinco parâmetros morfométricos: densidade de drenagem, densidade hidrográfica, índice de forma, índice de circularidade e índice de sinuosidade. Os parâmetros morfométricos foram analisados de forma conjunta permitindo a identificação entre as 15 bacias quatro como de maior suscetibilidade a enchentes.

PALAVRAS CHAVES

geomorfologia fluvial; inundação; bacias hidrográficas

ABSTRACT

This study sought to characterize the hydrographic basin of the city of Caraguatatuba (SP) and determine which of these are more prone to flooding through a morphometric analysis of basins. This work was limited to 15 sub-basins for which the five morphometric parameters below were defined: drainage density, hydrographic density, form Index, circularity index and sinuosity index. The morphometric parameters were analyzed jointly enabling the identification of basins with greater susceptibility to flooding and 15 basins analyzed showed four major tendency to flooding.

KEYWORDS

fluvial geomorphology; flooding; hydrographic basin

INTRODUÇÃO

A ocupação desordenada do espaço urbano e o manejo inadequado das atividades antrópicas acarretam problemas ambientais sérios às cidades e, portanto estratégias de gestão e diminuição do impacto social, ambiental e econômico provocados por enchentes e alagamentos são essenciais à sociedade. Neste trabalho pretendeu-se caracterizar as bacias hidrográficas pertencentes ao município de Caraguatatuba e determinar entre as 15 bacias delimitadas quais possuem maior tendência a enchentes a partir de uma análise morfométrica de bacias. Conforme Souza (2005) é comum o uso de correlações de parâmetros morfométricos para a determinação de suscetibilidade a inundações e enchentes em bacias hidrográficas, mas essas relações são feitas de forma isolada devido à dificuldade em se estabelecer intervalos genéricos de referência em graus de suscetibilidade. A proposta deste trabalho consistiu numa análise conjunta de cinco parâmetros morfométricos: Densidade de Drenagem (Dd), Densidade Hidrográfica (Dh), Índice de forma (k), Índice de circularidade (Ic) e Índice de sinuosidade (Is), a partir dos quais foi possível estabelecer graus de tendência a enchentes e inundações destas bacias. A escolha do município de Caraguatatuba para o estudo foi devido ao fato deste ser considerado pelo Cemaden (Centro Nacional de Monitoramento de Desastres Naturais) como um dos cinquenta e seis municípios prioritários para monitoramento de desastres - tais como enchentes ou escorregamentos - das regiões Sul e Sudeste do Brasil. O município de Caraguatatuba no ano de 1967 foi devastado por um dos piores eventos climáticos ocorridos no Brasil. Este evento aconteceu em 18 de março de 1967 e foi chamado de "A Catástrofe", uma vez que causou enchentes e uma sequência de deslizamentos da Serra do Mar decorrentes de uma anomalia positiva de precipitação nessa que provocou segundo registros jornalísticos da época, a morte de mais de 400 pessoas, além de grandes prejuízos à infraestrutura e à economia local.

MATERIAL E MÉTODOS

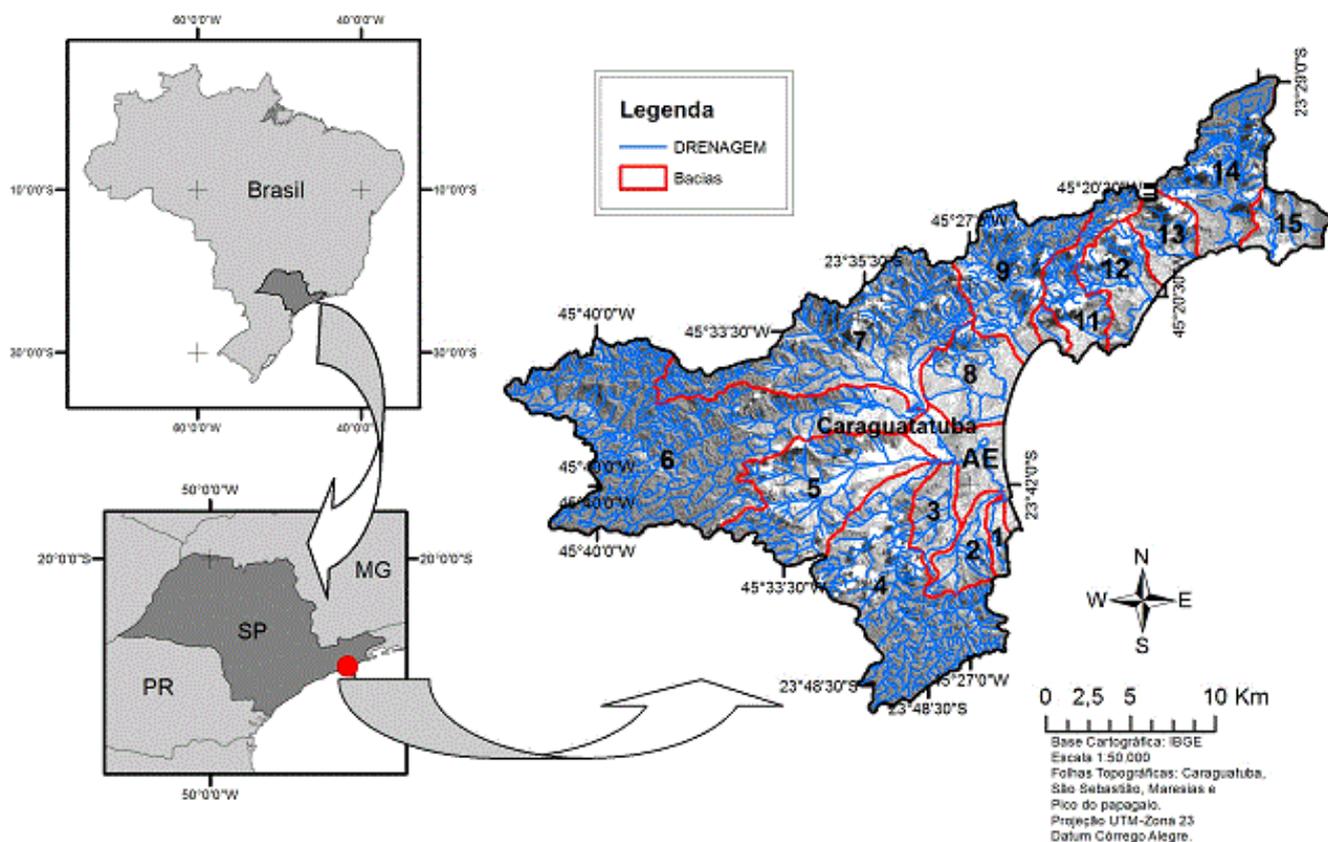
O programa empregado neste trabalho foi o ArcMap 9.3 da ESRI utilizado no georreferenciamento dos dados, implementação do banco de dados geográficos e edição dos produtos cartográficos como também na obtenção dos dados necessários aos cálculos morfométricos. Toda a base cartográfica foi organizada através do Sistema de Coordenadas Geográficas, utilizando-se o Datum South American 1969 (SAD69). A projeção cartográfica definida para o Sistema de Banco de Dados Geográfico foi a Universal Transversa de Mercator (UTM), sendo a área de estudo pertencente ao fuso 23. Também foram utilizadas as cartas topográficas escala 1: 50.000 do IBGE: Pico do Papagaio SF-23-Y-D-V-2, Caraguatatuba SF -23-Y-D-VI-1, Maresias SF-23-Y- D-V-4 e São Sebastião SF -23-Y-D-VI-3, editadas em 1974, 1976, 1973 e 1969 respectivamente. Horton (1945) foi o primeiro a desenvolver estudos quantitativos de bacias de drenagem e analisar as relações entre as características morfométricas de uma bacia e o seu comportamento hidrológico. A análise morfométrica foi apresentada na literatura brasileira por Christofolleti (1980) e Villela & Mattos (1975). No programa Arcgis foram delimitadas as bacias hidrográficas acompanhando os divisores de águas em relação às bacias circunvizinhas. Além disso, foram extraídos dados como: Área da Bacia (A); Perímetro (P); Número de canais (Nt); Comprimento do canal principal (L); = Distância vetorial do canal principal L_v ; = Área do círculo com perímetro igual ao da bacia (A_c). Estes dados foram utilizados para o cálculo dos seguintes parâmetros morfométricos: Densidade de Drenagem (Dd), Densidade Hidrográfica (Dh), Índice de forma (k), Índice de circularidade (Ic) e Índice de sinuosidade (Is). As bacias hidrográficas do município de Caraguatatuba pertencem a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 03 (UGRHI-03) do estado de São Paulo. Estas foram divididas em 15 bacias, para quais foram estabelecidos os parâmetros morfométricos com vista à determinação de tendência a enchentes (figura 1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Densidade Hidrográfica relaciona o número de rios ou canais com a área da bacia hidrográfica, expressa a magnitude da rede hidrográfica, indicando sua capacidade de gerar novos cursos d'água (CHRISTOFOLETTI, 1970, p.14). Já a Densidade de drenagem foi definida inicialmente por Horton (1945) e corresponde ao comprimento médio de canais de uma bacia por unidade de área. Em relação à densidade de drenagem quanto maior o índice menor é a capacidade de infiltrar água, valores baixos indicam que a região é mais favorável à infiltração contribuindo com o lençol freático. Segundo Hiruma & Ponçano, 1994 para a definição de classes de densidade de drenagem os limites seriam para alta densidade valores superiores a 2.50, média densidade valores entre 1.25-2.50 e baixa densidade de drenagem abaixo de 1.25. As classes utilizadas neste trabalho para a determinação da tendência a enchentes das bacias para os parâmetros de densidade de drenagem e hidrográficas foram as seguintes: Para a Densidade hidrográfica os intervalos foram: Alta < 2.0; Moderada 2.0 - 4.0; Baixa > 4.0. Enquanto para a Densidade de drenagem: Alta < 1,50; Moderada 1.50-3.0; Baixa > 3.0. Consideramos que bacias com maior Densidade de drenagem e hidrográfica - bacias mais bem desenvolvidas - têm menor tendência a cheias rápidas, já que possuem maior número de ramificações de drenagem conduzindo a diminuição da velocidade de escoamento. O Índice de forma representa a relação existente entre o perímetro da bacia e a área que ela possui. Para o Índice de Forma (K) os valores que se aproximam da unidade 1 configuram bacias que tendem a ser circulares (GANDOLFI, 1971). Este índice conforma conclusões e resultados semelhantes ao Índice de circularidade, pois evidencia bacias com maior tendência a cheias rápidas. Já o Índice de Circularidade (Ic) representa a relação entre a área total da bacia e a área de um círculo de perímetro igual ao da área total da bacia. Sendo assim, $Ic=0,51$ representa um nível moderado de escoamento, não contribuindo na concentração de águas que possibilitem cheias rápidas. Valores maiores que 0,51 indicam que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos de inundação (cheias rápidas). Já os valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada favorecendo o processo de escoamento mais lento (MULLER, 1953 e SCHUMM, 1956 apud LANA 2001). O Índice de Sinuosidade (Is) relaciona o comprimento verdadeiro do canal (projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois pontos extremos do canal principal (SCHUMM, 1963 apud LANA 2001). Valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo. Já os valores superiores a 2,0 indicam canais tortuosos e os valores intermediários sugerem formas transicionais, regulares e irregulares. As classes utilizadas para os parâmetros de Índice de Forma, Índice de Circularidade e Índice de Sinuosidade para a determinação

da tendência a enchentes das bacias foram as seguintes: • Para o Índice de Forma os intervalos foram: Alta < 1.50; Moderada 1.50- 1.75; Baixa > 1.75; • Para o Índice de Circularidade os intervalos foram: Alta > 0.55; Moderada 0.45- 0.55; Baixa < 0.45; • Para o Índice de Sinuosidade os intervalos foram: Alta < 1.40; Moderada 1.40-1.75; Baixa > 1.75. Os intervalos estabelecidos para os parâmetros morfométricos quanto à tendência a enchentes das bacias hidrográficas foram agrupados em um quadro (figura 2) e preenchidos com as cores verdes, laranja e vermelho, conforme a tendência a enchentes destas bacias. Este quadro permitiu a melhor visualização dos resultados, portanto levou a uma interpretação mais adequada destes. No quadro (figura 2) as bacias com maiores tendências a cheias são as bacias 1, 10, 13 e 15, que são bacias menos desenvolvidas hidrograficamente. Secundariamente estão as bacias 3, 8 e 12 como as de maior suscetibilidade a enchentes.

Figura 1



Localização da área de estudo e das sub-bacias hidrográficas pertencentes ao município de Caraguatatuba (SP).

Figura 2

Dados básicos															
Bacia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	4,56	13,3	13,2	76,1	51,6	13,5	78,0	26,3	38,6	3,4	22,4	21,0	14,4	40,7	14,5
P	11,1	19,9	19,3	54,5	39,1	83,3	56,4	20,6	32,3	9,1	33,6	22,6	16,4	32,1	17,9
Nt	9	36	21	436	161	638	289	46	184	3	112	58	26	171	22
Lt	6,9	26,3	19,6	190	94,9	32,75	178,1	38,6	103,7	3,84	51,3	40,2	17,8	91,9	18,3
L	5,37	9,45	8,68	19,2	17,8	36,24	19,41	9,39	13,60	3,44	12,6	5,62	5,14	13,4	6,04
Lv	4,17	7,01	6,81	13,1	13,3	23,27	16,12	5,31	9,22	1,75	9,38	5,07	4,00	10,0	3,99
Ac	9,7	31,5	29,76	236	121	552,6	253,1	33,7	83,33	6,52	89,9	40,6	21,4	82,1	25,4
Parâmetros morfométricos															
Bacia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Dd	1,52	1,99	1,48	2,49	1,84	2,44	2,28	1,46	2,68	1,11	2,29	1,91	1,23	2,26	1,26
Dh	1,97	2,72	1,59	5,73	3,12	4,74	3,71	1,75	4,76	0,87	5,00	2,76	1,80	4,20	1,52
K	1,13	1,47	1,37	2,00	1,39	1,22	1,42	1,32	1,47	1,37	2,00	1,39	1,22	1,42	1,32
Ic	0,47	0,42	0,44	0,32	0,42	0,24	0,31	0,78	0,46	0,53	0,25	0,52	0,67	0,50	0,57
Is	1,29	1,35	1,27	1,46	1,35	1,56	1,20	1,77	1,48	1,96	1,34	1,11	1,28	1,33	1,51

Siglas: A= Área; P=Perímetro; Nt= Número de canais; L=Comprimento do canal principal; Lv= Distância vetorial do canal principal; Ac= Área do círculo com perímetro igual ao da bacia; Dd=Densidade de drenagem; Dh=Densidade Hidrográfica; K=Índice de forma; Ic= Índice de circularidade; Is=Índice de sinuosidade.

Quadro de dados básicos e resultados obtidos na análise de parâmetros morfométricos das bacias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise morfométrica das bacias permitiu a detecção de irregularidades na configuração dos cursos de água fornecendo um retrato da atual estado de equilíbrio ou desequilíbrio em que essas bacias hidrográficas se encontram quanto à tendência a enchentes. É importante salientar que todas as bacias da região estão suscetíveis a enchentes se submetida a eventos climáticos extremos como o ocorrido em 1967, pois em condições de anomalias pluviométricas as bacias atingem seu limite de vazão. Além dos atributos morfométricos também devem ser consideradas as limitações ou más projeções da estrutura de escoamento pluvio-fluvial, pois as bacias ao atingirem a planície costeira sofrem retificações dos canais que diminuem a área de dispersão e captação da água, facilitando obviamente o transbordamento. A análise dos parâmetros morfométricos poderia ter sido dificultada pelo número de dados, da mesma forma que a comparação entre bacias para classificação da tendência a enchentes, no entanto a utilização do SIG permitiu a conclusão do trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de doutorado imprescindível ao desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo / SP, Ed. Editora Edgard Blücher, 2ª. edição, 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas do planalto de Poços de Caldas (MG). Livre - Docência, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, 215 p., 1970.
- GANDOLFI, N. Estudo Morfométrico da Drenagem da Bacia do Mogi-Guaçu - SP. Notícia Geomorfológica, v. 2, n. 21, p. 23-40, 1971.
- GARDA, G.M. Os diques básicos e ultrabásicos da região entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba, estado de São Paulo. Tese (Doutorado em Mineralogia e Petrologia)-Instituto de Geociências, USP, São Paulo, 1995.
- HIRUMA, S. T.; PONÇANO, W. L. Densidade de drenagem e sua relação com fatores geomorfopedológicos na área do Alto Rio Pardo, SP e MG, Revista Instituto Geológico. São Paulo, 15(1/2), p. 49-57, jan.dez/ 1994.

HORTON R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, v.56 n 3, p. 275-370, 1945.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. de T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. Rem: Rev. Esc. Minas. [online]. Apr./June 2001, vol.54, no.2 p.121-126. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-44672001000200008&script=sci_arttext Acesso em 10 abr. 2012.

SOUZA, C.R.G. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. Revista Brasileira de Geomorfologia. v. 6 n.1, p. 45-61, 2005.

VILLELA, S. M. & MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo / SP, Ed. McGraw - Hill do Brasil, 1º ed., 1975.