

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CAETÉ, ALFREDO WAGNER/SC

VESTENA, L. R¹.

¹-Pós-Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC; Professor do Departamento de Geografia da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO. E-mail: *lvestena@unicentro.br*

CHECCHIA, T².

²-Pós-Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. E-mail: *tatiane@ens.ufsc.br*

KOBIYAMA, M³.

³Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. E-mail: *kobiyama@ens.ufsc.br*

RESUMO

A análise da morfometria fluvial da bacia hidrográfica do Caeté, município de Alfredo Wagner, região serrana do Estado de Santa Catarina, por meio dos aspectos lineares, areais e hipsométricos constituiu-se no objetivo do presente estudo. A compreensão da dinâmica dos processos hidrogeomorfológicos, além de contribuir para fundamentar o diagnóstico, fundamenta ações que visem um manejo racional do uso da terra. Os procedimentos metodológicos pautaram-se na aplicação das quatro leis de Horton (1945), da estimativa dos índices tais como comprimento, área e forma da bacia, densidade de drenagem, rios e segmentos da bacia e a relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia, e da elaboração da curva hipsométrica. A bacia hidrográfica do Caeté possui aproximadamente 163 km² e apresenta grandeza de 5ª ordem, segundo a hierarquização de Strahler (1952). Os resultados obtidos para as quatro leis de Horton (1945), lei de número de canais, lei de comprimento de canais, lei de declividade e lei de área da bacia de canais mostraram-se válidas para a bacia. A forma da bacia contribui para a concentração do escoamento fluvial, o que favorece a ocorrência de enchente e inundações. Na bacia existem grandes diferenças altimétricas, representada por 1.293 metros, assim como entre a altitude mediana (902,6 m) e a altitude média (1.126,5 m). Os cursos fluviais são encachoeirados, com grandes gradientes, favorecendo os processos de transporte de sedimentos fluviais. As altas declividades das vertentes e dos cursos fluviais favorecem o rápido aumento da velocidade do escoamento e propicia o aparecimento de enxurradas que provocam periodicamente desastres nas áreas ribeirinhas e encostas íngremes. Por fim destaca-se que a análise morfométrica forneceu fundamentos para a compreensão e entendimento dos processos morfogenéticos identificados na bacia hidrográfica do Caeté.

Palavras-chave: Morfometria; Hidrogeomorfologia; Bacia de drenagem; Rio Caeté.

INTRODUÇÃO

Na bacia hidrográfica do Caeté (BHC) no município de Alfredo Wagner – SC, o relevo é fortemente dissecado com encostas íngremes, onde atividades de uso inadequadas do solo tornam mais susceptíveis as ocorrências dos processos erosivos. Neste contexto a análise morfométrica da BHC assume relevante importância na compreensão da dinâmica dos processos hidrogeomorfológicos, além de contribuir para fundamentar o diagnóstico e ações que visem um manejo racional do uso da terra.

A bacia hidrográfica, recorte espacial adotado, além de ser a unidade territorial básica para o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos definida pela Lei

Federal N.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), é uma unidade hidrogeomorfológica como destacam, dentre outros, Silveira (2000), e Coelho Netto (1995).

O objetivo pautou-se na análise da morfometria fluvial, ou seja, na análise linear, areal e hipsométrica, por meio da aplicação das quatro leis de Horton, da estimativa dos índices tais como comprimento, área e forma da bacia, densidade de drenagem, rios e segmentos da bacia e a relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia, e da elaboração da curva hipsométrica da bacia hidrográfica do Caeté.

ÁREA DE ESTUDO

A BHC (aproximadamente 163 km²) no município de Alfredo Wagner, localiza-se região serrana do Estado de Santa Catarina, entre as latitudes 27° 52' 43'' S e 27° 41' 49'' S e longitudes 49° 20' 45'' W e 49° 11' 17'' W (Figura 1). O Rio Caeté é formado pelos Rios Perito e Santo Anjo com suas nascentes em altitudes de 1140 e 1600 metros, respectivamente, na formação geológica Serra Geral. Da junção do Rio Caeté com o Rio Adaga nasce o Rio Itajaí do Sul, na área urbana deste município.

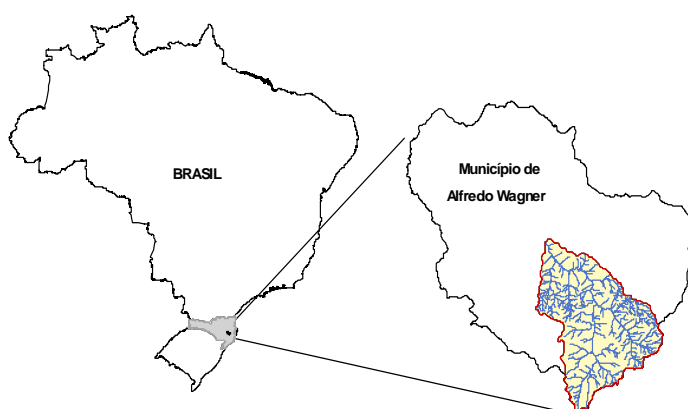


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do Caeté

O clima na BHC está sob o domínio da zona extratropical, o que resulta em temperaturas com caráter mesotérmico – temperaturas anuais médias entre 16°C e 20°C, inverno frio e verão amenizado pelas altitudes (Monteiro, 1963). A geologia na bacia é bem diversificada. Para Checchia et al. (2004) a geologia na bacia do Rio Caeté é constituída praticamente por camadas horizontais de arenito, siltitos, argilitos e folhelhos pertencentes à Bacia do Paraná. Os solos estão associados principalmente a Cambissolos e Neossolos, apresentam fertilidade natural muito baixa. Os solos das encostas possuem

estrutura frágil e são facilmente erodíveis, enquanto os das chapadas são extremamente ácidos (Sachet, 1994).

METODOLOGIA

Os trabalhos iniciaram-se com o levantamento bibliográfico e cartográfico. A base cartográfica foi montada a partir de carta topográfica, escala 1:50.000, ano 1980, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. O *software* Spring 4.2 desenvolvido na Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) foi utilizado para a integração das informações em um banco de dados geográficos e para a obtenção dos parâmetros morfométricos.

A rede fluvial foi hierarquizada de acordo com Strahler (1952) que eliminou a subjetividade da classificação proposta por Horton (1945). A metodologia adotada para a análise morfométrica da BHC seguiu a proposta de Horton divulgada na literatura, principalmente nos trabalhos de Horton (1945), Strahler (1957 e 1964), Christofolletti (1980), e Zãvoianu (1985).

Na Tabela 1 expõe-se resumidamente os princípios básicos das quatro leis de Horton (1945), isto é, lei de número de canais, lei de comprimento de canais, lei de declividade e lei de área da bacia de canais. Além disso, a curva hipsométrica da bacia foi elaborada com base em Villela & Mattos (1975), para representar a variação da elevação dos vários terrenos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A BHC hierarquizada apresentou grandeza de 5ª ordem. Os resultados obtidos para as leis de Horton (1945) são mostrados na Tabela 2. O valor médio do coeficiente da Taxa de Bifurcação (R_b) é 4,0. Este valor é altamente consistente, considerando que o resultado esperado deve estar entre 3 e 5. A média da taxa de comprimento (R_L) é de 2,3 para a BHC estando assim dentro dos parâmetros aceitáveis. A maior diferença observada no cálculo da R_L é nos segmentos de ordem 1 e 4, onde se têm valores mais distantes de 2 (1,6 e 3,3, respectivamente).

De toda forma a média da R_s é igual a 2,7 sendo moda 1,4. O valor médio da Taxa de Área para a BHC exposta na Tabela 2 é igual a 4,6. Pode-se dizer que se tem um valor relativamente constante entre as ordens, como prediz a Lei de Horton.

Tabela 1 – Resumo das leis de Horton (1945)

Leis de Horton	Parâmetro	Equação	Legenda	OBS
Lei do Número de Canais	$R_b =$ taxa de bifurcação	$R_b =$	N_w é o número de segmento da ordem analisada. N_{w+1} é o número de segmento da ordem seguinte.	O número de segmentos de ordens sucessivamente inferiores de uma bacia dada tende a formar uma progressão geométrica, que começa com o único segmento de ordem mais elevado e cresce segundo uma taxa constante de bifurcação.
Lei do Comprimento de Canais	$R_L =$ taxa de comprimento	$R_L =$	L_w é o comprimento médio da ordem analisada. L_{w+1} é o comprimento médio dos canais da ordem seguinte.	O comprimento médio dos segmentos de ordens sucessivos tende a formar uma progressão geométrica cujo primeiro termo é o comprimento médio dos segmentos de primeira ordem e tem por razão uma relação de comprimento constante.
Lei da Declividade de Canais	$R_s =$ taxa de declividade média	$R_s =$	S_w é a declividade média da ordem analisada. S_{w+1} é a declividade média da ordem seguinte.	Em uma determinada bacia há uma relação definida entre a declividade média dos canais de certa ordem e a dos canais de ordem imediatamente superior, que pode ser expressa por uma série geométrica inversa, na qual o primeiro termo é a declividade média dos canais de primeira ordem e a razão é a relação entre os gradientes dos canais.
Lei da Área da Bacia de Canais	$R_a =$ taxa de área	$R_a =$	\bar{A}_w é a área média das bacias de cada canal da ordem analisada.	As áreas médias das bacias de segmentos de canais de ordem sucessivos tendem a formar uma progressão geométrica cujo primeiro termo é a área média das bacias de primeira ordem e a razão de incremento constante é a taxa de área.

Tabela 2 - Resultados da aplicação das Leis de Horton para a Bacia do Rio Caeté

Ordem (w)	Nw	log ₁₀ Nw	Rb	Lw media m	log ₁₀ Lw	RL	Sw media	log ₁₀ Sw	Rs	Área total km ²	Aw media km ²	log ₁₀ Aw	Ra
1°	252	2,40	4,3	718,3	2,9	1,6	0,194	-0,7	1,4	92,40	0,4	-0,4	4,4
2°	58	1,76	4,8	1126,3	3,1	1,9	0,135	-0,9	1,4	92,56	1,6	0,2	4,2
3°	12	1,08	3,0	2122,4	3,3	2,2	0,099	-1,0	2,3	80,70	6,7	0,8	4,3
4°	4	0,60	4,0	4698,9	3,7	3,3	0,042	-1,4	5,5	115,84	29,0	1,5	5,7
5°	1	0,00		15666,0	4,2		0,008	-2,1		163,76	163,8	2,2	
Média			4,0			2,3			2,7				4,6

NOTA: Nw é o número de canais; Rb é a taxa de bifurcação; Lw é o comprimento médio; RL é a taxa de comprimento; Sw é a declividade média; Rs é a taxa de declividade; Aw é área média; e Ra é a taxa de área.

Na Figura 2 expõe-se os resultados obtidos para as quatro leis de Horton, lei de número de canais, lei de comprimento de canais, lei de declividade e lei de área da bacia de canais (Figura 2). Isto permite concluir que as leis de Horton mostraram-se válidas para a BHC.

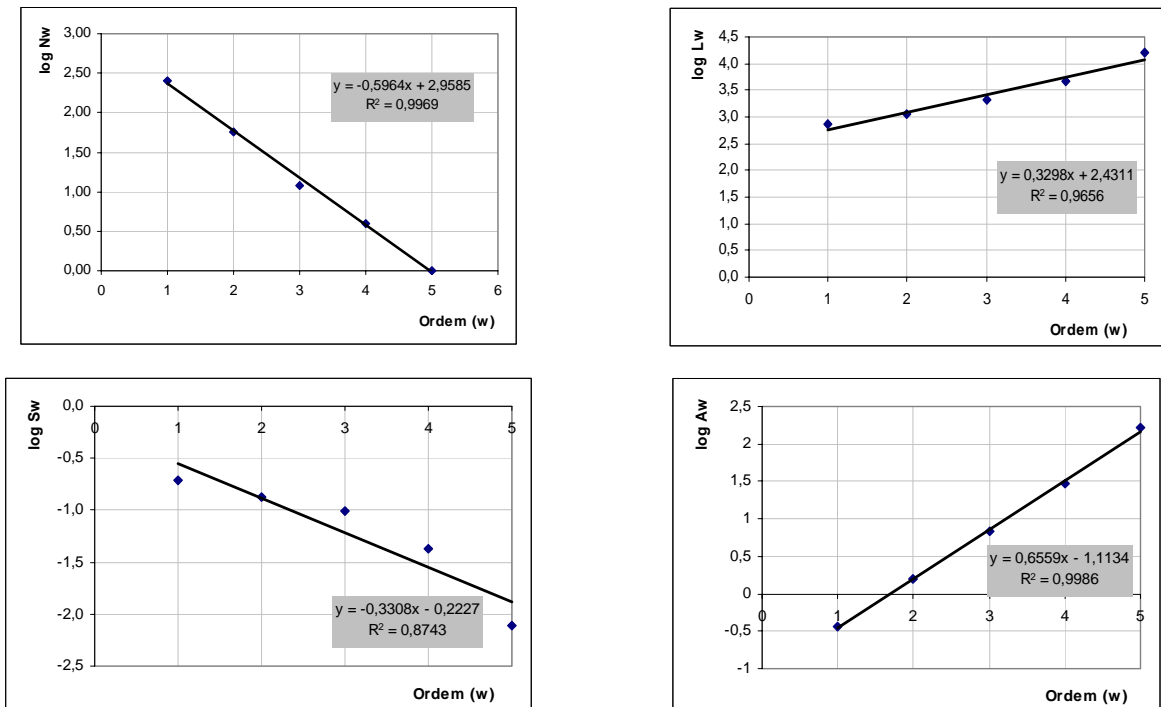


Figura 2 - Número de ordem (w) e o logaritmo do número de canais (Nw), do comprimento médio de canais (Lw), da declividade dos canais (Sw) e da área média das bacias de canais (Aw) para a bacia hidrográfica do Caeté

A forma da BHC contribui significativa para a ocorrência de enchente na bacia do Rio Caeté, representado pelo valor do índice de compacidade, do fluxo fluvial (Tabela 3). A densidade de rios e a densidade de drenagem revelaram que a bacia apresenta em média 1,5 km/km², e 1,9 segmentos de rio/km², respectivamente, o que caracteriza uma área bem drenada. As declividades na BHC são acentuadas, estando as maiores declividades principalmente nas nascentes do Rio Santo Anjo. As declividades acima de 45% representam aproximadamente 20% da área total da bacia.

Na Figura 3 verifica-se uma grande diferença altimétrica na bacia, representada por 1.293 metros, a cota de maior altitude é de 1.773 metros e a de menor 480 metros, diferença essa bem significativa. A altitude média e a mediana da bacia são de 902,6 e 1.126,5 metros, respectivamente.

A grande diferença altimétrica reflete em cursos fluviais encachoeirados, com grandes gradientes, favorecendo os processos de transporte de sedimentos fluviais. O Rio Caeté possui uma extensão de 27193 metros e uma amplitude altimétrica de 1114 metros entre sua nascente principal a foz, o que corresponde a um gradiente de canal de 0,041 km/km, que confirma a existência de cursos fluviais com um grande número de corredeiras, saltos e cachoeiras, bem como, pelo elevado número de nascentes. As densidades de segmentos da bacia, independente do método apresentaram valores expressivos, mostrando um grande número de cursos fluviais na BHC.

Tabela 3 – Índices da BHC

Índice	Valores Obtidos
1. Área (A)	163,865 km ²
2. Perímetro (P)	62,470 km
3. Comprimento da bacia (L)	15,750 km
4. Forma da bacia ou índice de compacidade	$K_c = 0,28$ P/\sqrt{A} 1,366
5. Fator de forma	$K_f = A/L^2$ 0,661
6. Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = L_t/A$ 1,949 km/km ²
7. Densidade de rios (Dr)	$Dr = N_t/A$ 1,538 rios/km ²
8. Densidade de segmentos da bacia (F_s)	a) $F_s = N_t/A$ 1,996 segmentos/km ²
	b) $F_s = 0,694Dd^2$ 2,635 segmentos/km ²
9. Comprimento total dos cursos fluviais (L_t)	319,320 km
10. Número total de segmentos, segundo hierarquização de Strahler	327 segmentos

NOTA: (1) O comprimento da bacia foi obtido considerando o comprimento do rio principal da foz até sua nascente, mais à distância em linha reta de sua nascente até o divisor de água (ver Christofolletti, 1980); e (2) N_t é o número total de rios.

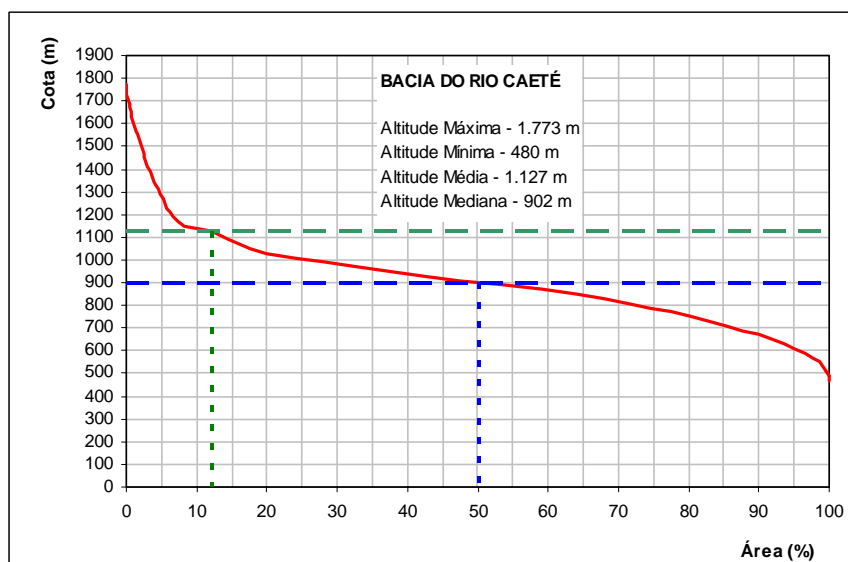


Figura 3 – Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do Caeté

A paisagem é representada por escarpas, interrompidas por patamares, na qual a dinâmica da água proporcionou um maior desenvolvimento de perfis. Quanto aos tipos de modelado, a área de estudo apresenta intensa dissecação do terreno com patamares e vales estruturais. São encontrados na bacia modelados de dissecação do tipo montanhoso, escarpado, colinoso e morraria. Este tipo de modelado apresenta forte incisão dos vales junto às encostas íngremes tornando-se mais susceptíveis a movimentos de massa. Quanto à forma das encostas resultantes de processos erosivos e/ou deposicionais no tempo, ela pode apresentar-se, de maneira geral, de quatro formas: côncavas (curvas de nível direcionadas para cima), convexas (curvas de nível direcionadas para baixo), retilíneas e escarpadas (curvas de nível paralelas e retilinizadas entre si). Os vales em “V” são caracterizados pelo sistema de drenagem encaixada, com escoamento superficial de alta velocidade e energia, resultando em processo de erosão inicialmente laminar, podendo evoluir à erosão por sulcos e voçorocas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os índices morfométricos formam uma base consistente de dados que facilitam a compreensão do relacionamento entre as propriedades físicas da rede de drenagem e suas propriedades dinâmicas, permitindo bons resultados de análise para o monitoramento dos processos hidrológicos da BHC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Lei Federal N.º 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Diário Oficial* [República Federativa do Brasil], Brasília, 9 jan. 1997.
- CHECCHIA, Tatiane et al. Análise preliminar da evolução dos deslizamentos no vale do Rio Caeté, Alfredo Wagner, SC. In: ENCONTRO SUL AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 1., 2004, Santa Maria. *Geomorfologia e riscos ambientais*. Santa Maria: UFSM, 2004. p. 01 - 14. CD-ROM.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1980.
- COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B da (Orgs.) *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995, p. 93-148.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v.56, n.3, p.275-370, 1945.
- MONTEIRO, C. A. F. *O clima da Região Sul. Geografia Regional do Brasil*. Tomo I. Cap. III. Biblioteca Brasileira, IBGE, 1963.
- SACHET, Z. P. Levantamento edafoclimatológico da microbacia do Rio Caeté. *Documento Técnico n. 20*. Florianópolis: FAPEU. 1994.
- SILVEIRA, A. L. L. da. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. *Hidrologia Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ABRH), 2000, p. 35-51.
- STRAHLER, Arthur N. Quantitative analysis of watershed Geomorphology. *Am. Geophys. Union Trans.* 38 (6): 913-920, 1957.
- STRAHLER, Arthur N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, V. T. (ed.). *Handbook of applied hydrology*. New York: Mc-Graw-Hill, 1964.
- VILLELA, S. M. & MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.
- ZĂVOIANU, I. *Morphometry of drainage basins*. New York: Elsevier Science Publisher, 1985.