

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

META

Apresentar a concepção sistêmica de uma bacia hidrográfica e as suas características em termos quantitativos, através da análise morfométrica

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

- entender a bacia hidrográfica como um sistema aberto;
- discutir os índices e parâmetros utilizados na análise morfométrica; e
- saber interpretar os resultados da análise morfométrica.

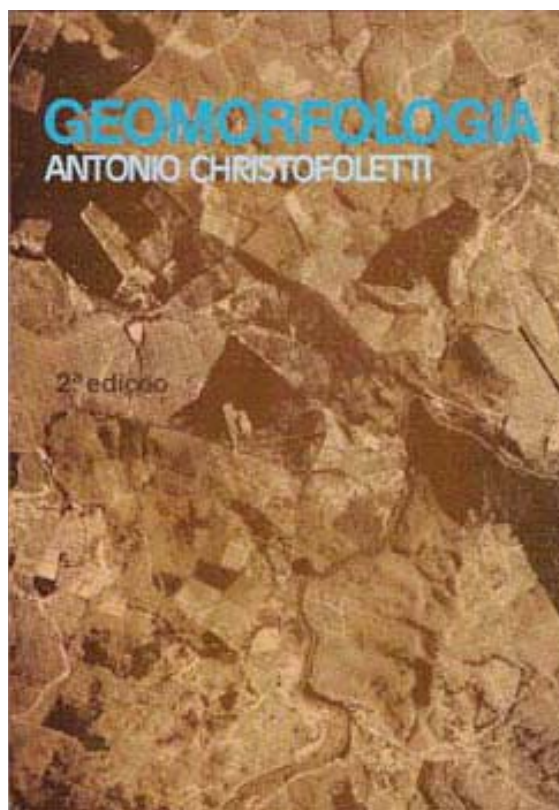


Ilustração de uma bacia hidrográfica.
(Fontes: <http://www.caminhodasaguas.ufsc.br>)

INTRODUÇÃO

A concepção sistêmica considera a bacia hidrográfica como um sistema aberto, sustentando-se num equilíbrio dinâmico, em função de constantes trocas de matéria e energia.

A matéria corresponde ao material que será mobilizado através do sistema hidrológico, representado pela água, detritos e dos solúveis exportados pela bacia no seu ponto de saída; no sistema hidrológico, pela água em seus vários estados (sólido, líquido e gasoso); e no sistema vertente, as fontes primárias de matéria são a precipitação, a rocha subjacente e a vegetação. A energia corresponde às forças que fazem o sistema funcionar, gerando a capacidade de realizar trabalho. A energia potencial é representada pela força inicial que leva ao funcionamento do sistema. A gravidade funciona como energia potencial para os sistemas hidrológico, hidrográfico e morfogenético e desencadeia a movimentação do material, sendo tanto maior quanto mais acentuada for a amplitude altimétrica da bacia. Quando o material se coloca em movimento, surge a energia cinética, ou energia do movimento. Assim, o escoamento das águas ao longo dos rios e a movimentação dos fragmentos detriticos ao longo das vertentes geram a energia cinética (CHRISTOFOLETTI, 1980).



Livro de Antonio Christofolletti que, estabelecendo a focalização sistêmica, trata sucessivamente dos processos e das formas das vertentes e das características das bacias hidrográficas das redes fluviais. (Fontes: <http://i.s8.com.br>)

O ESTUDO SISTÊMICO EM BACIA HIDROGRÁFICA PODE SER DIRECIONADO PARA:

- a) análise morfológica que conduz à individualização, caracterização e hierarquização das partes componentes do sistema. As análises morfométrica, topológica e topográfica enquadram-se nesse procedimento de estudo;
- b) análise dos processos atuantes. Essa focalização procura compreender a funcionalidade que se opera no sistema hidrográfico e as repercussões das condições climáticas sobre os outros elementos do geossistema, controlando os processos morfogenéticos, a cobertura vegetal, a formação dos solos, os regimes fluviais, etc. Toda a dinâmica do Geossistema é analisada nos processos ocorrentes em cada elemento, nas relações e fluxos de matéria e energia entre os elementos e na caracterização funcional da unidade integrativa;
- c) análise dos processos-resposta. A interação morfológica e a dos processos atuantes favorecem o estudo globalizante do geossistema com modificações na distribuição de matéria e energia e, conseqüentemente, influenciando nas formas, dando origem aos sistemas de controle geográfico.

Essa visão integrativa é importante para esclarecer a resposta dos sistemas de drenagem às condições ambientais e se faz necessário expressar, também, as características da bacia em termos quantitativos. Coube a Christofolletti (1969) os méritos da difusão no Brasil dos métodos morfométricos e suas aplicações na hidrografia e na geomorfologia, através de numerosas publicações em que estão registrados, teoricamente, os procedimentos metodológicos e sua aplicabilidade com as devidas interpretações.

Os índices e parâmetros sugeridos para a análise morfométrica de bacia hidrográfica são abordados em quatro itens: hierarquia fluvial, análise areal, análise linear e análise hipsométrica.

HIERARQUIA FLUVIAL

A hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água no conjunto total da bacia hidrográfica. A importância de sua utilização é tornar mais objetiva a análise morfométrica das bacias, como também auxiliar no gerenciamento físico-econômico da mesma, a exemplo da seleção de sub-bacias e microbacias mais representativas do ponto de vista físico.

Um sistema muito utilizado foi introduzido por Strahler (1952), em que os menores canais sem tributários são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens; os canais de quarta ordem surgem da confluência

de dois canais de terceira ordem podendo receber tributários das ordens inferiores e assim sucessivamente, até a última ordem que corresponde à ordem geral da bacia considerada, refletindo o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem (Figura 9.1). Numa bacia hidrográfica, cada segmento de determinada ordem é responsável pela drenagem de uma área e todos os tributários de ordens inferiores, ou seja, a área de bacia de quarta ordem acumula as águas das bacias de primeira, segunda e terceira ordens.

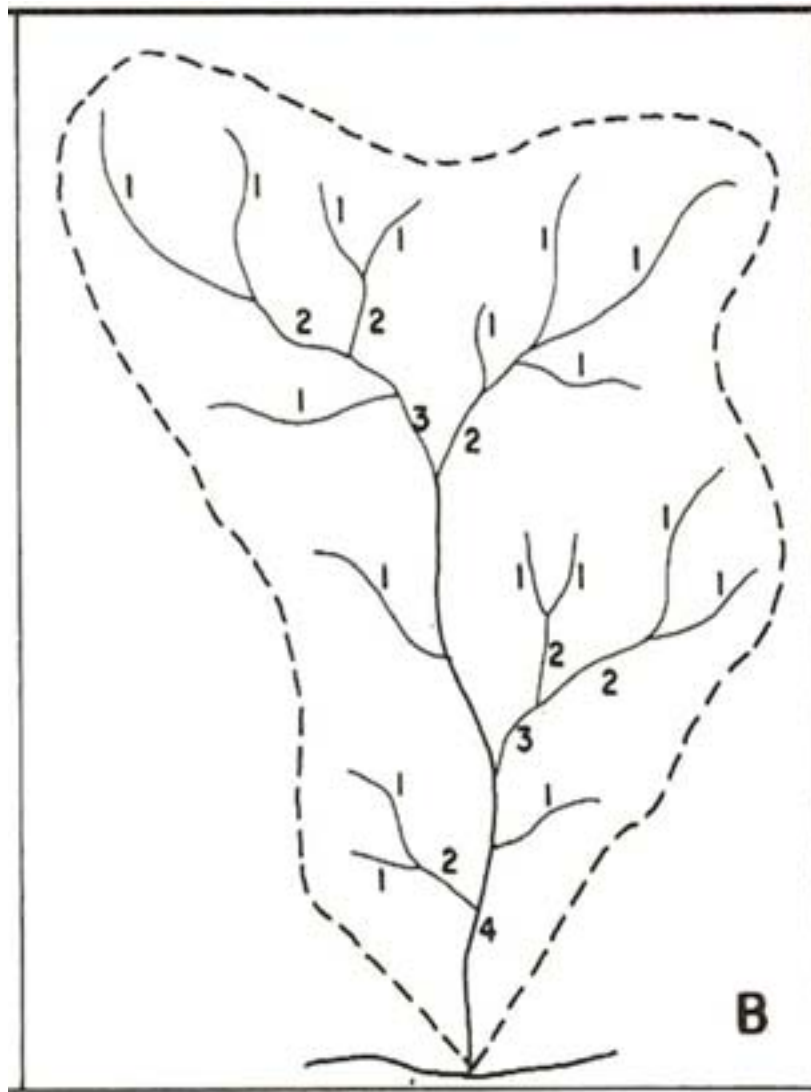


Figura 9.1 Hierarquização de drenagem (Strahler).
(Fonte: Christofolletti, 1980).

Portanto, verifica-se que a rede hidrográfica pode ser decomposta em segmentos de acordo com as regras do sistema de ordenação. Em relação ao número total de segmentos, a Tabela 9.1 exemplifica o caso da bacia representada na Figura 9.1.

Tabela 9.1 Ordem e número total de segmentos

Ordem	N. Segmentos
1 ^a	17
2 ^a	6
3 ^a	2
4 ^a	1
Total	26

Com essa ordenação, são garantidos os elementos necessários ao levantamento de outros índices morfométricos como: magnitude e frequência ou densidade de segmentos.

A magnitude representa o número de nascentes ou rios (1^a ordem) numa bacia em função do seu comportamento hidrológico. As características climáticas e litológicas definem este comportamento. A frequência ou densidade de segmentos representa o somatório de todos as ordens da bacia por unidade de área, usando-se o critério de ordenação já mencionado.

As bacias ou vales não canalizados são denominados bacias de ordem zero. São caracterizados por uma conformação topográfica côncava em planta, correspondente aos primeiros formadores da rede de drenagem, podendo constituir o prolongamento direto da nascente dos canais fluviais de 1^a ordem.

O cálculo de F_s é obtido a partir da utilização da fórmula:

$$F_s = \sum n_i$$

Na qual F_s é a frequência de segmentos; n_i é o número de segmentos de determinada ordem; $i = 1^a, 2^a, 3^a, \dots$ enésima ordem.

Para o estudo das variáveis morfométricas são realizadas medições para os seguintes atributos:

1. Área da bacia (A) – representa a superfície inclusa entre os divisores topográficos projetada em plano horizontal.

CALCULO DA ÁREA

O cálculo de área pode ser feito por diferentes métodos, conforme descrito a seguir (MOREIRA, 2005).

CONTAGEM DE QUADRÍCULAS

Por este método, a área é calculada com o auxílio de um papel vegetal milimetrado e transparente, sobreposto ao mapa temático. Neste papel é feita a contagem do número de quadrículas contidas dentro dos polígonos de cada classe temática individualizada na área de estudo. A área da classe temática resulta da soma das quadrículas (inteiras e parciais) multiplicada pelo quadrado da escala. No caso de quadrículas parcialmente inseridas no polígono, uma abordagem utilizada para contagem refere-se ao critério da compensação, ou seja, somam-se os pedaços das quadrículas dentro do polígono e multiplica por 0,5. Na Figura 9.2, é ilustrado o cálculo da área extraído de um mapa temático em que n é igual ao número de quadrículas parciais, dentro da área delimitada. Neste exemplo, cada n é mais ou menos a metade de N (quadrícula com o número 1).

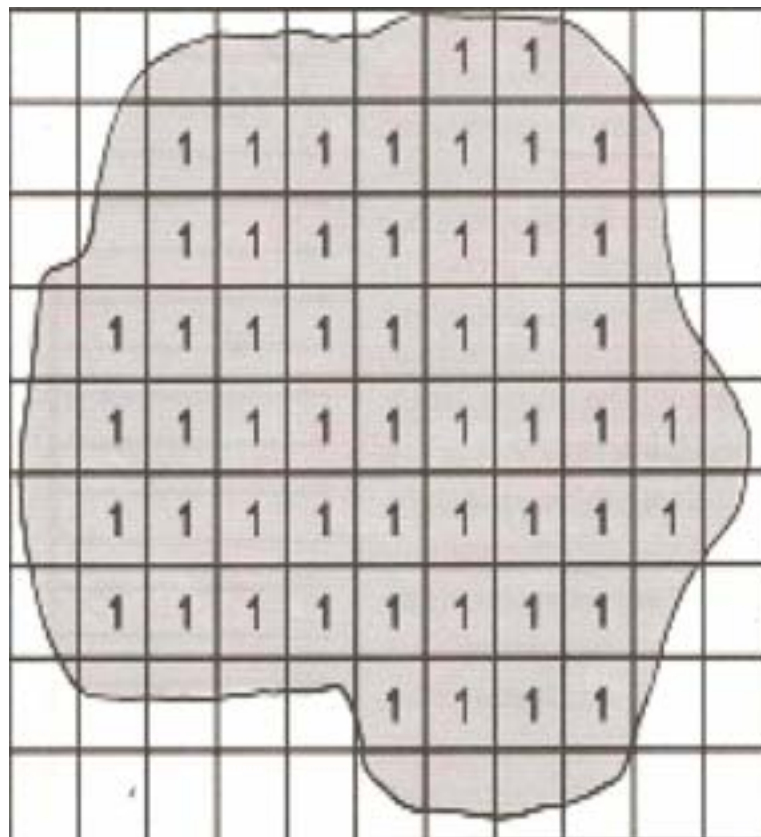


Figura 9.2 – Cálculo de área.
(Fonte: Moreira, 2005).

PESAGEM

Este método tem como base o princípio de que a relação entre as áreas de dois pedaços de papel é a mesma entre seus respectivos pesos.

No método de pesagem, inicialmente, as áreas delimitadas são copiadas

num papel de espessura perfeitamente constante. Em seguida, corta-se outro pedaço de papel, de geometria conhecida (por exemplo, retangular). Calcula-se a área deste papel e seu peso. Assim, tendo o peso das áreas delimitadas, torna-se fácil calcular a sua área. A relação entre os pesos “P” do mapa delimitado e o peso “p” do retângulo delimitado será:

$$A = A_q \times P/p$$

em que A é a área do mapa (depende da unidade utilizada) e A_q é a área do quadrado, dependendo da escala usada.

PLANIMETRAGEM

Este método tem sido muito utilizado no cálculo de áreas de propriedades rurais para inventários. O equipamento empregado no cálculo da área é o planímetro, cuja ação baseia-se numa integração mecânica. Neste procedimento, a ponta de fixação da haste do planímetro deve permanecer presa fora do perímetro da área a ser medida. A outra ponta deve passar sobre o contorno do perímetro, no sentido horário. O planímetro fornece uma leitura com quatro algarismos, em metros quadrados.

USO DO COMPUTADOR

Com o desenvolvimento da informática e dos sistemas de geoprocessamento, surgiram diversos programas que permitem calcular a área de polígonos regulares e irregulares. Neste caso, os limites das áreas são introduzidos no computador por meio de uma mesa digitalizadora, devidamente acoplada ao computador. Após a digitalização dos polígonos, é realizado o cálculo da área. Este procedimento é bastante fácil e minimiza muitos erros de omissão e de inclusão de áreas, os quais são cometidos nos outros processos discutidos. Além disso, o computador possibilita: a) a armazenagem de grande número de informações; b) o cruzamento dos dados armazenados; c) a edição de mapas em quaisquer escalas; e d) a sobreposição de informações temáticas a dados obtidos por outros sensores.

2. Perímetro (P) – expressa o comprimento total da linha do divisor de águas;

3. Diâmetro ou comprimento da bacia (L) – várias são as definições a propósito do comprimento da bacia, podendo-se mencionar, Christofoletti (1980, p. 113-114), Figura 9.3.

DEFINIÇÃO DO COMPRIMENTO DA BACIA

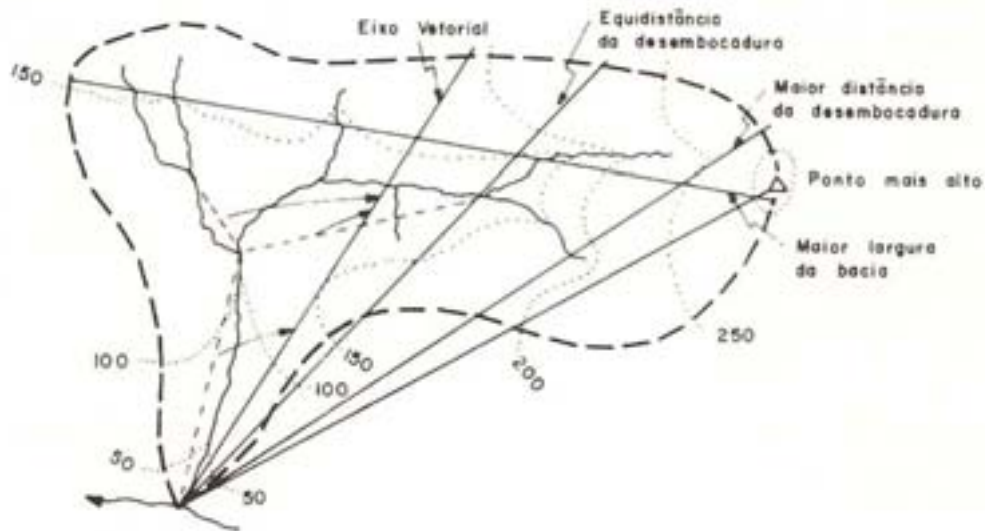


Figura 9.3 – Representação dos diversos critérios utilizados para determinar o comprimento da bacia de drenagem.
(Fonte: Christofolletti, 1980).

- distância média em linha reta entre a foz e determinado ponto do perímetro, que assinala equidistância no comprimento do perímetro entre a foz e ele. O ponto mencionado representa, então, a metade da distância correspondente ao comprimento total do perímetro;
 - maior distância medida, em linha reta, entre a foz e determinado ponto situado ao longo do perímetro;
 - distância medida, em linha reta, entre a foz e o mais alto ponto situado ao longo do perímetro; e
 - distância medida em linha reta acompanhando paralelamente o rio principal. Esse procedimento acarreta diversas decisões subjetivas quando o rio é irregular ou tortuoso, ou quando a bacia de drenagem possui forma incomum.
4. Extensão do rio principal – entendido como o canal de maior ordem, sendo representada pela distância que se estende ao longo do curso d'água, desde a foz até a cabeceira mais distante na bacia;
 5. Largura média – resultante da divisão da área pelo comprimento da bacia ou diâmetro;
 6. Amplitude altimétrica – em metros da bacia, através do cálculo de diferença existente entre a cota de maior e a de menor altitude;
 7. Declividade dos canais – relação entre a diferença máxima de altitude e a

extensão horizontal do respectivo curso d'água. Esse valor é representativo da movimentação topográfica da bacia e controla boa parte da velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando, portanto, o tempo que leva a água da chuva para se concentrar nos leitos fluviais que englobam a rede de drenagem.

O relacionamento entre os valores obtidos das medições dos atributos permite os cálculos dos parâmetros: índice de circularidade ou forma da bacia (I_c), índice de simosidade (I_s), densidade de drenagem (D_d), densidade hidrográfica (D_h), coeficiente de manutenção (C_m) e extensão do percurso superficial (E_{ps}), relação de relevo (R_r) e elevação (H_m).

ÍNDICE DE CIRCULARIDADE OU FORMA DA BACIA

Esse índice foi proposto inicialmente por Miller (1953), sendo definido como a relação existente entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro. A fórmula utilizada para o cálculo é a seguinte:

$$I_c = \frac{A}{A_c}$$

na qual I_c é o índice de circularidade; A é a área da bacia considerada e A_c é a área do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada. Expressa a forma da bacia assumindo valor de 0 a 1.

De modo geral, numa bacia estreita e alongada com índice de circularidade que mais se distancia da unidade, os tributários atingem o curso d'água principal em vários pontos afastando-se da condição da bacia de forma circular, em que a concentração total do deflúvio ocorre num só ponto, com possibilidades de cheias mais violentas. Assim, $I_c < 0,5$ representa um nível moderado de escoamento, não contribuindo na concentração de águas que possibilitem cheias rápidas. Valores entre 0,50 e 0,75 indicam que a bacia tende a ser mais circular, com tendência mediana para os processos de inundação. Já os valores entre 0,75 e 1,0, sugerem que a bacia tende a ser mais circular favorecendo as enchentes.

1,00 a 0,75 = sujeita a enchentes

0,75 a 0,50 = tendência mediana

< 0,50 = não sujeita a enchentes

ÍNDICE DE SINUOSIDADE

$$I_s = \frac{L}{dv}$$

em que L é o comprimento do canal principal e dv é a distância entre os pontos extremos do canal principal.

Este índice relaciona o comprimento verdadeiro do canal com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois pontos extremos do rio principal (SCHUMM, 1953). Valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo, valores superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos e valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares.

A forma da bacia encontra-se condicionada, em grande parte, pela concorrência expansionista de redes adjacentes. Essa expansão ocorre até que a rede atinja o seu tamanho ótimo, alcançando o equilíbrio em função das condições ambientais e que o escoamento de todo e qualquer ponto da área se faça para um determinado canal de uma bacia de drenagem.

DENSIDADE DE DRENAGEM

Esse índice é reconhecido como um dos mais significativos na análise morfométrica das bacias de drenagem, expressando as disponibilidades de canais de escoamento para o fluxo de água e materiais detríticos e o grau de dissecação do relevo resultante da atuação da rede de drenagem. O seu índice modificado por Horton (1945) e posteriormente empregado no Brasil por Freitas (1952) e Christofolletti (1969) tem a finalidade de comparar o comprimento total dos canais fluviais com a área da bacia.

Para um mesmo tipo de clima, a densidade de drenagem depende do comportamento hidrológico das rochas. Assim, nas rochas mais impermeáveis, as condições de escoamento superficiais são melhores, possibilitando a formação de canais e, conseqüentemente, aumentando a densidade de drenagem. O contrário ocorre com as rochas permeáveis. Esse índice pode ser expresso pela equação:

$$Dd = \frac{L}{A}$$

na qual Dd significa densidade de drenagem (km/km²); L é o comprimento total dos canais (km) e A é a área da bacia considerada (km²).

Na área de rochas magmáticas e metamórficas, que são mais resistentes, a permeabilidade é dificultada, existindo condições para o estabelecimento de uma rede de drenagem superficial mais densa, embora predominantemente temporária, a depender das condições climáticas. Já em rochas sedimentares, incorporam-se áreas de melhor permoporosidade, em que a capacidade de infiltração é maior do que o escoamento superficial, dando origem à baixa densidade de drenagem. Os valores baixos de densidade de drenagem estão, quase sempre, associados a regiões permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade.

DENSIDADE HIDROGRÁFICA OU DE RIOS

Esse índice foi inicialmente definido por Horton (1945) com a denominação de frequência de rios e posteriormente empregado no Brasil por Freitas (1952), como sendo a relação existente entre o número de rios ou cursos de água e a área da bacia hidrográfica. Expressa a magnitude da rede hidrográfica, indicando sua capacidade de gerar novos cursos em função das características pedológicas, geológicas e climáticas da área.

$$Dh = \frac{N}{A}$$

na qual Dh significa densidade hidrográfica ou de rios; N é o número total de rios ou magnitude da rede e A é a área da bacia considerada.

As densidades de drenagem e hidrográfica constituem parâmetros altamente significativos do ponto de vista geomorfológico. Freitas (1952) refere-se a esses parâmetros como responsáveis pela textura da topografia.

COEFICIENTE DE MANUTENÇÃO

O valor numérico correspondente ao coeficiente de manutenção representa a área mínima necessária numa bacia, para manter em funcionamento um metro de canal de escoamento, podendo ser calculado através da seguinte expressão:

$$Cm = \frac{1}{Dd} \cdot 1000$$

na qual Cm é o coeficiente de manutenção (m^2/m) e Dd é o valor da densidade de drenagem expresso em metros.

Esse índice foi definido por Schumm (1956) como um dos valores numéricos mais importantes para a caracterização do sistema de drenagem, pois limita numericamente a área requerida para o desenvolvimento e manutenção dos cursos d'água, variando o seu valor de acordo com a oscilação da densidade de drenagem. Nessa perspectiva, conforme vai ocorrendo a dissecação do relevo, vai diminuindo a área disponível para entalhamento dos canais, havendo, portanto, uma correlação inversa entre os valores do coeficiente de manutenção com os de densidade de drenagem e hidrográfica. Conforme adaptação de Tolentino, Gandolfi e Paraguassu (1968), o valor de densidade de drenagem é multiplicado por 1.000 para que o resultado seja expresso em m²/m, ou seja, quantidade de área para cada metro de canal de escoamento.

EXTENSÃO DO PERCURSO SUPERFICIAL

A extensão do percurso superficial corresponde à distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1980). Nesse sentido, é indicador do comprimento médio das vertentes de uma bacia, considerando a distância percorrida pelas águas pluviais até alcançarem o canal fluvial. É calculado como sendo igual a:

$$Eps = \frac{1}{(2.Dd)}$$

na qual Eps é a extensão do percurso superficial e Dd é a densidade de drenagem.

RELAÇÃO DE RELEVO

Esse índice foi proposto por Schumm (1956), sendo definido como a relação existente entre a amplitude altimétrica de uma bacia e o seu maior comprimento, medido paralelamente à principal linha de drenagem. Frequentemente é utilizado o diâmetro geométrico da bacia para expressar seu comprimento. Trata-se, portanto, de um parâmetro que expressa o gradiente da bacia e o cálculo pode ser efetuado a partir da fórmula:

$$Rr = \frac{Hm}{Lb}$$

na qual Hm é a amplitude altimétrica (em metros) e Lb é o comprimento do canal principal (em km).

A escolha da diferença máxima de altitude pode fornecer um resultado que mascara o real significado da movimentação topográfica da bacia de drenagem. A fim de superar essa dificuldade, dois procedimentos podem ser utilizados (CHRISTOFOLETTI, 1980):

- a) a cota máxima seria a média resultante dos pontos mais elevados entre os canais de primeira ordem do trecho superior da bacia considerada. Deve-se considerar no mínimo dez pontos cotados. Se a bacia possuir poucos canais de 1ª ordem, todos os pontos cotados podem ser considerados; e
- b) considerar como ponto máximo a média entre as cotas máximas da bacia e a cota inferior da faixa que representa pelo menos 10% da área total da bacia hidrográfica.

No índice relação de relevo, calculado em função da variação das altitudes e da extensão, quanto mais elevados são os valores, que correspondem também às maiores declividades gerais, maior é a movimentação topográfica, ou seja, há maior grau de desnível entre as cabeceiras e a foz.

ELEVAÇÃO

As variações de elevações no interior de uma bacia, assim como sua elevação média, são dados essenciais para o estudo da temperatura e da precipitação. A curva hipsométrica de uma bacia é a que representa o retrato mais preciso de sua elevação.

$$hm = \frac{(\sum A_j h_i)}{A}$$

em que A é a área total da bacia; A_j a superfície entre duas curvas de nível e h_i a elevação média entre duas curvas de nível.

Segundo Llamas (1993), a curva hipsométrica é um reflexo do estado de equilíbrio dinâmico potencial da bacia. A Figura 9.4 mostra três curvas correspondentes a três bacias que têm potenciais evolutivos distintos.

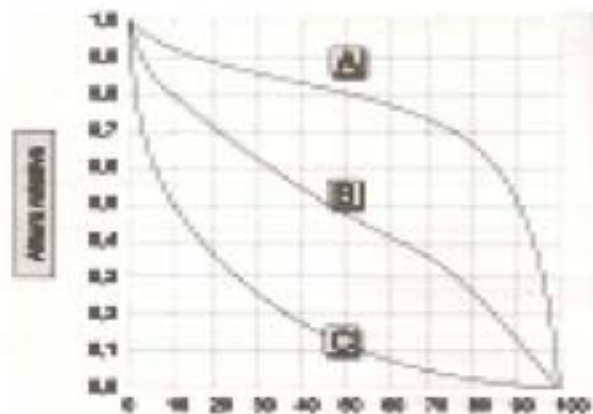


Figura 9.4 – Percentagem da área em relação à altura relativa. (Fonte: Llamas, 1993).

onde:

A = fase de juventude

B = fase de maturidade

C = fase de velhice

A curva superior (A) indica uma bacia com grande potencial erosivo; a curva intermediária (B) é característica de uma bacia em equilíbrio e a curva inferior (C) é típica de uma bacia sedimentar.

Como já destacado, as análises morfométricas são consideradas essenciais quando se faz um estudo de uma determinada bacia. Com base nas informações morfométricas, são derivados os demais estudos, a exemplo da dinâmica normal da paisagem do ponto de vista geológico, geomorfológico, climático, pedológico e hidrodinâmico (vazão, sedimentos e perfil transversal), possuindo importância também para as questões socioeconômicas e de gerenciamento de bacias hidrográficas.

As principais fontes de informação das análises morfométricas continuam a ser as cartas topográficas, consideradas indispensáveis, que somadas às novas tecnologias como o uso de SIG (Sistema de Informação Geográfica), de dados disponibilizados de radares espaciais (MNT – Modelo Numérico do Terreno) e interpretação de imagens de satélite, possibilitam um levantamento mais rápido e detalhado de uma determinada bacia, sobretudo para as de média e de grande escala. Varias informações morfométricas podem ser derivadas dos MNTs, a exemplo de delimitação da bacia e sub-bacias, área, perímetro, comprimentos totais dos cursos d'água, declividades, elevação média, além de possibilitar outros cálculos matemáticos.

A derivação de parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas demanda um trabalho árduo quando são utilizados métodos analógicos ou mesmo computacionais com interação do usuário.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são resultado da utilização conjunta de mapas digitais elaborados com auxílio do GPS (Sistema de Posicionamento Global) e de bancos de dados informatizados. Estes sistemas permitem coletar, armazenar, processar, recuperar, correlacionar e analisar diversas informações sobre o espaço geográfico, gerando grande diversidade de mapas e gráficos para necessidades específicas (CÂMARA e MEDEIROS, 1998).

CONCLUSÃO

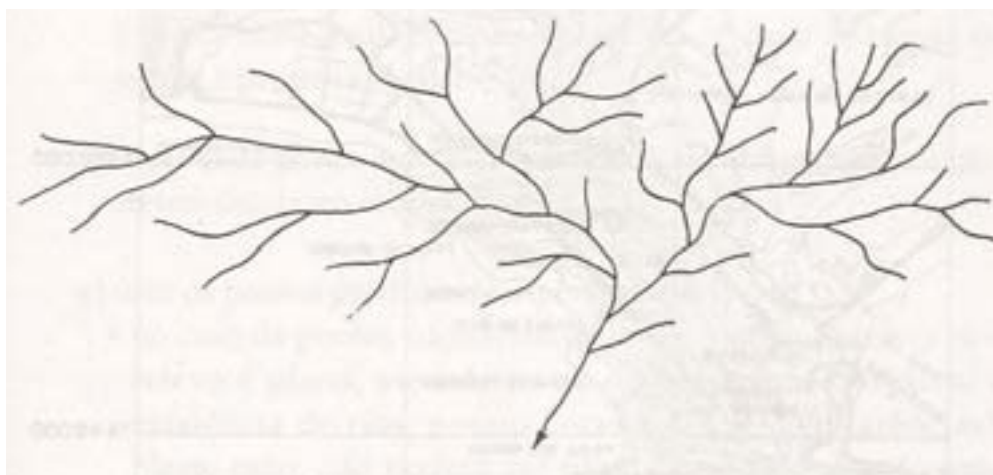
Os índices e parâmetros utilizados na análise morfométrica foram abordados em quatro itens – hierarquia fluvial, análise areal, análise linear e análise hipsométrica. A hierarquia fluvial consiste no processo de classificar determinado curso de água no conjunto total da bacia hidrográfica no qual se encontra. Na análise linear, são englobados os índices e relações a propósito da rede hidrográfica, cujas medições são efetuadas ao longo das linhas de escoamento. Na análise areal, ocorrem medições planimétricas, além das lineares. A hipsometria preocupa-se em estudar as interrelações existentes em determinada unidade horizontal de espaço, no que se refere a sua distribuição em relação às faixas de altitudes.

RESUMO

A análise morfométrica de bacias hidrográficas e sua aplicação na hidrografia e na morfologia passou a ser difundida no Brasil a partir do final da década de 60, através de numerosas publicações de Christofolletti. Os índices e parâmetros sugeridos para a análise morfométrica de bacias hidrográficas foram abordados através da hierarquia fluvial, das análises areal, linear e hipsométrica, sendo registrada a sua aplicabilidade com as devidas interpretações.

AUTOAVALIAÇÃO

1. Qual a utilização e importância do emprego das redes de hierarquia fluvial?
2. De acordo com Strahler, ordenar a bacia hidrográfica a seguir.



3. Diferencie densidade de drenagem e densidade hidrográfica





PRÓXIMA AULA

Na última aula iremos conhecer os ambientes lacustres e a importância dos movimentos tectônicos e do clima na sua gênese.

REFERÊNCIAS

- CHRISTOFOLETTI, Antonio. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**. Campinas/SP, v. 9, n.18, p. 35-64, 1969.
- _____. **Geomorfologia**. São Paulo: Bertrand, 1980.
- FREITAS, R. O. de. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**. São Paulo, v.11, p. 53-57, 1952.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative geomorphology. **Geological Society American Bulletin**. Colorado v. 56, n.3, p. 275-370, 1945.
- LLAMAS, José. **Hidrologia general: principios y aplicaciones**. Servicio Editorial de La Universidad Del País Vasco, 1993.
- MILLER, V. C. **A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee**. New York: Columbia University, 1943.
- MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2005.
- SCHUMM S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Geological Society American Bulletin**. Colorado v. 67, p. 597-646, 1956.
- STRAHLER, A. N. Hypsometric analysis of erosional topography. **Geologic Society American Bulletin**, v. 63, n. 10, p. 1117-1142, 1952.
- TOLENTINO, M.; GANDOLFI, N.; PARAGUASSU, A. B. Estudo morfométrico das bacias hidrográficas do planalto de São Carlos. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, v. 30, n. 4, p. 42-50, 1968.