

Hidrologia Aplicada

PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS EM
BACIAS HIDROGRÁFICAS

ANÁLISE AREAL E HIPSOMÉTRICA

Professor: Lázaro N. V. de Andrade

ÁREA DA BACIA (A)

- Toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em um plano horizontal.
- **Determinação:**
 - a) Planímetros
 - b) Papel milimetrado
 - c) Pesagem de papel uniforme recortado
 - d) Uso de técnicas computacionais.

COMPRIMENTO DA BACIA(L)

- **VÁRIAS DEFINIÇÕES** => diversidade de informação de acordo com o método utilizado e finalidade.
 - A) Distância medida em linha reta entre a foz e determinado ponto do perímetro que assinala equidistância no comprimento do perímetro entre a foz e ele.
 - B) maior distância em linha reta, entre a foz e determinado ponto situado ao longo do perímetro.
 - C) Distância da foz até o ponto mais alto no perímetro.
 - D) Distância em linha reta da foz acompanhando o rio principal.

COMPRIMENTO DA BACIA(L)

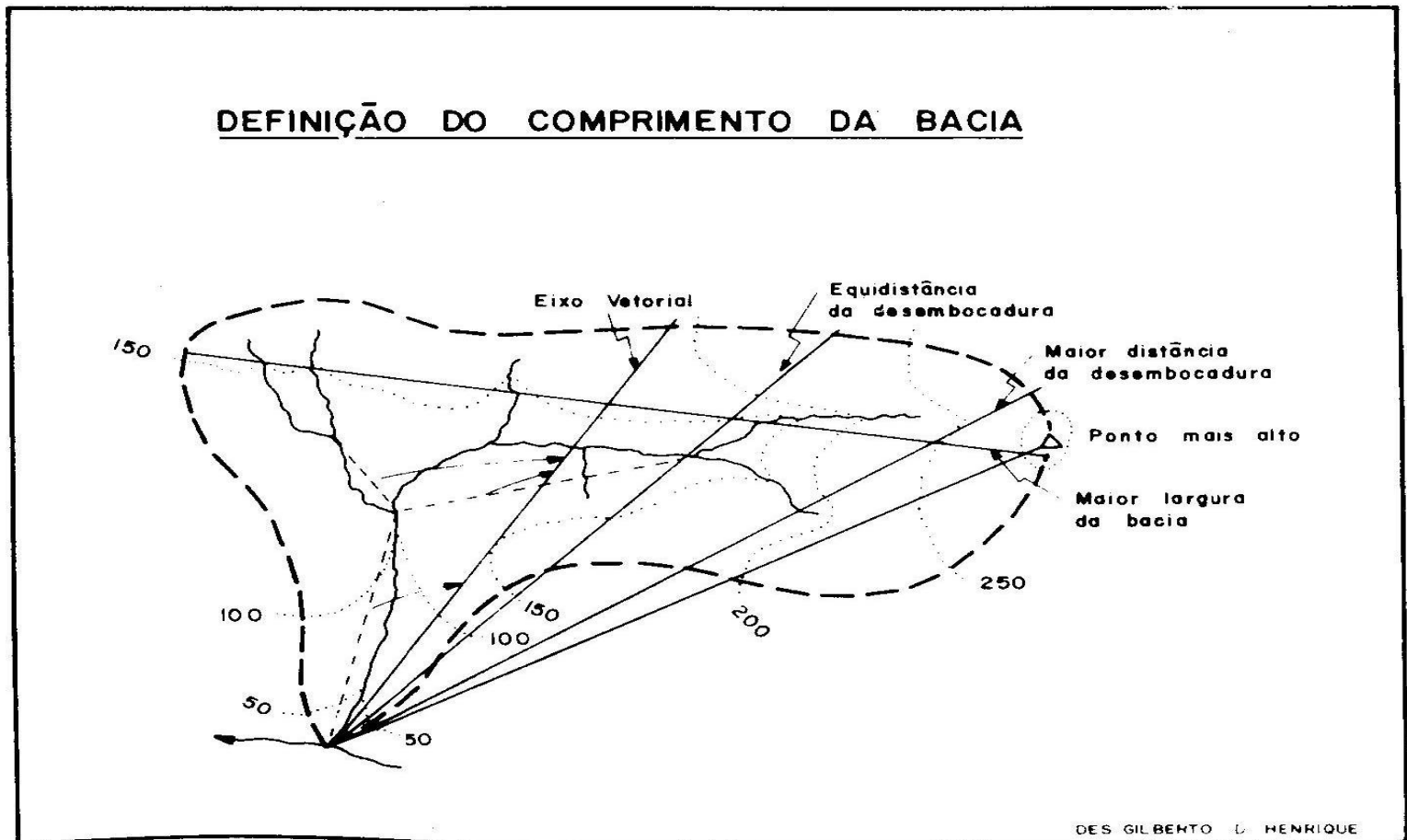


Figura 4.4 Representação dos diversos critérios utilizados para determinar o comprimento da bacia de drenagem

RELAÇÃO ENTRE O COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL E A ÁREA DA BACIA (Hack, 1957)

- **HACK, John T.** Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper* (1957), (294-B).

$$L = 1,5 \cdot A^{0,6}$$

L (km)

A (km²)

FORMA DA BACIA

- **A) Índice de circularidade (I_c):**

MILLER, V. C. A quantitative geomorphic study of drainage basins characteristics in the Clinch Mountain area. *Technical Report* (1953) (3), Dept. Geology, Columbia University.

$$I_c = A/A_c$$

A = área da bacia (km^2)

A_c = área do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada (km^2)

FORMA DA BACIA

- **B) Índice de forma (If):**

LEE, D. R.; SALLE, G. T. A method of measuring shape. *Geographical Review* (1970) 60(4), pp. 555-563.

Procedimento: traçar a figura geométrica em forma mais próxima à da bacia e determinar a sua área.

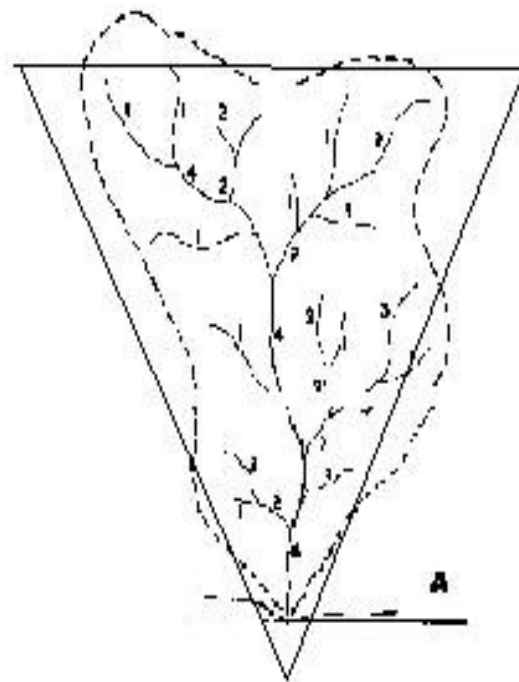
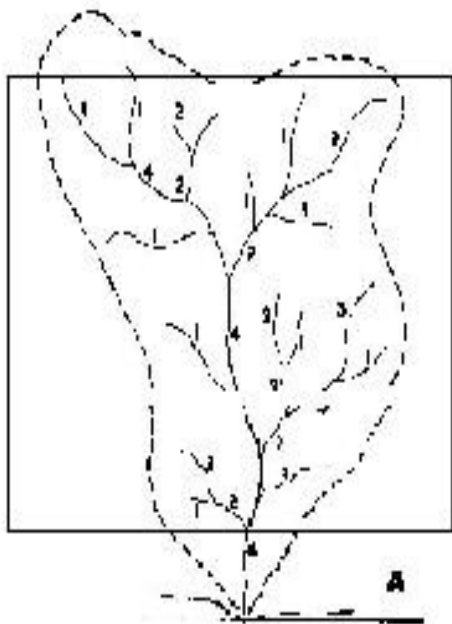
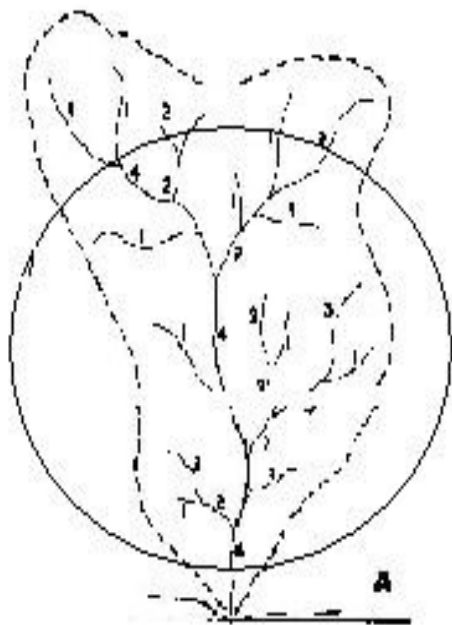
$$If = 1 - [(área K \text{ interseção } L) / (área K \text{ união } L)]$$

K = área da bacia (km²)

L = área da figura geométrica considerada (km²)

- “Quanto menor for o índice, mais próxima da figura geométrica respectiva estará a forma da bacia”.

FORMA DA BACIA



FORMA DA BACIA

- **C) Índice entre o comprimento e a área da bacia (I_{co}):**

$$I_{co} = D_b / A^{1/2}$$

D_b = diâmetro da bacia (km)

A = área da bacia (km²)

- $I_{co} \sim 1 \Rightarrow$ bacia quadrada
- $I_{co} < 1 \Rightarrow$ bacia alargada
- $I_{co} > 1 \Rightarrow$ bacia alongada

DENSIDADE DE RIOS (D_r)

=> relação entre o nº de rios e a área da bacia hidrográfica.

$$D_r = N/A$$

N = número total de rios ou cursos d'água.

A = área da bacia considerada

Horton: o valor de **N** é dado pela soma de todos os segmentos de cada ordem.

Strahler: **N** é a quantidade de rios de 1ª ordem

“Representa o comportamento hidrográfico da área em torno da capacidade de gerar novos cursos d'água”.

DENSIDADE DA DRENAGEM (D_d)

=> relação entre o comprimento total dos canais e a área da bacia hidrográfica.

$$D_d = L_t / A$$

L_t = comprimento total de rios ou cursos d'água.

A = área da bacia considerada

- relação inversa com o comprimento dos rios.
- Rochas clásticas de granulação fina => D_d alto
- Rochas de granulometria grossa => D_d baixo

DESNSIDADE DE SEGMENTOS DA BACIA (Fs)

=> aplicar o sistema de ordenação de Strahler e somar a quantidade de segmentos de todas as ordens da bacia.

$$Fs = \sum n_i / A$$

MELTON, M. A. Geometric properties of nature drainage systems and their representation in na E_4 phase space. *Journal of Geology* (1958) 66(1), pp. 35-56.

$$Fs = 0,694 D_d^2$$

Equação geral:

$$Fs / D_d^2 = [(\sum n_i) \cdot A] / L^2 = 1 / D_d \cdot L_{med}$$

L = comprimento total dos segmentos da bacia (km)

L_{med} = comprimento médio dos segmentos da bacia (km)

=> “o valor numérico deve permanecer constante para bacias geometricamente semelhantes”.

RELAÇÃO ENTRE AS ÁREAS (Ra)

- 1) Cada segmento de determinada ordem é responsável pela drenagem de determinada área.
- 2) Quanto mais elevada a ordem, a área a ela subordinada deverá abranger todos os segmentos de ordens menores que lhes são subsidiários.
- 3) Como cada segmento de ordem superior drena uma área que é cada vez maior à medida que aumenta a ordem dos canais, o índice procura relacionar as áreas das bacias de ordens subsequentes.

$$Ra = A_u / A_{u-1}$$

SCHAUMM, S. A. Evolution drainage systems and slopes in blands of Perth Amboy, *Geol. Soc. America Bulletin* (1956), 67, pp. 597-646

LEI DA COMPOSIÇÃO DA DRENAGEM

“Em uma bacia hidrográfica a área média das bacias de drenagem dos canais de cada ordem têm uma ordenação aproximada a uma série geométrica direta, na qual o primeiro termo é a área média das bacias de 1ª ordem”.

COEFICIENTE DE MANUTENÇÃO (Cm) (SCHUMM, 1956)

⇒ Fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento.

$$C_m = [1 / D_d] \cdot 1000$$

D_d = valor da densidade de drenagem expresso em metros.

C_m = adimensional.

$$1 \text{ km}^2 = 1.000.000 \text{ m}^2 \text{ (A)}$$

$$1 \text{ km} = 1.000 \text{ m (L}_t \text{)}$$

ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

- **Hipsometria:**

- ✓ Estudo das inter-relações existentes em determinada **unidade horizontal** de espaço em termos de distribuição em relação às faixas **altitudinais**.
- ✓ Indica a proporção ocupada por determinada área da superfície terrestre em relação às **variações altimétricas** a partir de determinada **isoipsa** base.

ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

BACIA DO RIBEIRÃO DO LOBO
MUNICÍPIOS: ITIRAPINA - BROTAS - SP

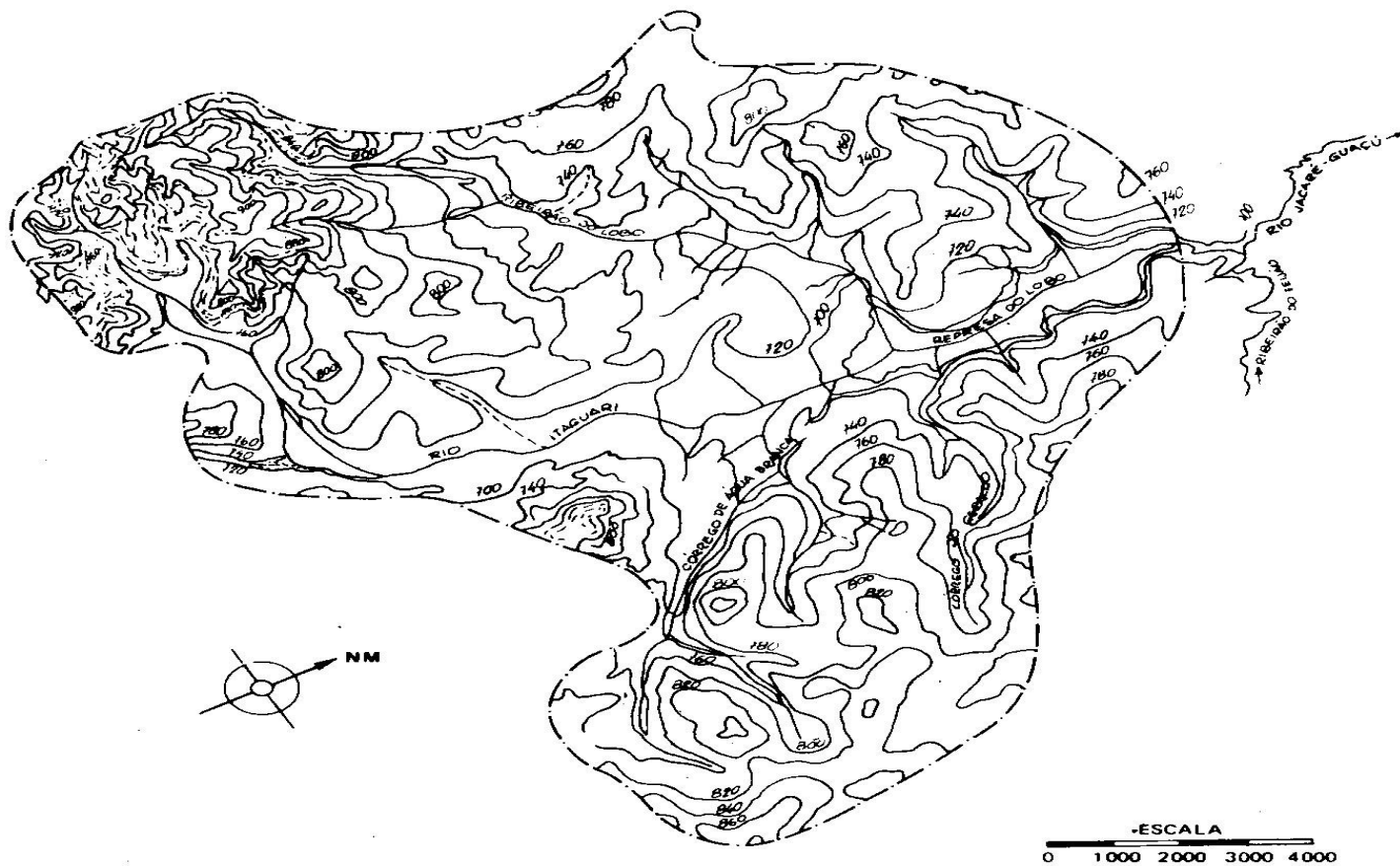


Fig. 2.3 – Bacia do Ribeirão do Lobo

ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

TABELA 2.1 – Distribuição de Declividade

Bacia: Ribeirão do Lobo – S.P.
Mapa: IBGE *Escala:* 1:50000

Quadrículas: 1 km de lado
Área de Drenagem: 177,25 km²

1	2	3	4	5	6
Declividade em m/m	Número de Ocorrência	Porcentagem do Total	Porcentagem Acumulada	Declividade Média do Intervalo	Coluna 2 X Coluna 5
0,0000 – 0,0049	249	69,55	100,00	0,00245	0,6100
0,0050 – 0,0099	69	19,27	30,45	0,00745	0,5141
0,0100 – 0,0149	13	3,63	11,18	0,01245	0,1618
0,0150 – 0,0199	7	1,96	7,55	0,01745	0,1222
0,0200 – 0,0249	0	0,00	5,59	0,02245	0,0000
0,0250 – 0,0299	15	4,19	5,59	0,02745	0,4118
0,0300 – 0,0349	0	0,00	1,40	0,03245	0,0000
0,0350 – 0,0399	0	0,00	1,40	0,03745	0,0000
0,0400 – 0,0449	0	0,00	1,40	0,04245	0,0000
0,0450 – 0,0499	5	1,40	1,40	0,04745	0,2373
Total	358	100,00	–	–	2,0572
Declividade Média = $\frac{2,0572}{358} = 0,00575 \text{ m/m}$					

ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

- **Curva hipsométrica:**

- ✓ Exprime a forma do volume rochoso.
- ✓ Facilita a comparação entre áreas de tamanhos e topografias diferentes.
- ✓ Evita o emprego de escalas absolutas e aplica-se parâmetros relativos, em porcentagens.
- ✓ Conhecendo-se a altura e a área de cada faixa **altitudinal** analisada pode-se calcular o volume de uma faixa específica.
- ✓ A soma de todos os volumes representará o volume rochoso ainda existente na região.

ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

TABELA 2.2 — Curva Hipsométrica

Bacia: Ribeirão do Lobo — S.P.

Área de Drenagem: 177,25 km²

Mapa: IBGE

Escala: 1:50000

1	2	3	4	5	6	7
Cotas (m)	Ponto Médio (m)	Área (km ²)	Área Acumulada (km ²)	%	% Acumulada	Coluna 2 X Coluna 3
940 — 920	930	1,92	1,92	1,08	1,08	1 785,6
920 — 900	910	2,90	4,82	1,64	2,72	2 639,0
900 — 880	890	3,68	8,50	2,08	4,80	3 275,2
880 — 860	870	4,07	12,57	2,29	7,09	3 540,9
860 — 840	850	4,60	17,17	2,59	9,68	3 910,0
840 — 820	830	2,92	20,09	1,65	11,33	2 423,6
820 — 800	810	19,85	39,94	11,20	22,53	16 078,5
800 — 780	790	23,75	63,69	13,40	35,93	18 762,5
780 — 760	770	30,27	93,96	17,08	53,01	23 307,9
760 — 740	750	32,09	126,05	18,10	71,11	24 067,5
740 — 720	730	27,86	153,91	15,72	86,83	20 337,8
720 — 700	710	15,45	169,36	8,72	95,55	10 969,5
700 — 680	690	7,89	177,25	4,45	100,00	5 444,1
Total		177,25				136 542,1

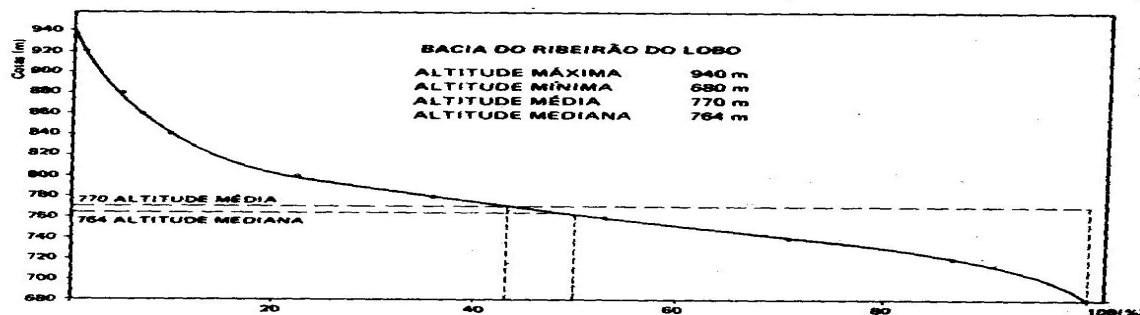


Fig. 2.8 — Curva Hipsométrica

ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

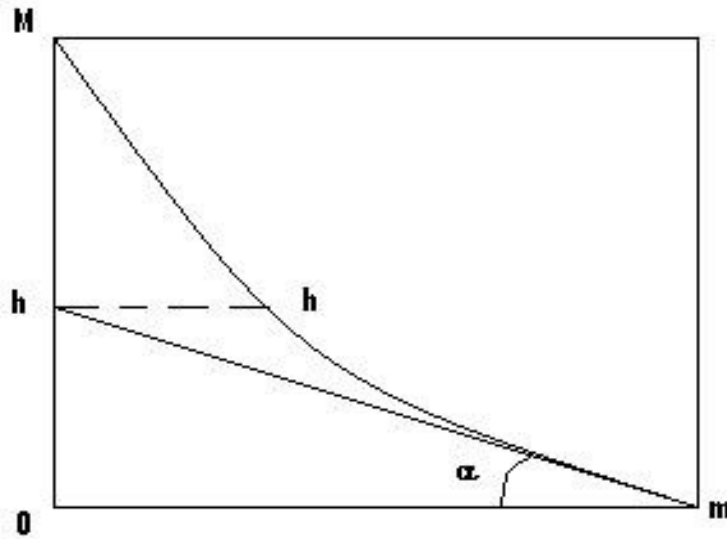


Gráfico de ih

(Mm) = curva hipsométrica
(MOM) = superfície rochosa
(Oh) = altura média
(Om) = área projetada da bacia
(MO) diferença altimétrica

- “Se considerarmos o espaço total do quadrado como correspondendo ao volume global inicial (ideal), o espaço situado entre a curva hipsométrica e as linhas inferior e lateral esquerda é o volume existente (calculado a partir da integral hipsométrica).

ANÁLISE HIPSONÉTICA

- Uma simples regra de três permite determinar a altura média:

Amplitude altimétrica ----- 100

Altura média -----integral hipsométrica

COEFICIENTE DE MASSIVIDADE

- **Coeficiente de massividade:** (sempre < 1)
 - “quociente da divisão da altura média do relevo da área pela sua superfície.”

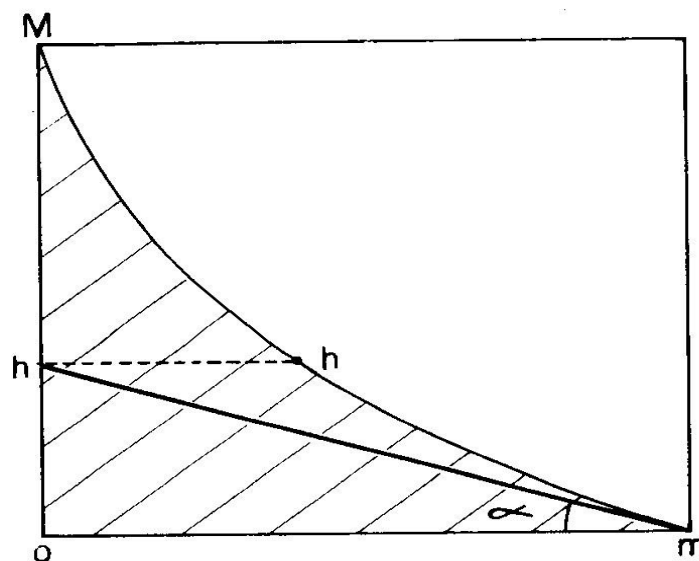


Figura 4. Gráfico representando a curva hipsométrica (Mm), a integral hipsométrica (superfície Mom) e a altura média (oh). O comprimento Om representa, proporcionalmente, a área projetada da bacia, enquanto Mo representa, de modo proporcional, a diferença altimétrica entre o ponto mais elevado da bacia e a desembocadura

COEFICIENTE OROGRÁFICO

- **Coeficiente orográfico:** “produto da altura média pela tangente do ângulo formado por ela e a superfície da bacia.”

$$\text{Coeficiente orográfico} = H_{\text{med}} \cdot \text{tg}_{\alpha}$$

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

120

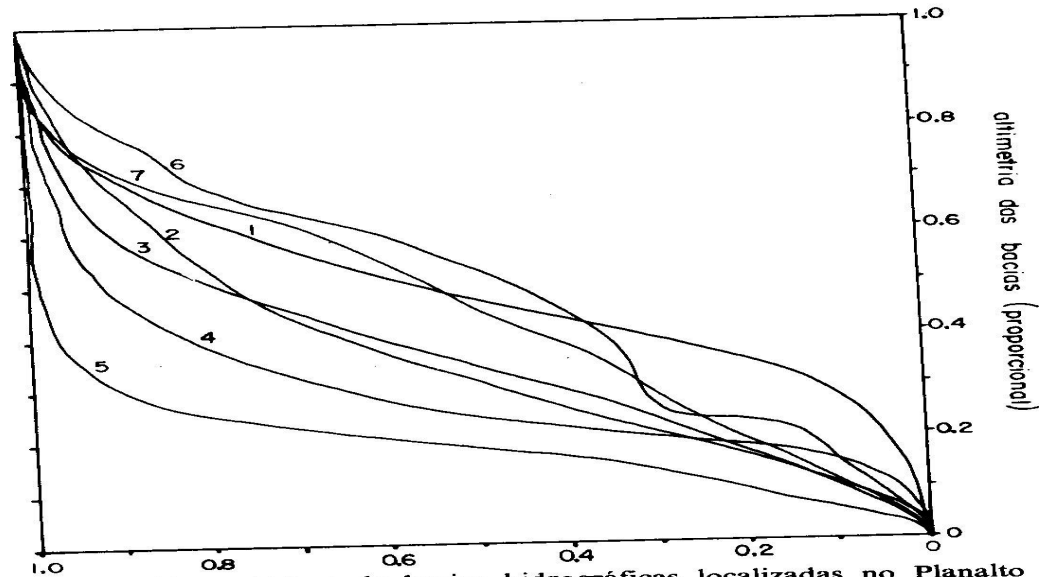


Figura 4.7 Curvas hipsométricas de bacias hidrográficas localizadas no Planalto de Poços de Caldas: 1) córrego Pouso Alegre; 2) córrego das Vargens; 3) córrego da Cachoeira; 4) rio Verdinho; 5) córrego Tamanduá; 6) córrego do Quartel; 7) córrego Grande (conforme Christofoletti, 1970)

Tabela 4. Dados hipsométricos sobre as bacias hidrográficas localizadas no Planalto de Poços de Caldas (MG)

Bacias	Área (km ²)	integral hipsométrica	altitudes máxima	mínima	(em m) amplitude	altura média	coeficiente de massividade	coeficiente orográfico
1. Córrego Pouso Alegre	103,7	0,481	1 560	1 045	515	248	0,481	119,2
2. Córrego das Vargens	35,9	0,352	1 460	1 250	210	74	0,352	26,0
3. Córrego Cachoeira	16,9	0,350	1 460	1 280	180	63	0,350	22,0
4. Rio Verdinho	80,8	0,308	1 707	1 045	662	204	0,308	62,8
5. Córrego Tamanduá	38,8	0,186	1 630	1 270	360	67	0,186	12,5
6. Córrego Quartel	34,1	0,483	1 550	840	710	343	0,483	165,7
7. Córrego Grande	68,5	0,488	1 570	960	610	297	0,488	144,9

AMPLITUDE ALTIMÉTRICA MÁXIMA (H_m)

- Corresponde à diferença altimétrica entre a altitude da desembocadura (exultório) e a altitude do ponto mais alto situado em qualquer lugar da divisória topográfica.
- Possíveis dificuldades na determinação:
 - a) A cota máxima seria a média resultante dos pontos mais elevados entre os canais de primeira ordem do trecho superior da bacia considerada.
 - b) Considerar como ponto máximo a média entre as cotas máximas da bacia e a cota inferior da faixa que representa (faixa superior) pelo menos 10 % da área total da bacia hidrográfica.

RELAÇÃO DE RELEVO (R_r)

- O relacionamento existente entre a amplitude altimétrica máxima de uma bacia e a maior extensão da referida bacia, medida paralelamente à principal linha de drenagem.

$$R_r = H_m/L_b$$

H_m = amplitude topográfica máxima.

L_b = comprimento da bacia

RELAÇÃO DE RELEVO (R_r)

- MELTON, M. A. “Na analysis of the relations among elements of climate, surface properties and geomorphology”, *Thecnical Report* (1957), (11), Dept. Geology, Columbia University.

$$R_r = (H_m/P) \cdot 100$$

P = Perímetro da bacia.

MELTON, M. A. (1965).?

$$R_r = H_m/A^{0,5}$$

ÍNDICE DE RUGOSIDADE

- O índice de rugosidade combina as qualidades de declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem (número adimensional).

$$I_r = H \cdot D_d$$