

# EROSÃO E ENERGIA DO RELÊVO

Eng.º José SETZER

## O PROBLEMA

Nos nossos trabalhos de levantamento agro-geológico do Estado de São Paulo<sup>1</sup> deparamos com um problema geográfico que exige solução quantitativa: como um dos principais fatores que condicionam e regem os efeitos da erosão dos solos de uma região, é preciso avaliar em que grau é acidentada a topografia, obtendo um certo índice numérico.

A erosão laminar do solo, isto é, aquela que carrega morro abaixo a parte superficial (a mais rica) do solo e sulca as terras declivosas por valetas que são leitos de enxurradas, depende dos seguintes fatores:

- 1 — *Natureza física do solo,*
- 2 — *Sua cobertura vegetal,*
- 3 — *Declividades do terreno e*
- 4 — *Intensidade das chuvas.*

No primeiro item é preciso distinguir:<sup>2</sup>

- A — *Porosidade média da camada superficial do solo,*
- B — *Sua capacidade específica de retenção d'água,*
- C — *Sua permeabilidade e limites, entre os quais esta parece variar,*
- D — *Sua profundidade e heterogeneidade,*
- E — *Natureza e espessura da camada subjacente.*

No caso de uma determinada encosta de morro, todos esses fatores são representados quantitativamente. A natureza física da camada subjacente e a espessura da primeira camada do solo indicam o volume de água que pode ser absorvida pelo terreno num tempo determinado. A cobertura vegetal do solo representada por um índice, a declividade do terreno (%) e a intensidade da chuva indicam o andamento do fenômeno em cada caso.

Afim de se avaliar a erodibilidade geral de uma região, todos os fatores mencionados podem ser tomados nas suas condições médias, avaliando-se, paralelamente, as condições máximas e mínimas, para se ter idéia da variação, mas para a declividade torna-se útil obter por cálculo um índice geral de *acidentalidade do terreno*. Esse índice deve relatar a *sinuosidade e a proximidade recíproca das curvas de nível* do mapa topográfico da região.

Encontramos valioso auxílio na solução prática do problema por intermédio do artigo de M. N. GRICHTCHENCO, publicado em 1939 na *Revista da Sociedade Nacional de Geografia* da U.R.S.S., editada pela Academia de Ciências daquele país.<sup>3</sup>

## A SOLUÇÃO DO PROBLEMA

O mapa topográfico constitui uma projeção da superfície real de uma região sobre um plano, que é o do papel do mapa sob determinada redução. Considerando um elemento  $dS_0$  da superfície do mapa, tão pequeno, que a sua declividade seja uniforme de modo que possa ser, em qualquer ponto, expressa pelo ângulo  $\alpha$ , temos a área real  $dS$  do elemento de terreno:

$$\frac{dS_0}{\cos \alpha} = dS$$

<sup>1</sup> SETZER, José — O levantamento agro-geológico do Estado de São Paulo, em execução pela Seção de Solos do Instituto Agr. do Estado, em Campinas. *Rev. Bras. de Geografia*, 3:35-69 c/ 20 digrs. e 1 tab., Rio, 1941.

<sup>2</sup> SETZER, José — As propriedades físicas do solo em face do combate à erosão. *Rev. de Agricultura*, 15:99-110 c/ 10 tab. Piracicaba, março 1940.

<sup>3</sup> GRICHTCHENCO, M. N. — Métodos de utilização das cartas de energia do relevo para o cálculo de coeficientes de acidentalidade do terreno. *Rev. da Soc. Nac. de Geografia* (Academia de Ciências da URSS) 71:415-420 c/ 2 figs. e 1 tab. Leningrado, 1939.

Dois pontos pertencentes a curvas de nível diferentes podem ser especificados pela sua cota e pela distância no plano do mapa. Seja  $h$  a diferença de cota e seja  $D$  a distância, ambos expressos em metros. Seu quociente nos dará a tangente do ângulo da declividade máxima do terreno:

$$\frac{h}{D} = \operatorname{tg} \alpha$$

A exatidão destes cálculos depende da escala do mapa e do grau de aproximação, com que a região foi levantada.

Dividido o mapa topográfico em quadrados possivelmente pequenos e numerosos, calculamos a área  $dS$ , de cada um, os ângulos  $\alpha$  e, finalmente, as áreas verdadeiras  $dS$ . Estes cálculos incluem sempre dois erros que se compensam até certo ponto:

1 — Erro para menos, ao supormos uniforme a declividade do terreno entre dois pontos: graças aos pequenos acidentes não representados entre as curvas de nível do mapa, a superfície real é maior que a calculada;

2 — Erro para mais, em virtude de trabalharmos sempre com ângulos de maior declive, de modo que, os que não o são, na realidade indicariam superfície menor.

Os dois erros variam na proporção direta com a energia do relevo, dando a idéia de se compensarem bastante bem.

Somando tôdas as áreas elementares verdadeiras  $dS$ , temos a área real da região  $S$ .

E' claro que, quanto mais acidentada é a região, tanto maior é a diferença entre a sua área aparente  $S_0$ , dada pelo mapa, e a área verdadeira  $S$ , resultante dos cálculos.

Esta diferença

$$S - S_0 = \Delta$$

por si só já representa a acidentalidade do terreno, mas, se relacionarmos esta diferença com a área aparente  $S_0$ , teremos um coeficiente  $K$  mais explícito por ser independente da área considerada:

$$\frac{\Delta}{S_0} = K$$

$K$  é o coeficiente de acidentalidade do terreno.

#### EXEMPLO DE ROTINA

Afim de abreviar o trabalho, dividimos o mapa topográfico da região em quadrados tanto menos numerosos, quanto menos acidentada é a região. Dentro de cada quadrado somamos o comprimento das suas curvas de nível. Seja êle  $L$ . As curvas de nível indicam as altitudes de  $h$  em  $h$  metros. E' evidente que o quociente

$$\frac{S_0}{L} = D$$

dará a distância média entre as curvas de nível no plano do mapa. Então

$$\frac{h}{D} = \operatorname{tg} \alpha$$

dará a declividade média geral  $\alpha$  do terreno. Efetuamos a divisão

$$\frac{S_0}{\cos \alpha} = S$$

e temos a área real de cada quadrado da região. Daí vêm:

$$S - S_0 = \Delta \quad \text{e} \quad \frac{\Delta}{S_0} = K$$

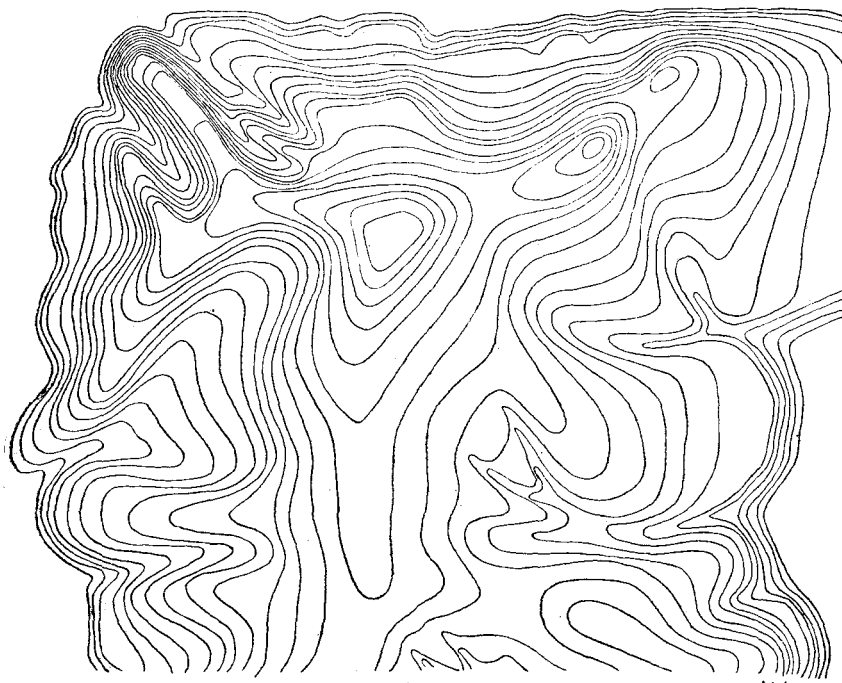
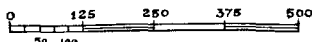


Fig. 1

ESCALA GRÁFICA



EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL: 1 m.

DECLIVIDADE GERAL DA REGIÃO, CALCULADA: 5,14%

Na fig. 1 temos o mapa topográfico de uma região na escala de 1:12 500. Suas características são as seguintes:

Área aparente:  $S. = 163,029$  hectares

Comprimento total das curvas de nível:  $L = 83,65$  km

Distância média entre as curvas de nível:  $D = \frac{1630290 \text{ m}^2}{83650 \text{ m}} = 19,49$  m

Declividade média geral do terreno:  $\frac{h}{D} = \frac{1}{19.5} = 0,0514 = \text{tg } \alpha$

Ângulo dessa declividade:  $\alpha = \text{arc tg } 0,0514 = 2^\circ 56'$

Área real do terreno:  $S = \frac{163,029 \text{ Ha}}{\cos 2^\circ 56'} = 163,20$  Ha

Diferença entre as áreas, causada pela acidentalidade do terreno:

$$\Delta = S - S. = 1710 \text{ m}^2$$

Coefficiente da acidentalidade do terreno:  $\frac{\Delta}{S.} = \frac{1710 \text{ m}^2}{1630290 \text{ m}^2} = 0,00014 = K$

Nos trabalhos de rotina, para confronto de duas regiões e para a obtenção da declividade geral do terreno, expressa comumente em % nas questões de erosão, podemos economizar tempo chegando apenas à metade dos cálculos, isto

é, até a obtenção do valor  $\frac{h}{D}$ , que é a declividade máxima geral do terreno.

Evitam-se assim todos os cálculos trigonométricos.

Assim a declividade geral da região é 0,0514 ou 5,14%.

A fig. 2 dá a divisão da área da fig. 1 em parcelas, bem como as declividades gerais obtidas para cada uma.

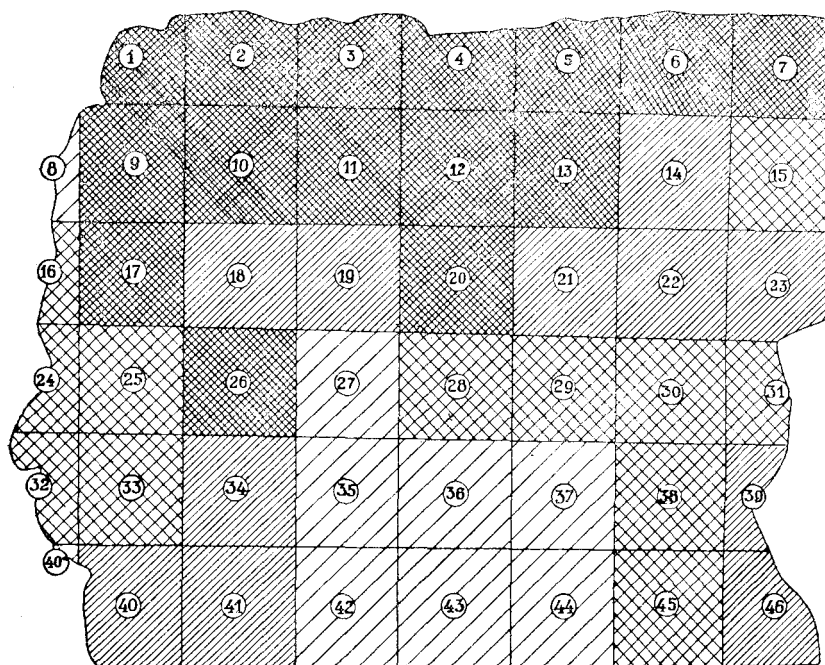
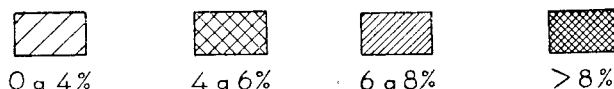


Fig. 2

**DECLIVIDADES GERAIS DO MAPA DA FIG. ANTERIOR**



Essas porcentagens de declividade máxima geral podem por si só dar uma boa classificação da energia do relevo da região. Foram obtidas assim áreas de declividade de 0 a 4%, de 4 a 6%, de 6 a 8% e as de declividade superior a 8%. No caso de avaliação do grau, em que uma região se acha sujeita à erosão, os cálculos ulteriores que conduzem ao coeficiente de acidentalidade do terreno, são dispensáveis.

Achamos útil transcrever a bibliografia citada por GRICHTCHENCO:

- VÁCHTIN, B — *Caraterização matemática do relevo de uma região*. Geodesista (revista russa), n.º 2-3, 1930.
- CALIÉSSNIK, S. V. — *Representação gráfica da energia do relevo*. Rev. Soc. Nac. de Geografia da U. R. S. S., n.º 6, 1936.
- SPIRIDÓNOV, A. I. — *Mapas de energia do relevo*. Rev. Soc. Nac. de Geografia da U. R. S. S., n.º 5, 1935.
- EDELSTEIN, S. J. — *Introdução à Geomorfologia*. Moscou, 1933.
- BRUENING, K. — *Reliefenergie des Harzes*. Jahrb. Geogr. Gesellschaft zu Hanover, 1927.
- KREBS, N. — *Eine Karte der Reliefenergie Sueddeutschlands*. Peterm. Mitteilung., 1922.
- SCHREPPER, H., und KALLNER, N. — *Die maximale Reliefenergie Westdeutschlands*. Peterm. Mitteilung., 1930.