



1

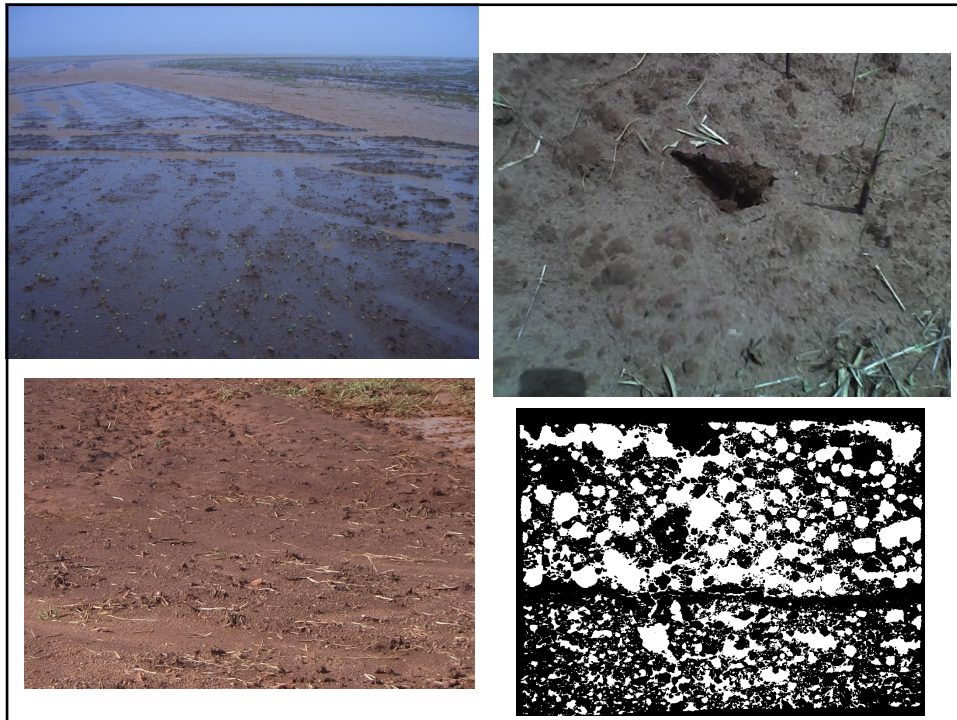
Erodibilidade do solo

É a susceptibilidade de um solo em sofrer erosão.

A ação erosiva da água atua sobre o solo:

- Reduzindo a taxa de infiltração e a rugosidade superficial do solo devido à desestruturação (aumentando a enxurrada);
- Desprendendo e transportando as partículas pela enxurrada;
- Determinando o funcionamento físico-hídrico do solo.

2



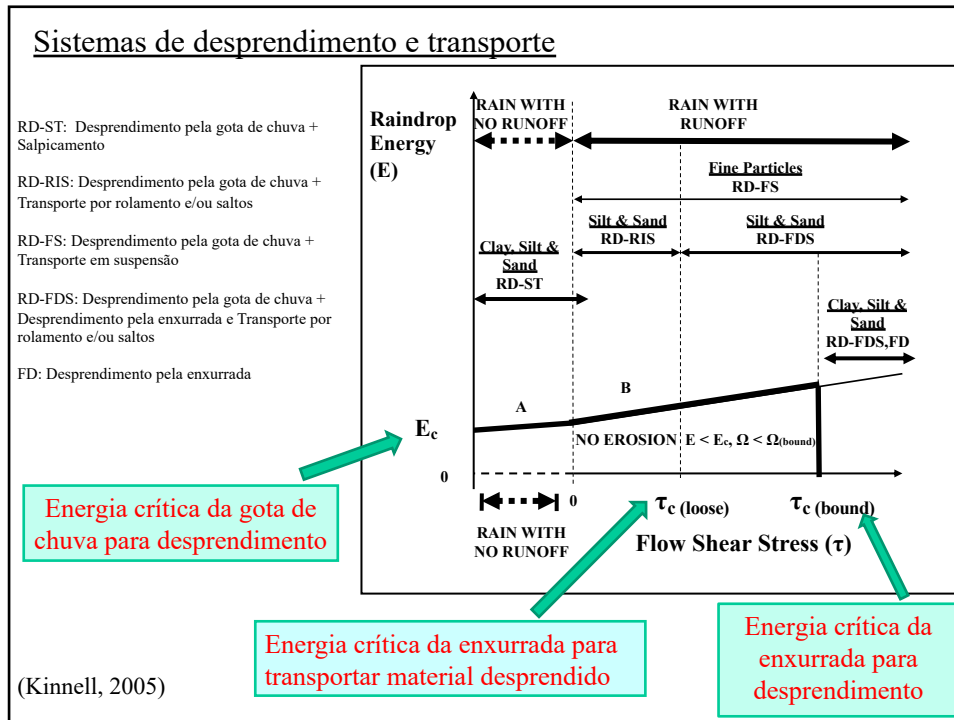
3

Restrições na aplicabilidade da informação sobre erodibilidade do solo:

-a distribuição das forças erosivas e de resistência do solo variam para cada sub-processo ativo em vertentes sendo a erodibilidade do solo relacionado a processos específicos;

-A variabilidade temporal e espacial dos atributos do solo que controlam a erodibilidade.

4



5

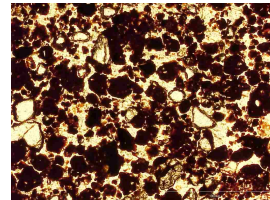
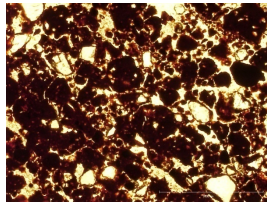
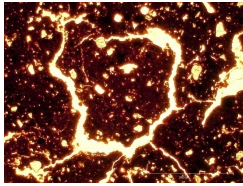
Atributos do solo e a erodibilidade do solo

- Vários atributos do solo podem afetar direta ou indiretamente a erodibilidade;
- Não existe nenhum atributo isolado que possa descrever integralmente a erodibilidade;
- Na prática, a agregação do solo e a força de cisalhamento afetam diretamente a erosão.

7

Agregação

- Processo de união de partículas do solo para formar agregados
- Alta variabilidade na estabilidade em função da sua gênese e composição (incluindo a cimentação)
- Macroagregados x microagregados



8

Consistência do solo

- uso dos limites de consistência de Atterberg
 - os limites relevantes para a erodibilidade:
 - 1) Limite de coesão: a umidade na qual o solo se torna coeso;
 - 2) Limite de plasticidade: o limite no qual o solo se deforma plasticamente sob stress;
 - 3) Limite líquido: o limite no qual o solo flui sob um stress definido e moderado;
 - 4) Limite de contração: limite abaixo do qual há formação de fissuras que podem afetar a formação de sulcos

9

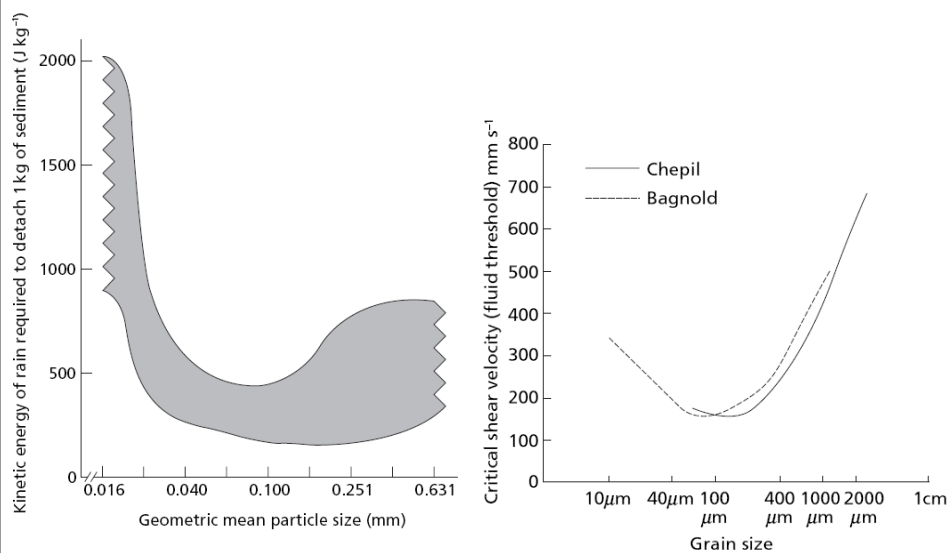
Força de cisalhamento ou resistência do solo ao cisalhamento

- Controla a resistência do solo ao desprendimento de partículas;
- Depende das forças de coesão entre as partículas e agentes cimentantes;
- Difícil de medir no campo na precisão requerida para os processos erosivos. Utiliza-se um equipamento chamado Torvane.



10

Outro atributos: Textura



- forte interação como outros atributos (CTC, mineralogia, etc).

11

Mineralogia da argila:

- ambivalente: Caulinitas x Esmectitas

- Cimentação

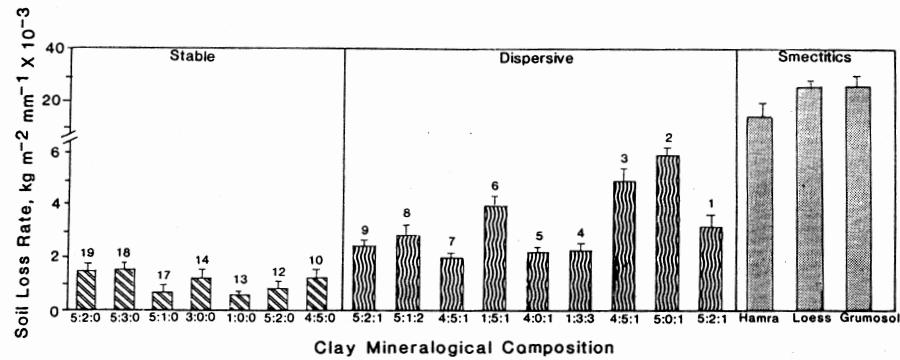
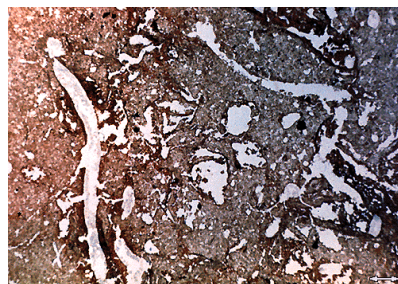
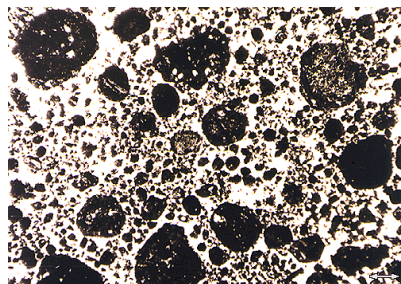


Fig. 3 Soil loss rates of untreated stable, dispersive and smectitic soils. Numbers below the columns represent the mineral ratios of kaolinite, illite, and smectite respectively. (From Stern, Ben-Hur and Shainberg, 1991).

12

Matéria orgânica:

- A matéria orgânica reduz a erodibilidade do solo;
- Depende da interação entre a MO e outros atributos;
- Aumenta a atividade biológica



13

Na e outros cations

- Atuação na dispersão de partículas;
- Depende dos teores de argila e mineralogia

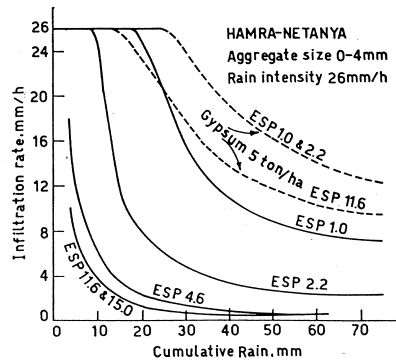
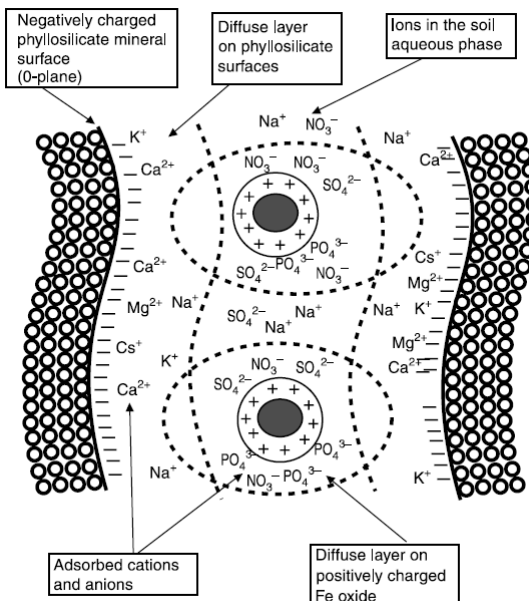


Fig. 6 The infiltration rate of the Netanya soil as a function of cumulative rain. Effect of soil ESP and phosphogypsum application. (From Kazman, Shainberg and Gal, 1983).

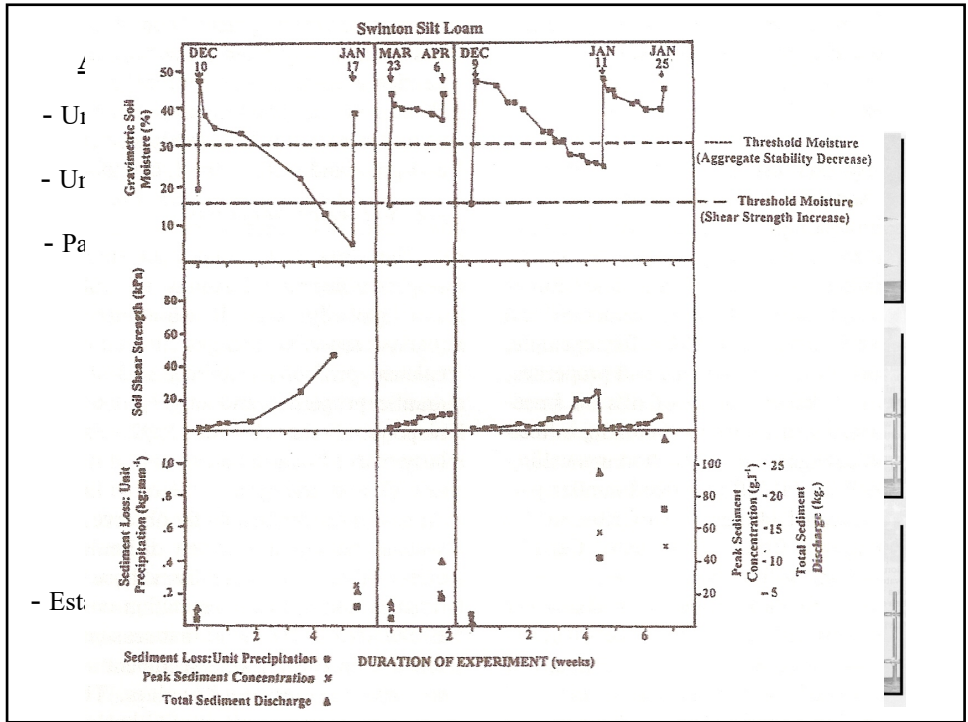
14

Óxidos de Fe e hidróxidos de Al

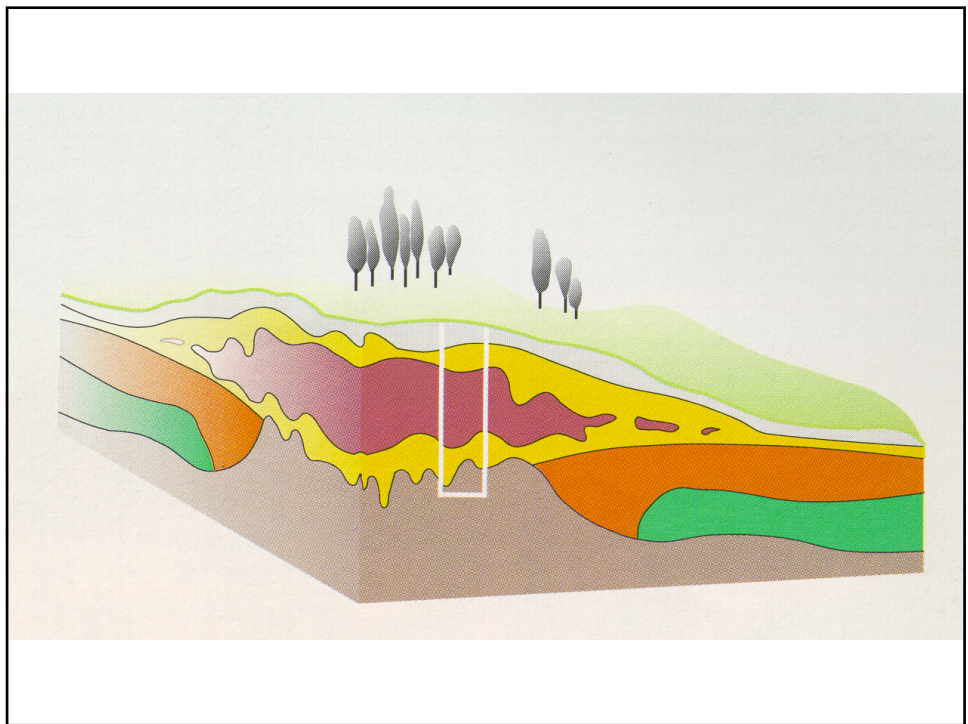
- Ação floculante como o Ca;
- Pontes entre partículas de argila;
- Ação cimentante após precipitação como gel na superfície das argilas.



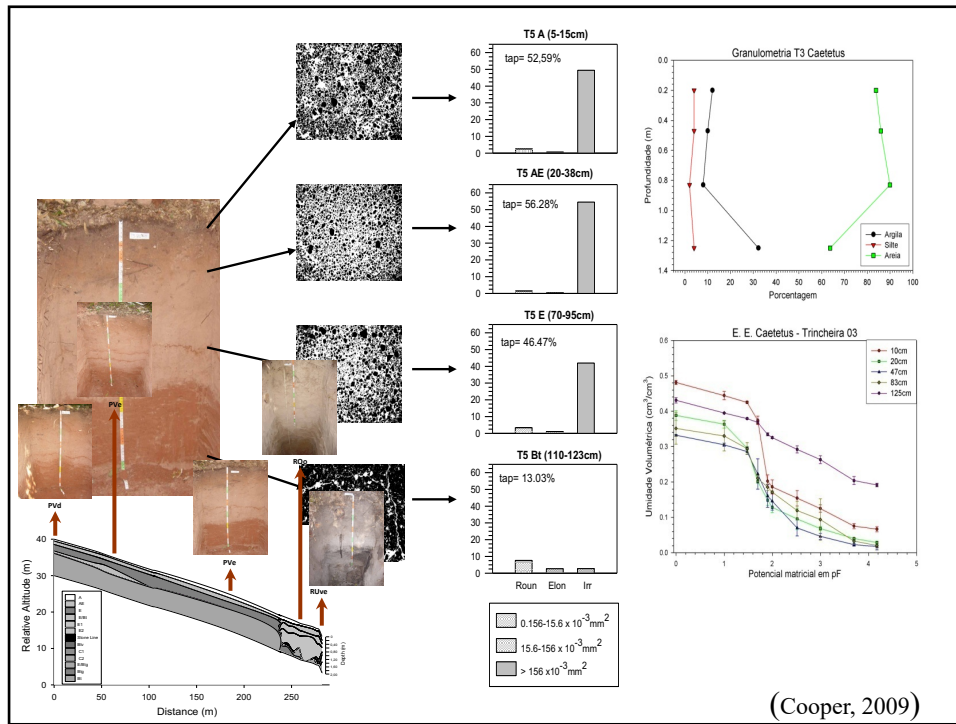
15



16



17



18

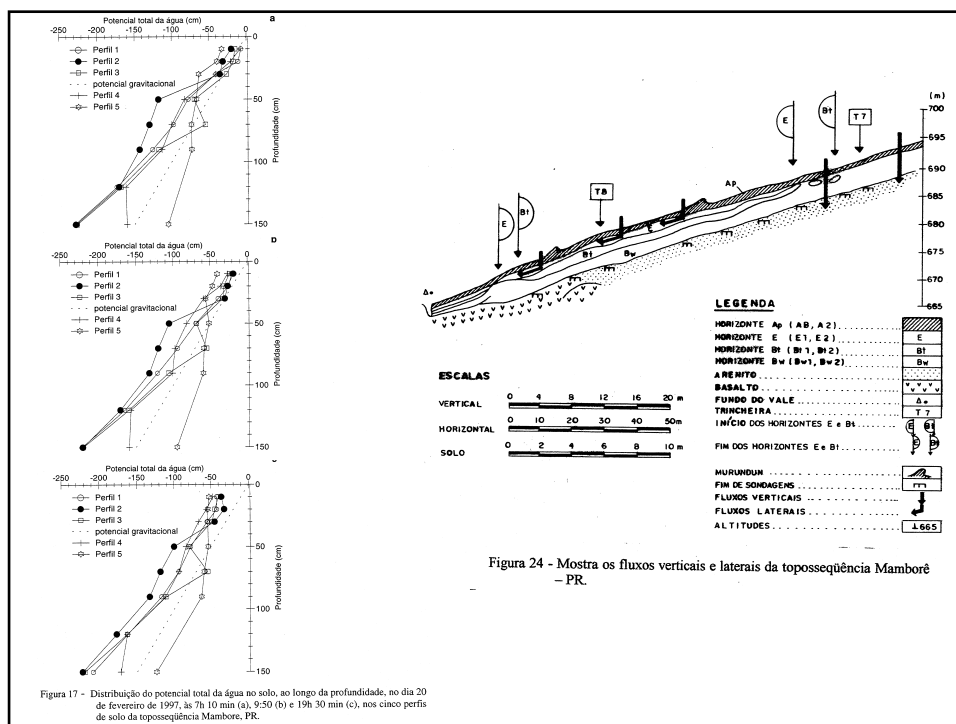


Figura 17 - Distribuição do potencial total da água no solo, ao longo da profundidade, no dia 20 de fevereiro de 1997, às 7h 10 min (a), 9:30 (b) e 19h 30 min (c), nos cinco perfis de solo da topossequência Mamboré, PR.

19



20

Table 3.4 Indices of soil erodibility for water erosion (Morgan 2006)

Static laboratory tests		
Dispersion ratio	$\frac{\% \text{silt} + \% \text{clay in undispersed soil}}{\% \text{silt} + \% \text{clay after dispersal of the soil in water}}$	Middleton (1930)
Clay ratio	$\frac{\% \text{sand} + \% \text{silt}}{\% \text{clay}}$	Bouyoucos (1935)
Surface aggregation ratio	$\frac{\text{surface area of particles} > 0.05 \text{mm}}{(\% \text{silt} + \% \text{clay in dispersed soil}) - (\% \text{silt} + \% \text{clay in undispersed soil})}$	André and Anderson (1961)
Erosion ratio	$\frac{\text{dispersion ratio}}{\text{colloid content/moisture equivalent ratio}}$	Lugo-Lopez (1969)
Instability index (<i>k</i>)	$\frac{\% \text{silt} + \% \text{clay}}{Ag_w + Ag_{al} + Ag_{ben}}$ where <i>Ag</i> is the % aggregates >0.2 mm after wet sieving for no pretreatment and pretreatment of the soil by alcohol and benzene respectively	Hénin et al. (1958)
Static field tests		
Erodibility index	$\frac{1}{\text{mean shearing resistance} \times \text{permeability}}$	Chorley (1959)
Soil cohesion	direct measure of soil cohesion at saturation using a torvane	Rauws and Govers (1988)
Dynamic laboratory tests		
Simulated rainfall test	Comparison of erosion of different soils subjected to a standard storm	Woodburn and Kozachyn (1956) Bryan (1968)
Water-stable aggregate (WSA) content	% WSA > 0.5 mm after subjecting the soil to rainfall simulation	Bruce-Okine and Lal (1975)
Water drop test	% aggregates destroyed by a pre-selected number of impacts by a standard raindrop (e.g. 5.5 mm diameter, 0.1 g from a height of 1 m)	Voznesensky and Artstrui (1940)
Erosion index	$\frac{d}{a}$ where <i>d</i> is an index of dispersion (ratio of % particles >0.05 mm without dispersion to % particles >0.05 mm after dispersion of the soil by sodium chloride); <i>h</i> is an index of water-retaining capacity (water retention of soil relative to that of 1 g of colloids); and <i>a</i> is an index of aggregation (% aggregates >0.25 mm after subjecting the soil to a water flow of 100 cm min ⁻¹ for 1 h)	
Dynamic field tests		
Erodibility index (<i>K</i>)	mean annual soil loss per unit of <i>EI₃₀</i>	Wischmeier and Mannering (1969)

21

Quantificação da Erodibilidade do Solo

- Modelagem
- USLE (Equação Universal de Perda de Solo)

$$A = R(K)LS CP$$

- A= perda de solo
- R= fator erosividade da chuva
- K= fator erodibilidade do solo
- L= comprimento da vertente
- S= declividade
- C= fator cobertura do solo
- P= fator práticas conservacionistas

22

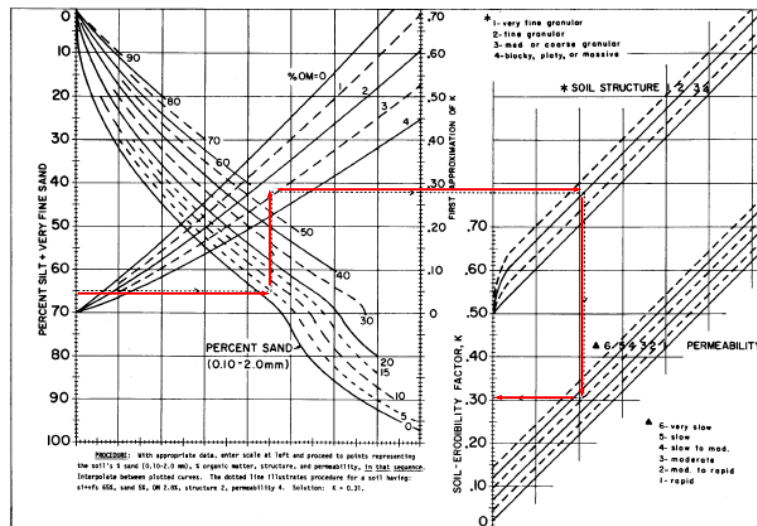


FIGURE 3.—The soil-erodibility nomograph. Where the silt fraction does not exceed 70 percent, the equation is $100 K = 2.1 M^{0.14} (10^c) (12 - a) + 3.25 (b - 2) + 2.5 (c - 3)$ where $M = (\text{percent silt} + \text{vfs}) (100 - \text{percent c})$, $a = \text{percent organic matter}$, $b = \text{structure code}$, and $c = \text{profile permeability class}$.

Nomograma da Erodibilidade do Solo

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Multiplicar por 0,01317 para passar para SI

23

Solo	Erodibilidade Horizonte (t.h.MJ ⁻¹)	
	Superfície	Subsuperfície
com B textural		
PVA com cascalho	0,055	0,027
PVA ou PV abrupto A mod. textura arenosa/média	0,049	0,023
PVA abrupto ou não textura arenosa/média	0,043	0,046
PVA A moderado textura arenosa/média	0,035	0,023
PVA ou PV A moderado textura argilosa ou média/arg.	0,034	0,018
PVA ou PV dist ou álicos A moderado textura ar/arg ou med/arg ou arg/arg	0,028	0,019
MT textura argilosa ou m. arg. ou PV eut. A mod. textura arg. ou m. arg.	0,023	0,021
Nitossolo Vermelho	0,018	0,011
com B latossólico		
LV dist ou álico A mod. textura arg. ou m. arg.	0,022	0,009
LE dist ou álico A mod. textura média	0,017	0,012
LV pouco prof., LV câmbico, Cambissolo Latossólico, todos textura argilosa	0,017	0,022
LE A mod. ou A proem. text. arg. ou m. arg.	0,015	0,005
LV ou LV câmbico, textura média ou argilosa	0,015	0,013
LV A mod. textura média	0,013	0,007
LV ou LAA mod. textura argilosa ou média	0,012	0,003
Latossolo Vermelho A mod textura argilosa ou m. arg.	0,012	0,004

Bertoni e Lombardi Neto, 1991

24

Quantificação da Erodibilidade do Solo

- WEPP (Water Erosion Prediction Project)

a) Erodibilidade entressulcos

$$K_{iadj} = K_{ib} (CK_{ican}) (CK_{ige}) (CK_{idr}) (CK_{ilr}) (CK_{isc}) (CK_{isl})$$

onde;

K_{iadj} = erodibilidade entressulcos ajustado

K_{ib} = erodibilidade entressulcos básico

CK_{ican} = fator dossel

CK_{ige} = fator cobertura do solo

CK_{idr} = fator raízes mortas

CK_{ilr} = fator raízes vivas

CK_{isc} = fator encrostamento

CK_{isl} = fator declividade

b) Erodibilidade em sulcos

$$K_{radj} = K_{rb} (CK_{rbr}) (CK_{rdr}) (CK_{rlr}) (CK_{rsc})$$

onde;

K_{radj} = erodibilidade em sulcos ajustado

K_{rb} = erodibilidade em sulcos básico

CK_{rbr} = fator residuo incorporado

CK_{rdr} = fator raízes mortas

CK_{rlr} = fator raízes vivas

CK_{rsc} = fator encrostamento

25