

ERODIBILIDADE DE SEIS SOLOS DO MUNICÍPIO DE LAVRAS - MG, USANDO O MÉTODO DO NOMOGRAMA¹

VITOR HUGO DE OLIVEIRA² e VICTOR GONÇALVES BAHIA³

RESUMO - Foram estudados seis solos ocorrentes no município de Lavras-MG, com o objetivo de determinar o fator de erodibilidade (K) dos mesmos, através de nomograma. Considerando o horizonte superficial dos solos estudados, os Latossolos apresentaram-se como os menos susceptíveis à erosão, com valores do fator K entre 0,002 e 0,004. O Cambissolo destacou-se como o mais susceptível à erosão, com um valor de erodibilidade igual a 0,041. Numa classificação intermediária, situaram-se o Podzólico Vermelho-Amarelo e a Terra Roxa Estruturada Similar, com os valores de 0,016 e 0,018, respectivamente. Estes valores sofreram alterações quando se considerou a média do perfil, o que não alterou a classificação dos solos quanto à erodibilidade.

Termos para indexação: erosão, física do solo.

ERODIBILITY OF SIX SOILS FROM LAVRAS, MINAS GERAIS STATE, BY USING THE NOMOGRAPH METHOD

ABSTRACT - Six soils from Lavras, MG, Brazil, were studied with the objective of determining the factor of erodibility (K) by using the nomograph method. According to erodibility, results shown by surface horizons of the soils, the Latosols can be considered as the less susceptible to erosion, with K values from 0.002 to 0.004. The (Cambissol) appear as the most susceptible to erosion with a K value of 0.041. The Podzolic and the "Terra Roxa Estruturada" can be placed in an intermediate classification, with K values of 0.016 and 0.018, respectively. These values are different when an average for the soil profile is considered, but do not alter the ranking of the soils in terms of erodibility.

Index terms: soil erosion, soil physics.

INTRODUÇÃO

O uso inadequado dos recursos naturais, a falta de uma mentalidade conservacionista e a carência de estudos experimentais evidenciando as perdas de solo pela erosão podem ser considerados como responsáveis por se acelerar o processo erosivo na maioria dos solos agrícolas do País. Sob este aspecto, segundo Suarez de Castro (1980), a obtenção de um índice que possibilite classificar os solos em grandes grupos similares de resistência natural à erosão constitui um dos fatores para auxiliar o planejamento conservacionista.

A escolha de práticas de controle à erosão

visando à redução das perdas de solo a limites aceitáveis pode ser feita através de uma equação empírica, denominada "Equação Universal de Perdas de Solo", cuja utilização depende de dados de pesquisa que tornem possível obter índices numéricos para os fatores nela relacionados (Wischmeier & Smith 1978).

Nesta equação, a erodibilidade ou susceptibilidade do solo à erosão (K) é tida como um dos principais parâmetros, podendo ser determinada experimentalmente pelo uso de dois métodos distintos: o primeiro baseia-se nas perdas reais de solo em parcelas padronizadas sob chuvas naturais, e o segundo, em medidas obtidas sob condições de chuvas simuladas. Ambos, contudo, apresentam-se onerosos e demandam tempo, especialmente o primeiro, para obtenção de valores do fator K. Considerando estes problemas, Wischmeier & Mannering (1969) desenvolveram uma equação com 24 variáveis para determinação indireta da erodibilidade. Entretanto, em face da sua complexidade como instrumento de trabalho, esta equação foi simplificada por Wischmeier et al. (1971), originando a seguinte expressão matemática (Wischmeier & Smith 1978):

¹ Aceito para publicação em 15 de junho de 1984

Parte da dissertação apresentada pelo autor à Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

² Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Rio Branco (UEPAE de Rio Branco), Caixa Postal 392, CEP 69900 Rio Branco, AC.

³ Eng. - Agr., Dr., Professor-Titular da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Departamento de Ciência do Solo, Caixa Postal 37, CEP 37200 Lavras, MG.

$100 K = 2,1 M^{1,14} (10^{-4}) (12-a) + 3,25 (b-2) + 2,5 (c-3)$, onde:

- K= fator de erodibilidade do solo;
- M= (% de silte+ % de areia muito fina) x (100 - % de argila);
- a= % de matéria orgânica;
- b= código de estrutura do solo;
- c= classe de permeabilidade do perfil.

Os parâmetros desta equação foram combinados graficamente em nomograma (Fig. 1), cuja simplicidade tem contribuído para sua utilização em outras regiões, embora sua validade para solos com propriedades distintas daquelas nos quais foi testado originalmente ainda seja discutida (Mannering 1975, Freire & Pessotti 1976, El-Swaify & Dangler 1977, Henklain 1980).

Os trabalhos realizados no Brasil utilizando o nomograma destacam a importância de seu emprego com um estudo exploratório adequado às regiões onde inexistem equipamentos e instalações adequadas para determinação direta de erodibilidade (Dedecek 1974, Freire & Pessotti 1974, Freire & Pessotti 1976, Montenegro 1976, Scopel 1977,

Leite 1979, Henklain 1980, Pombo et al. 1981, Silva et al. 1981).

Tendo em vista estas considerações o objetivo deste trabalho foi determinar o fator de erodibilidade de seis solos ocorrentes no município de Lavras, MG e representativos da área de importância agrícola na região, usando o nomograma, visando o seu posterior emprego na "Equação Universal de Perdas de Solo".

MATERIAL E MÉTODOS

Usaram-se amostras pertencentes aos horizontes de seis unidades de solos descritas e classificadas como Cambissolo (Cb), Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico (LH), Latossolo Vermelho-Escuro (LE), Podzólico Vermelho-Amarelo (PV) e Terra Roxa Estruturada Similar (TS), onde se procedeu às análises dos parâmetros necessários para utilização do nomograma, com três determinações.

Para determinação da distribuição do tamanho de partículas, utilizou-se o método da pipeta, proposto por Day (1965), empregando-se o NaOH 1N como agente dispersante e calculando o tempo de sedimentação para a argila e silte pela lei de Stokes. A matéria orgânica foi avaliada multiplicando-se por 1,724 a percentagem de carbono orgânico determinada por combustão via úmida, segundo

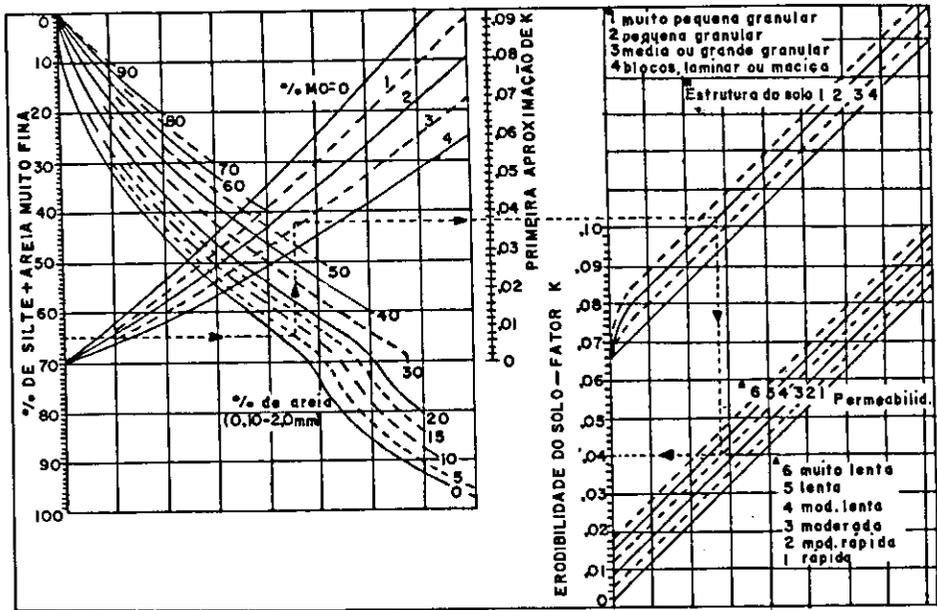


FIG. 1. Nomograma para determinação do fator erodibilidade do solo adaptado ao Sistema Internacional de Unidades.

o método de Tiurim, modificado por Vettori (1969). A estrutura e permeabilidade foram avaliadas no campo e codificadas numericamente para a escala de valores do nomograma, conforme Wischmeier et al. (1971).

O fator de erodibilidade foi calculado através da equação do nomograma (Wischmeier & Smith 1978), com os valores do fator K expressos no Sistema Internacional de Unidades, segundo Foster et al. (1981).

Foi feita análise de variância dos valores médios de erodibilidade obtidos nos horizontes de um mesmo solo, nos horizontes de superfície, e entre os horizontes A e B dos diferentes solos, utilizando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS

Observa-se que os horizontes do solo Cb (Tabela 1) apresentam os maiores valores de erodibilidade dentre os estudados, com uma variação de 0,041 a 0,079. Os solos LV, LH e LE exibem os menores valores de K em todos os horizontes, especialmente no B1 e B2, onde são negativos. No perfil do solo PV, o fator K mostra uma variação de 0,016 a 0,055, enquanto no TS este varia de 0,013 a 0,018.

Considerando os valores de erodibilidade obtidos na camada superficial (Tabela 2), a variação de K entre os perfis estudados vai de 0,002 para os solos LH e LE a 0,041 para o Cb. A comparação dos valores médios de erodibilidade obtidos não foi significativa para os solos LV, LH e LE, como também para o PV e TS. Quanto ao solo Cb, apresenta o maior valor de K dentre os analisados.

Quanto à média dos horizontes A e B, verifica-se que o solo Cb apresenta a maior média de erodibilidade. Constata-se, ainda, que as diferenças entre os valores de K para os solos TS, PV e LV não permitem que os mesmos sejam distintamente classificados quanto à erodibilidade. Para os solos LH e LE, não se evidencia significância entre os resultados obtidos.

DISCUSSÃO

Os elevados valores de erodibilidade obtidos no perfil do Cb (Tabela 1) refletem os altos teores de silte + areia muito fina, aliados à sua permeabilidade lenta e baixos teores de matéria orgânica. As médias de erodibilidade apresentam diferenças estatísticas entre horizontes genéticos, porém, sem diferenças

significativas entre horizontes, mostrando que a quantidade de partículas passível de ser desagregada e transportada pelo deflúvio cresce com a profundidade, caso ocorra remoção dos horizontes subjacentes. Estes resultados concordam com as observações feitas durante a descrição morfológica dos perfis, onde se verificou na área a presença de grandes voçorocas.

Os solos LV, LH e LE apresentam-se como os menos susceptíveis à erosão, principalmente em função dos elevados teores de argila, baixos teores de silte + areia muito fina, estrutura granular, permeabilidade moderada e médios e altos teores de matéria orgânica, concordando com as considerações feitas por Suarez de Castro (1980). Contudo, nos horizontes de subsuperfície B1 e B2, nota-se a ocorrência de valores negativos de K, sugerindo que a utilização do nomograma em solos ricos em argila e com baixos teores de silte + areia muito fina subestima os valores de erodibilidade encontrados. El-Swaify & Dangler (1977), estudando a erodibilidade de solos tropicais, ricos em argila e óxidos, chegaram a idêntica observação. Mannering (1975), Freire & Pessotti (1976) e Henklain (1980) também admitem que o método do nomograma não se apresenta adequado para solos com baixos teores de silte + areia muito fina e elevados teores de argila. Não se evidenciam diferenças significativas entre os horizontes A1 e A3 dos três latossolos (LV, LH e LE) quanto à erodibilidade, o mesmo ocorrendo entre B1 e B2 (Tabela 1).

O solo PV apresenta a segunda maior média de erodibilidade dentre os estudados ($\bar{K} = 0,0196$), além de uma acentuada variação do fator K entre os diferentes horizontes (Tabela 1), concordantes com os trabalhos de Moresco & Gray (1977). Verifica-se uma tendência de valores de erodibilidade mais elevados, à medida que aumentam os teores de silte + areia muito fina e diminuem os de matéria orgânica (Wischmeier & Mannering 1969, Wischmeier et al. 1971). Ainda com relação a este solo, as diferenças estatísticas apresentadas entre os valores médios de K permitem antecipar o que ocorrerá, em termos de perdas de solo, no caso de remoção dos diferentes horizontes.

Para o solo TS, não se evidencia claramente a influência de apenas um parâmetro sobre os valo-

TABELA 1. Valores dos parâmetros utilizados na equação do nomograma e médias de K nos horizontes dos solos estudados (média de três determinações).

Grande grupo de solo	Horizonte	Argila	Parâmetros				Fator K (t/ha/R)***
			Silte + areia muito fina	Matéria orgânica	Código de estrutura*	Código de permeabilidade**	
			%				
Cb	A1	29,14	54,34	1,72	2	5	0,041 c
	A3	27,87	55,14	1,47	2	5	0,044 c
	(B)	26,06	58,36	1,10	4	5	0,057 b
	B3	27,13	61,90	0,60	4	5	0,061 b
	C	15,82	73,04	0,85	4	5	0,079 a
LV	A1	61,20	14,80	2,46	2	3	0,0040 a
	A3	66,37	14,08	1,68	2	3	0,0033 a
	B1	66,98	16,46	1,84	1	3	-0,0006 b
	B2	66,28	14,67	1,18	1	3	-0,0008 b
LH	A1	62,19	9,93	5,01	2	3	0,0020 a
	A1b	64,64	8,86	6,45	2	3	0,0009 b
	A3	62,64	9,45	4,06	2	3	0,0020 a
	B1	63,15	8,83	2,25	1	3	-0,0020 c
	B2	66,75	11,10	1,96	1	3	-0,0020 c
LE	A1	62,27	8,76	2,25	2	3	0,002 a
	A3	62,84	9,00	1,71	2	3	0,002 a
	B1	65,96	7,61	1,00	1	3	-0,003 b
	B2	66,85	7,30	1,02	1	3	-0,003 b
PV	Ap	39,09	20,24	2,48	3	4	0,016 d
	A3	40,03	21,87	0,96	4	4	0,023 c
	B1t	53,46	14,14	0,99	4	4	0,017 d
	B21t	57,72	14,00	0,97	4	4	0,016 d
	B22t	58,14	15,76	0,57	4	4	0,017 d
	B3	30,50	26,72	0,48	4	4	0,029 b
	C	16,65	49,54	0,24	4	4	0,055 a
TS	A11	35,43	21,64	2,33	3	4	0,018 a
	A12	57,40	16,80	1,84	3	4	0,013 c
	A3	71,72	9,57	1,84	4	4	0,014 bc
	B2t	66,48	11,11	0,77	4	4	0,015 b
	B3t	49,31	15,51	0,68	4	4	0,018 a

* 1 = muito pequena granular; 2 = pequena granular; 3 = média ou grande granular; 4 = blocos, laminar ou maciça.

** 3 = moderada; 4 = moderadamente lenta; 5 = lenta.

*** R = índice de erosividade da chuva (produto da energia cinética da chuva e a intensidade máxima em 30 minutos).

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, dentro de um mesmo solo, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

res de K obtidos, mas sim, uma interação dos mesmos. Estas considerações são reforçadas pelo exame dos valores de K para os horizontes: A1 e B3t (Tabela 1), que não diferem significativamente entre si, apesar de os teores de silte + areia muito fina, argila e matéria orgânica dos mesmos apresentarem nítidas diferenças. Os valores obtidos situam-se na classe baixa de erodibilidade, concordando com os trabalhos de Pombo et al. (1981) para solo semelhante.

A comparação estatística dos valores de erodibilidade para os horizontes de superfície mostra maior homogeneidade nos três Latossolos (LV, LH e LE) e nos perfis dos solos PV e TS (Tabela 2). O solo LH, mesmo com um teor de matéria orgânica superior aos apresentados pelo LV e LE, não difere dos mesmos quanto à erodibilidade, sugerindo, neste caso, que os demais atributos utilizados no nomograma, especialmente silte + areia muito fina, têm uma maior influência no resultado final do fator K (Wischmeier et al. 1971). Valores semelhantes de erodibilidade foram encontrados por Dedecek (1974), Freire & Pessotti (1974), Henklain (1980) e Silva et al. (1981) em solos pertencentes à mesma classe.

O valor de K obtido para o horizonte Ap do solo PV é inferior aos obtidos por Freire & Pessotti (1974, 1976), Montenegro (1976), Leite (1979), Pombo et al. (1981), porém semelhantes aos encontrados por Scopel (1977) e Silva et al. (1981) em solos da mesma classe.

Com referência ao horizonte A1 do solo Cb, difere de forma significativa dos horizontes de superfície dos demais solos (Tabela 2), evidenciando que os elevados teores de silte + areia muito fina (54,34%), a baixa percentagem de argila e sua lenta permeabilidade são os fatores que mais contribuem para que o valor de K seja superior aos demais solos.

Comparando-se os resultados de K obtidos para os horizontes de superfície com a média do perfil (Tabela 2), verifica-se que, ao contrário do observado por Henklain (1980), os Latossolos do presente estudo apresentam maiores valores de K no horizonte superficial. Isto pode ser atribuído principalmente aos maiores teores de argila nos horizontes de subsuperfície, em relação aos teores existentes na camada superficial.

As constatações feitas por Freire & Pessotti (1974), quanto ao aumento no valor de K com o gradiente textural, também são verificadas no presente estudo para o PV e TS. De fato, o perfil do solo PV, com uma maior erodibilidade média ($\bar{K} = 0,0196$), também apresenta um maior gradiente textural.

TABELA 2. Valores de erodibilidade do solo nos horizontes superficiais e nos perfis estudados (média de três determinações)*

Solo	Erodibilidade do horizonte superficial (K)	Erodibilidade média do perfil (K)
Cb	0,041 a	0,0506 a
TS	0,018 b	0,0155 b
PV	0,016 b	0,0196 b
LV	0,004 c	0,0015 b
LH	0,002 c	-0,0002 c
LE	0,002 c	-0,0005 c

* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

1. O horizonte superficial do Cambissolo apresentou o maior valor de erodibilidade ($K = 0,041$), seguido da Terra Roxa Estruturada Similar ($K = 0,018$), Podzólico Vermelho-Amarelo ($K = 0,016$), Latossolo Vermelho-Amarelo ($K = 0,004$), Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico ($K = 0,002$) e Latossolo Vermelho-Escuro ($K = 0,002$).
2. Os valores médios de erodibilidade obtidos para os perfis dos solos estudados diferem dos encontrados para os horizontes de superfície dentro de um mesmo solo.
3. Os Latossolos apresentaram menor erodibilidade, seguidos da Terra Roxa Estruturada Similar, Podzólico Vermelho-Amarelo e Cambissolo.

REFERÊNCIAS

- DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis; physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part. 1, p.545-66.

- DEDECEK, R.A. Características físicas e fator de erodibilidade de Oxisols do Rio Grande do Sul. I. Unidades Erexim, Passo Fundo e Santo Ângelo. Porto Alegre, UFRGS, 1974. 137p. Tese Mestrado.
- EL-SWAIFY, S.A. & DANGLER, E.W. Erodibilities of selected tropical soils in relation to structural and hydrologic parameters. In: NATIONAL CONFERENCE ON SOIL EROSION, West Lafayette, Indiana, 1976. Proceedings... Ankeny, Yowa, Soil Conservation Society of America, 1977. p. 105-14. (Special Publication, 21).
- FOSTER, G.R.; MCCOOL, D.K.; RENARD, K.G. & MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation SI metric units. *J. Soil Water Conserv.*, Ankeny, 36(6):355-9, Nov/Dec. 1981.
- FREIRE, O. & PESSOTTI, J.E.S. Erodibilidade dos solos do Estado de São Paulo. *An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba*, 31:333-40, 1974.
- FREIRE, O. & PESSOTTI, J.E.S. Erodibilidade dos solos de Piracicaba. *R. Agricultura*, 51:195-202, 1976.
- HENKLAIN, J.C. Erodibilidade de latossolos do Estado do Paraná: aplicabilidade do método nomográfico. Piracicaba, ESALQ, 1980. 83p. Tese Mestrado.
- LEITE, J.A. Características físicas e fator de erodibilidade de quatro solos do município de São Mamede-PB. Areia, Universidade Federal da Paraíba, 1979. 79p. Tese Mestrado.
- MANNERING, J.V. Apreciação sobre a equação universal de perdas de solo (A = RKLSCP) e sua aplicação prática. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PESQUISA DE EROSIÃO COM SIMULADORES DE CHUVAS, 1, Londrina, 1975. Anais... Londrina, IAPAR, 1975. p.91-106.
- MONTENEGRO, J.O. Características físicas e fator de erodibilidade de solos da depressão central do Rio Grande do Sul. Santa Maria, UFSM, 1976. 112p. Tese Mestrado.
- MORESCO, R.F. & GRAY, F. Determining the soil erodibility factor for selected Oklahoma Mollisols. In: NATIONAL CONFERENCE ON SOIL EROSION, West Lafayette, Indiana, 1976. Proceedings... Ankeny, Yowa, Soil Conservation Society of America, 1977. p.127-34. (Special Publication, 21).
- POMBO, L.C.A.; GIANLUPPI, D. & KLAMT, E. Determinação do fator K de solos do Rio Grande do Sul através de características físicas, químicas e mineralógicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, 1980. Anais... Recife, UFRPE, 1981. p.220-35.
- SCOPEL, I. Características físicas de solos da região litoral-norte do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS, 1977. 120p. Tese Mestrado.
- SILVA, I.F. da; CHAVES, I. de B. & MONTENEGRO, J.O. Erodibilidade dos solos do Estado da Paraíba. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, 1980. Anais... Recife UFRPE, 1981. p.192-9.
- SUAREZ DE CASTRO, F. Conservación de suelos. 3. ed. San José, Costa Rica, Ed. IICA, 1980. 315p.
- VETTORI, L. Métodos de análises de solos. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).
- WISCHEMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B. & CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *J. Soil Water Conserv.*, Ankeny, 26(5):189-93, Sept./Oct. 1971.
- WISCHEMEIER, W.H. & MANNERING, J.V. Relation of soil properties to its erodibility. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 33(1):131-7, Jan./Feb. 1969.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall-erosion losses; a guide to conservation planning. Washington, USDA, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).