

# GERAÇÃO DE MAPAS DE EROÇÃO POTENCIAL COM AUXÍLIO DO SISTEMA GEOGRÁFICO DE INFORMAÇÕES (SGI) NA BACIA PILOTO DE CAMPO DO TENENTE-Pr.

Scopel, I. <sup>1</sup>  
Motter, I. <sup>2</sup>  
Rocha, Helio O. da <sup>1</sup>  
Morães, M. E. S. <sup>1</sup>  
Schmidlin, D. <sup>2</sup>  
Clemente, Dimas <sup>3</sup>  
Silva, G.M. da <sup>2</sup>

<sup>1</sup> UFPR - Universidade Federal do Paraná - Depto. Solos - Laboratório de Fotopedologia e Interpretação de imagens - Curitiba - PR  
Rua dos Funcionários s/n - Juvevê

<sup>2</sup> UFPR - Universidade Federal do Paraná - Depto. Solos - Laboratório de Fotopedologia e Interpretação de imagens - Curitiba - PR  
Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Área Ciência do Solo  
Rua dos Funcionários s/n - Juvevê

<sup>3</sup> UFPR - Universidade Federal do Paraná - Curitiba - PR  
Curso de Pós-Graduação em Geoprocessamento - Centro Politécnico  
e Laboratório de Fotopedologia e Interpretação de Imagens - Setor de Ciências Agrárias  
Rua dos Funcionários s/n - Juvevê

**abstrat:** POTENTIAL SOIL EROSION MAP ACQUIRED BY GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM IN CAMPO DO TENENTE HIDROGRAPHIC BASIN-PR.

We intend to utilize the geographic information system SITIM-340 and the Universal Soil Loss Equation in order to integrate the data and estimate the potential of soil erosion. The work was done on an hydrographic basin of Campo do Tenente/Pr. region integrated to the program of soil Conservation in the Paraná state. The data of topographic chart in a scale 1:10000 and with 10 m. between adjacent curves were digitalized and by softwares in GIS was generated the ground numeric model. By this way we could also to obtain the slope class map. The length and shape of the slope (L) was defined with the add of GIS. The integration of these procedures make allowable the topographic factor map (LS). The different shapes of the slope was consider in order to better stimate the LS factor. The map of erodibility factor (K) was derived by consideration of the semidetahed map (1:10000) realized in the area and generated automatically. The integration of the data in the GIS make possible to obtain the soil erosion potential map (RKLS). This metodologic work allow to better plan the use and manajement of the soil on the program of soil conservation in Paraná State/Brazil.

## INTRODUÇÃO

A equação universal de perdas de solo (USLE), originalmente não visava a previsão de perdas de solo em microbacias (WISCHMEYER, W. H. ; SMITH, D. D., 1978). Entretanto, o seu uso em microbacias passou a generalizar-se após

trabalhos realizados com sucesso nos USA e Canadá, onde utilizaram-se como fonte de dados, fotografias aéreas, imagens orbitais, cartas planialtimétricas e mapas de solos (MORGAN et al., 1978; MORGAN & NALEPA, 1982; MORGAN et al., 1930; STEPHENS et al. 1982) e outros.

No Brasil trabalhos pioneiros, com a aplicação da USLE em bacias hidrográficas, foram

realizadas por DONZELLI et al. (1987) e SCOPEL (1988), utilizando metodologia simplificada para obtenção dos fatores L e S (Comprimento e declividade da rampa). Atualmente, no Brasil, a ênfase tem sido dada ao aperfeiçoamento de métodos e processos para a obtenção dos dados básicos e finais da USLE, contribuindo em muito para isto no desenvolvimento de "softwares" e formação de banco de dados, adaptados para este fim (SCOPEL et al. 1989/91; PINTO, S. dos A. F., 1991).

A separação, na USLE, de um grupo de fatores responsáveis pela erosão potencial visa melhor discriminar o grau de responsabilidade tanto dos fatores materiais do meio físico quanto da ação humana sobre a erosão do solo possibilitando o estabelecimento de políticas mais adequadas de controle do uso dos recursos naturais.

A política de manejo conservação do solo no Brasil, e como modelo no Estado do Paraná, tem evitado o enfoque de ações na agropecuária direcionadas para a unidade geográfica natural que é a bacia hidrográfica. A microbacia é objeto deste estudo, é um exemplo de ações direcionadas neste sentido, prevendo-se a dissiminação desta metodologia para demais microbacias do estado prevendo-se como resultados um controle mais efetivo dos processos erosivos.

## MATERIAL E METODOS

Foram utilizadas fotografias aéreas escala 1:25000 para a interpretação da drenagem, ajustada com a existente na carta topográfica escala 1:10.000 e detalhada ao nível da interpretação das fotografias aéreas.

A digitalização dos dados altimétricos da carta topográfica, possibilitou a geração do modelo numérico do terreno (MNT), através do qual foram gerados perfis topográficos, caracterizando as principais feições das rampas na área de estudo. O modelo numérico do terreno também possibilitou, através de aplicativos do SGI, a geração do mapa de classes de declive, nos intervalos de 0-3%, 3-8%, 8-20%, 20-45% e >45%. Para efeito de cálculo do fator "S" da USLE adotou-se o valor médio dos intervalos, ou seja 1,5%, 5,5%, 14% e 32,5%, respectivamente.

Para a determinação do comprimento de rampa (fator "L"), foi utilizado o mapa topográfico com auxílio de fotografias aéreas, partindo-se do interflúvio até a drenagem ou áreas de deposição.

A forma da rampa foi avaliada segundo procedimento proposto por CASTRO, F. C. (IAPAR-Londrina), onde se considera a inflexão da

rampa na mudança da classe de declive, bem como o comprimento proporcional para cada segmento. A adaptação deste procedimento para este trabalho possibilitou a representação espacial e a obtenção de um mapa de LS homogêneo, agrupando-se estes em valores de 16 classes como se observa na tabelas nº 1 e 2.

A delimitação espacial do fator K, da USLE, foi obtida a partir da digitalização do mapa de solos escala 1:10.000 a nível de semidetalhe. A classe de solos predominante, na área de estudo, pertence aos Cambissolos, com ocorrência menos expressiva de solos Litólicos e Cambissolos com caráter Latossólico (tabela nº 3).

O fator K foi determinado pela equação de ROLOFF, G. (1992), sendo  $K=0,1995.MM+0,01335.FEARG$  (T. ha.h/ha.Mj.mm) onde: MM = (silte. areia fina).silte g/g e FEARG =  $Fe_2O_3 + Al_2O_3$  (g/g)/ argila (g/g), extraídos pelo ácido sulfúrico. A presente equação apresenta um  $r^2$  de 0,87 para os solos do Sul do Brasil.

A classificação dos solos segue as normas estabelecidas pela EMBRAPA, conforme levantamento feito por SILVA, G. M. (1993), como segue a legenda dos solos e seus respectivos valores de K.

## LEGENDA DAS CLASSES DE SOLOS E VALORES DE K

C11 - Cambissolo latossólico Tb profundo A moderado textura média relevo suave ondulado substrato sedimentos do Grupo Itararé. (K = 0,0216).

C12 - Cambissolo latossólico Tb profundo A moderado textura média relevo ondulado substrato sedimentos do Grupo Itararé. (K = 0,0216).

C13 - Cambissolo latossólico Alíco Tb profundo A moderado textura argilosa relevo ondulado substrato produtos retalhados de Diabásio e sedimentos do Grupo Itararé. (K = 0,0213)

Cd1 - Cambissolo Distrófico Tb pouco profundo A moderado textura média relevo ondulado substrato sedimentos conglomeráticos do Grupo Itararé. (K = 0,0293).

Cd2 - Cambissolo Distrófico Tb pouco profundo A proeminente textura média relevo forte ondulado substrato sedimentos conglomeráticos do Grupo Itararé. (K = 0,0293).

Ca1 - Cambissolo Alíco Tb pouco profundo A moderado textura média relevo suave ondulado substrato sedimentos do Grupo Itararé. (K = 0,0236).

**Tabela 1 - É o produto da tabulação cruzada dos mapas de classes de LS homogêneo (LS<sub>h</sub>), com o mapa de solos, os dados abaixo estão em ha.**

LS <sub>h</sub>	0.2	0.4	0.7	1.0	1.4	1.8	2.3	3.0	4.0	5.0	6.5	8.5	11.1	14.4	17.4	0.0		
Solos																		
Cl1	4.7	0.9	3.7	14.1		13.5		3.9	13.1	8.0	3.9					15.1	80.9	
Cl2	3.3	0.1	5.1	3.3		3.1			14.2	8.5	7.8					11.1	56.7	
Cl3				1.0					8.3	<u>11.3</u>						0.2	20.8	
Ca1	24.9		16.2	50.3	6.3	0.9	0.9	23.3	47.9	7.0	16.9		1.2		6.8	15.2	217.8	
Ca2	18.2	0.5	25.2	<u>101.1</u>	21.0	9.3	1.4		<u>235.7</u>	53.8	64.7	0.6	8.1	18.3	8.6	41.3	647.4	
Ca3	2.5		3.5	12.1	1.6			13.0	23.4	9.1	10.0		2.7	3.1	1.8	5.3	88.2	
Ca4	8.3		3.7	13.0					5.3	0.5							30.9	
Ca5	0.8			<u>5.8</u>					1.7	0.4							8.9	
Ca6	1.5		4.3	6.7	3.4		1.5	0.9	4.2								10.4	32.9
Cd1	3.6	0.7	1.4	2.8		2.5		4.7	15.8	4.9	0.2			1.8	2.9	2.5	43.6	
Cd2		0.5	1.3	1.7				0.2	3.7					1.3		0.3	9.0	
Ra1			3.8	0.5				2.3	3.1						0.2		9.9	
Ra2	7.1		22.6	16.1				17.7	17.4	27.0			1.3				10.7	120.0
Ra3		0.1	4.1	2.6	1.6			13.4	7.1	27.8	3.4		0.2	3.1	4.6	5.5	73.5	
Ag	0.3		1.8	2.2					4.3	0.9							<u>35.8</u>	45.4

**Tabela 2 - Apresenta todas as possíveis combinações de estimativas de erosão potencial existentes entre as classes de LS homogêneo, e os respectivos valores de RK (produto dos fatores de erosividade da chuva e erodibilidade do solo), para cada unidade de mapeamento da área de estudo.**

LS <sub>h</sub>	0.2	0.4	0.7	1.0	1.4	1.8	2.3	3.0	4.0	5.0	6.5	8.5	11.1	14.4	17.4	0.0	
Solos RK																	
Cl1	132	26	53	93	132	185	238	304	397	529	662	860	1125	1469	1906	2303	0
Cl2	132	26	53	93	132	185	238	304	397	529	662	860	1125	1469	1906	2303	0
Cl3	131	26	52	91	131	183	235	300	392	522	653	848	1109	1449	1879	2271	0
Ca1	145	29	58	101	145	202	260	333	434	578	723	940	1229	1605	2082	2516	0
Ca2	180	36	72	126	180	251	323	413	539	718	898	1167	1526	1993	2585	3124	0
Ca3	180	36	72	126	180	251	323	413	539	718	898	1167	1526	1993	2585	3124	0
Ca4	131	26	52	91	131	183	235	300	392	522	653	848	1109	1449	1879	2271	0
Ca5	131	16	52	91	131	183	235	300	392	522	653	848	1109	1449	1879	2271	0
Ca6	145	29	58	101	145	202	260	333	434	578	723	940	1229	1605	2082	2516	0
Cd1	180	36	72	126	180	251	323	413	539	718	898	1167	1526	1993	2585	3124	0
Cd2	180	36	72	126	180	251	323	413	539	718	898	1167	1526	1993	2585	3124	0
Ra1	115	23	46	81	115	161	207	265	346	461	576	749	797	1279	1659	2004	0
Ra2	115	23	46	81	115	161	207	265	346	461	576	749	797	1279	1659	2004	0
Ra3	115	23	46	81	115	161	207	265	346	461	576	749	797	1279	1659	2004	0
Ag	107	21	43	75	107	149	192	245	320	426	533	693	906	1183	1535	1855	0

**Tabela 3 - Coluna 1a área ocupada por cada unidade de mapeamento dos solos da bacia estudada em ha.. Coluna 2 mostra a área em porcentagem de ocupação. Coluna 3 é o somatório do produto da tabela 1 e 2, para cada unidade de mapeamento (t.ano). Coluna 4 é a representação do percentual de estimativas de erosão potencial para cada unidade de mapeamento em relação a estimativa total. Coluna 5 é a razão da coluna 3 com a coluna 1, é a estimativa média de erosão potencial em t/ha.ano para os referidos solos.**

Solos	1	2	3	4	5
Cl1	80.9	5.45	22722.2	2.90	280.70
Cl2	56.7	3.82	21671.7	2.76	382.27
Cl3	20.8	1.40	11847.5	1.51	568.79
Ca1	217.8	14.66	89235.0	11.38	409.67
Ca2	647.4	<u>43.57</u>	436591.7	<u>55.67</u>	674.34
Ca3	88.2	5.93	65832.4	8.39	746.71
Ca4	30.9	2.08	5387.9	0.69	174.50
Ca5	8.9	0.60	1981.9	0.25	223.85
Ca6	32.9	2.21	5455.8	0.70	165.84
Cd1	43.6	2.93	33894.8	4.32	777.30
Cd2	9.0	0.61	6618.3	0.84	735.44
Ra1	9.9	0.67	2946.3	0.38	297.21
Ra2	120.0	8.07	35318.1	4.50	294.43
Ra3	73.5	4.95	42041.9	5.36	572.05
Ag	45.4	3.06	2711.6	0.35	59.67
Total	1485.9	100	7844256.9	100	

Ca2 - Cambissolo Álico Tb pouco profundo A moderado textura média relevo ondulado substrato

sedimentos do grupo Itararé. (K = 0,0294).

Ca3 - Cambissolo Álico Tb pouco profundo A moderado textura média relevo forte ondulado substrato sedimentos do Grupo Itararé. (K = 0,0293).

Ca4 - Cambissolo Álico Tb pouco profundo A moderado textura argilosa relevo suave ondulado substrato diabásio. (K = 0,0213).

Ca5 - Cambissolo Álico Tb pouco profundo A moderado textura argilosa relevo ondulado substrato diabásio. (K = 0,0213).

Ca6 - Cambissolo Álico Tb pouco profundo A moderado textura média relevo suave ondulado substrato sedimentos do Grupo Itararé. (K = 0,0236).

Ra1 - Solo Litólico Álico Tb raso A proeminente textura média relevo suave ondulado substrato sedimentos do Grupo Itararé. (K = 0,0188).

Ra2 - Associação Solo Litólico Distrófico raso + Cambissolo raso e pouco profundo Álico ambos Tb A moderado textura média relevo ondulado a substrato sedimentos do Grupo Itararé. (K = 0,0188).

Ra3 - Associação Solo Litólico Distrófico raso A proeminente + Cambissolo Álico raso e pouco profundo ambos Tb A moderado textura média relevo ondulado a forte ondulado substrato sedimentos do Grupo Itararé. (K = 0,0188).

Ag - Solo Aluvial gleizado Álico Tb pouco profundo A proeminente. (K = 0,0174).

O fator R da USLE foi determinado pela equação de BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. (1985), com dados de chuva diária da estação pluviométrica de Rio Negro-Pr., que fica próximo da área de estudo. Os dados computados compreendem o período de 1971 a 1992.

Os dados assim obtidos foram integrados por interpolação (tabulação cruzada) no Sistema Geográfico de Informações (SGI), obtendo-se desta forma a erosão potencial RKLS da USLE.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O SGI tem-se mostrado mais efetivo nos estudos relacionados ao meio ambiente, sendo usado com ênfase neste estudo. Assim, foram estabelecidas para a área de estudo classes de valores de declividade e comprimento de rampa homogêneos, contempladas no modelo de previsão de perdas de solo de WISCHMEIER, & SMITH (1978). Conforme pode-se observar na tabelas nº 1 e 2 há uma concentração de valores de LS entre 3,0 e 6,5 e entre 0,7 e 1,0. A morfologia geral da área estudada é condicionada

por valores médios de "L" em torno de 100 m. e por declividades predominantes na faixa de 8 a 20%. Portanto, valores relativamente altos de LS são condicionados pelo relevo predominantemente ondulado desta área. Ainda, pode-se constatar a concentração de alguns solos em algumas classes de LS como ocorre, por ex: com a classe de solo "Ag" onde 78,9% (35,8 ha.) da sua área na bacia encontra-se com valores nulos de LS pela simples razão de estar situado na planície aluvial (tabela.Q1...). Outros exemplos são dados pelos solos Cl3 e Ca5 que tem, 54,44% (11,3 ha.) e 65,72% (5,8 ha.) de sua área com valores de LS igual a 5,0 e 1,0, respectivamente.

Para estimativa da erosão potencial natural à erosão utilizou-se o valor de erosividade da chuva (R) que corresponde, para a região, a 6.127 Mj.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> e valores de erodibilidade (K) do solo especificado para os diferentes agrupamentos de unidades de mapeamento que ocorrem na área. Estes valores estão compreendidos entre 0,0174 e 0,0293. Esta homogeneidade de valores de K é função de características mais ou menos homogêneas de composição granulométrica do material do solo e concentração de óxidos de Fe e Al.

O produto obtido por R.K.LS apresentam valores estimados de erosão potencial em torno de

670 t/ha.ano para a unidade de mapeamento Ca2 com 43% da área da bacia e responsável por 55,67% da estimativa de erosão potencial (tabela nº 3). Uma informação importante a ser extraída desta tabela é que os solos que apresentam valores elevados de RKLS, acima de 400 t/ha.ano deverão ser utilizados com muita cautela, visto que valores elevados dos parâmetros C (uso e manejo do solo) e P (práticas conservacionistas) do modelo, inevitavelmente induzirão a perdas excessivas de solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba, Livrocetes, 1985. 101p.

CASTRO, F.C. Equação para estimar LS da USLE em rampas irregulares. IAPAR- Londrina. 1993. Comunicação pessoal.

CHAVES, H.M.L. Análise de sensibilidade dos parâmetros da equação universal de perda de solo modificada (MUSLE). Revista Brasileira de Ciência do solo. Curitiba, 1991.

DONZELLI, P.L. et alii, Potencial natural e antrópica à erosão laminar. in: Orientação para o combate à erosão no estado de São Paulo (Bacia do Peixe-Parapanema). Cooperação técnica

IPT-DAEE/IAC-INPE. Relatório IPI. nº 24734, São Paulo, 1987. 110p. 6 carta.

MORGAN, K.M. & NALEPA, R. Aplicacion of aerial photograph end computer analisys to the USLE for areawide erosion studies. Journal of Soil and Water Conservation. 37 (6): 374-59, 1982.

PINTO, S. dos A.F. "Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos: Contribuição Metodológica." São Jose dos Campos, 1991. Tese. Doutorado. INPE.

ROLOFF, G. Equação para estimativa do fator K da USLE. Curitiba. 1992 Comunicação pessoal.

SCOPEL, I. Avaliação da erosão cm auxilio de técnicas de sensoriamento e da equação uniersal de perdas de solo a nordeste de Cornélio Procópio (Pr). Curitiba 1988. Tese. Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal.

SCOPEL, I. et alii. Potencial Natural à erosão laminar e em sulcos no municipio de Palmeiras/Pr. Revista do Setor de Ciência Agrárias. Vol. 11. nº 1-2. 1989/91.

SILVA, G. M. da. Avaliação de Terras para o desenvolvimento rural, com o apoio do enfoque de sistemas, no município de Campo do Tenente. Curitiba. 1993. Tese. Mestrado. Universidade Federal do Paraná - Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Concentração em Ciência do Solo

VALÉRIO, F.M. et alii, Avaliação das imagens orbitais como base para levantamento de solos, INPE - 1054 - NTE/091, 1977. 37P.

VALÉRIO, F.M. et alii, Utilização de imagens TM/Landsat na análise comparativa entre dados do uso da terra e de aptidão agrícola. Revista Brasileira de Ciência do solo. Campinas, 13(1): 101-110, 1989.

WILLIAMS, J.R. Sediment yield prediction with universal equation using runoff energy factor. in: Presente and prospective techonology for predicting sediment yields and sources. handbook, nº S-40. 244-252p.

WISCHMEIER, W.M. & SMITH, D.D. Predicting raifall erosion losses. A guide to conservation planning. Agriculture Handbook, n. 537, 1978. 58p.