USO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO PARA MAPEAR O POTENCIAL NATURAL DE EROÇÃO DA CHUVA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RESERVATÓRIO DE CACHOEIRA DOURADA – GO/MG

Geoprocessing techniques to evaluate the spatial distribution of natural rain erosion potential in the Hydrographic Basin of Cachoeira Dourada Reservoir – Brazil

João Batista Pereira CABRAL¹

Valter Antonio BECEGATO²

Iraci SCOPEL³

Regina Maria LOPES⁴

RESUMO

Definiram-se as áreas de potencial natural de erosão a partir de seus principais condicionantes naturais na bacia hidrográfica do reservatório de Cachoeira Dourada, por meio da Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS) e de técnicas de geoprocessamento. Na decisão para definição do potencial natural de erosão (PNE) foi elaborada uma matriz com valores de erosividade (R), erodibilidade (K), declividade e comprimento de rampa (LS), na qual delimitou-se classes de baixo, médio, alto, muito alto e extremamente alto potencial natural de erosão, obtendo-se a distribuição espacial dos fatores R, K, LS e PNE. O maior índice de R médio para a série histórica foi de 8173,50 MJ ha mm⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Observou-se que no período de trinta anos (1973 – 2002), a bacia do reservatório apresentou muitas áreas sujeitas à erosão laminar e em sulcos (69,16% do total). Entre as classes definidas, a maior parte das áreas apresenta baixo potencial natural à erosão, o que pode ser explicado pelo tipo de solo predominante e a baixa declividade. Áreas com médio a extremamente alto potencial de erosão requerem a adoção de medidas para prevenir o aparecimento e o desenvolvimento de processos erosivos mais graves (ravinas e vossorocas).

Palavras-chave:

Solos, erodibilidade, SIG, Cachoeira Dourada(GO/MG)

ABSTRACT

Natural potential erosion were defined from their main natural conditioners in the region of hydrographic basin of Cachoeira Dourada (between Goiás and Minas Gerais states –Brazil), with geoprocessing techniques and the Universal Soil Loss Equation (USLE). Upon the decision for natural erosion potential, a matrix with values of erosivity (R), erodibility (K), declivity, and ramp length (LS) was elaborated, where classes of low, medium, high, very high, and extremely high natural erosion potential (NEP) were established. Spatial distribution for the factors R, K, LS, and PNE was defined. The highest average R index for the rainy series was 8173.50 MJ ha mm⁻¹ h⁻¹ year⁻¹. The period with data from 30 years (1973 – 2002) showed that the reservoir basin displayed areas susceptible to rill and interill erosion (69.16% of the total). There is a predominance of low erosion potential among the classes, which can be explained due to the soil predominant classes as well as to the low declivity. Areas with medium to extremely high erosion potential require the adoption of measures to avoid start and development of more severe erosion processes (ravines and gullies).

Key-words:

Soils, erodibility, GIS, Cachoeira Dourada(Brazil)

¹ Departamento de Geografia do CAJ/UFG – Geógrafo, mestre e doutorando em Geologia Ambiental – UFPR, jbcabral2000@yahoo.com.br

² Departamento de Engenharia Rural do Centro de Ciências Agroveterinárias da Udesc – Agrônomo, mestre e doutorando em Geologia Ambiental – UFPR, becegato@cav.udesc.br

³ Departamento de Geografia do CAJ/UFG – Agrônomo, pós-doutorado em agronomia – Embrapa, iraciscopel@gmail.com

⁴ Departamento de Geologia da UNB – Geógrafa, Mestranda em Geologia – UNB, lopesgeo@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O solo é um dos recursos naturais mais intensamente utilizados pelo homem. Para seu manejo sustentado, é necessário o conhecimento dos fatores que influenciam a intensidade da erosão hídrica, a qual varia de um local para outro. Neste contexto, a potencialidade das chuvas em provocar arraste de solos constitui um dos fatores mais importantes para avaliação da erosão hídrica dos solos por meio de modelos de predição.

A erosão dos solos tem sido uma preocupação constante em áreas situadas a montante de reservatórios de usinas hidroelétricas. Quanto mais sedimento é aportado para dentro do espelho d'água, menor será o tempo de vida útil da usina geradora. Assim sendo, a previsão das taxas e da produção de sedimentos nas bacias hidrográficas é de suma importância (LEMOS; BAHIA, 1992).

Entre os vários fatores que determinam a erosão do solo, descritos no modelo EUPS, destaca-se a erosividade das chuvas (fator R), que representa o potencial da mesma em causar enxurrada e conseqüentemente produzir erosão do solo (ROQUE et al., 2001). A determinação de tal fator define a melhor época para a adoção de práticas conservacionistas, visando minimizar as perdas de solos (LOPES; BRITO, 1993).

O potencial da chuva em causar erosão pode ser avaliado por meio de índices de erosividade, que se baseiam nas características físicas das chuvas de cada região. O fator erosividade-R é o índice de erosão causado pelas chuvas, o qual expressa a capacidade delas ao erodir um solo desprotegido (WISCHMEIER, 1959), parâmetro que representa numericamente a força da chuva e do escoamento. O fator R compõe-se de valores parciais de EI_{30} , definido como sendo igual ao produto da energia cinética total da chuva (E_c) pela sua máxima intensidade de precipitação, verificada em 30 minutos (I_{30}), para cada evento de chuva em uma dada área e cujo somatório desses valores resulta no valor de R.

A espacialização das informações em grandes áreas requer a utilização de sistemas nos quais seja possível integrar os dados. Os mapas, gerados em SIGs (Sistemas de informações geográficas), permitem obter uma visão global do que vem ocorrendo dentro da área de estudos. Vários são os trabalhos que utilizaram SIGs em estudos de solos (SILVA et al., 1993; LOPES ASSAD, 1995; MOTTER, 1996; MACIEL, 2000; GODOY; ASSAD, 2002).

Um dos maiores problemas na área da bacia de contribuição hídrica do reservatório de Cachoeira

Dourada refere-se à destruição de sua vegetação típica, substituída por culturas agrícolas, ocasionando a degradação de suas terras e, como conseqüência, o assoreamento do reservatório. O uso intensivo do solo com soja, milho e outras culturas de ciclo curto determinam, com freqüência, o aparecimento de erosão laminar em sulcos e, mais raramente, voçorocas.

As glebas às margens do reservatório, além do uso agrícola tradicional, também vêm sendo alvo da especulação imobiliária, com o comércio de chácaras e casas de recreação, que não obedecem à legislação ambiental, destruindo o pouco que resta das matas ciliares e acelerando o processo de assoreamento, proporcionando um tempo de vida útil menor ao reservatório.

Portanto, intenta-se neste trabalho: i) diagnosticar os processos erosivos; ii) fornecer elementos conceituais e práticos para criação de mecanismos de proteção e conservação do solo; iii) classificar a bacia hidrográfica segundo seu potencial de fornecimento de sedimentos e, para isso, iv) utilizar o geoprocessamento (SIG), como ferramenta, estabelecendo-se índices qualitativos de perda de solos.

MATERIAL E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA

A bacia hidrográfica do reservatório da usina hidrelétrica (UHE) de Cachoeira Dourada-GO/MG (Figura 1), localiza-se na divisa entre os estados de Goiás e Minas Gerais, delimitada pelas coordenadas UTM's (Universal Transversa de Mercator) 650.000 a 760.000m e 7.910.000 a 7.965.000m da Folha Topográfica de Uberlândia na escala 1:250.000. A usina entrou em funcionamento em 1959 com a finalidade principal de gerar energia elétrica, fazendo parte do complexo de barragens situadas ao longo do rio Paranaíba, tendo o lago um volume de 524.000.000 m³, cuja bacia de drenagem abrange uma área de 3.111 km², possibilitando a geração de 635MW.

PROCEDIMENTOS

Utilizou-se carta topográfica do IBGE, escala 1:250.000 de Uberlândia, dados pluviométricos do período compreendido entre 1973 e 2002, referentes a nove postos pluviométricos: Ponte Meia, Brilhante, Ituiutaba, Corambazul, Xapetuba, Tupaciguara, Fazenda Cachoeira Pouso Alegre, Avantiçuara e Monte Alegre de Minas.

FIGURA 1 - BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DO RESERVATÓRIO DE CACHOEIRA DOURADA COM ESCALA (À DIREITA) DE ALTITUDES EM METROS, RELATIVAS AO NÍVEL DO MAR

Para estimar o potencial natural de erosão (PNE), utilizou-se a USLE, proposta por Wischmeier e Smith (1978), sob a forma de:

$$A = R * K * LS$$

onde:

A = perda de solo em t/ha.ano;

R = índice numérico que expressa a capacidade da chuva em provocar erosão. Com base nos dados disponíveis das precipitações pluviométricas dos nove postos da bacia, foram calculados os valores parciais de EI_{30} , por meio da equação $EI_{30} = 67,355 (r^2 / P)^{0,85}$, onde EI_{30} é o índice médio de erosividade, P é a precipitação média anual, expressa em mm em $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$, e " r " é a média do total mensal da precipitação (mm) (LOMBARDI NETO; MOLDENHAUER, 1977 apud BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999);

K = representa a erodibilidade do solo, estimada com base nas classes e associações pedológicas, conforme os trabalhos desenvolvidos por Wischmeier et al. (1971), Bertoni e Lombardi Neto (1999) e Scopel e Silva (2001), sendo o seu valor quantitativo determinado de forma indireta por meio de nomograma;

LS = Declividade e comprimento de rampa, calculadas por meio da equação, desenvolvida por Bertoni (1977) para a cidade de Campinas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999), definida por:

$$LS = 0.00984 L^{0,63} S^{1,18}$$

onde:

L = comprimento de rampa (m);

S = declividade (%).

Para a geração dos mapas, objetivando a espacialização dos fatores R, K, LS e o potencial natural da erosão, utilizou-se o software *Surfer 8.0*, segundo os procedimentos descritos em Landim et al. (2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

EROSIVIDADE DA CHUVA (FATOR R)

Foram selecionados postos pluviométricos, com representatividade junto à área de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada e que tivessem no mínimo 30 anos de coleta de dados diários. Os valores dos índices pluviométricos foram obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA), sendo que, aqueles das estações junto ao reservatório de Cachoeira Dourada não foram utilizados pela falta de atualização da série, cuja responsabilidade cabia à CELG – Centrais Elétricas de Goiás (antiga proprietária de Cachoeira Dourada) e CDSA – Cachoeira Dourada Sociedade Anônima (atual proprietária).

Baseando-se na metodologia proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1999), os índices EI_{30} (Tabela 1 e Figura 2) para a área de drenagem do reservatório, no período de 1973 a 2002, apresentaram valores entre 6.546,37 e 8.173,50 $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$.

A maior média calculada para o EI_{30} foi de 8.285,64 $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$ e ocorreu no decênio 1983-1992; a menor, 7.828,28 $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$, ocorreu no período de 1973-1982. Esses valores estão próximos dos índices obtidos por Dedecek (1978), de 8.319 $MJ\ mm$

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS E ÍNDICES DE EROSIVIDADE OBTIDOS POR MEIO DO FATOR R

Localidades	Longitude (UTM)	Latitude (UTM)	Altitude (m)	Erosividade			
				Decênios		30 anos	
				1973-1982	1983-1992	1993-2002	1973-2002
Fazenda Cachoeira							
Pouso Alegre	733914	7931098	793	7142,73	7668,17	7275,65	6546,37
Xapetuba	754563	7912650	890	7833,13	8131,08	8087,97	7360,48
Tupaciguara	743696	7941832	887	7895,20	8267,57	8104,31	7360,48
Avantiguara	703467	7923302	791	8276,26	8983,56	8348,88	7582,39
Monte Alegre da Minas	724452	7911960	730	8125,09	8370,59	7873,55	8173,50
Ponte Meia	656789	7971760	468	7760,32	8404,60	7807,27	7167,40
Brilhante	721433	7954069	800	8726,33	9358,91	8789,75	8074,18
Corumbazul	728453	7981721	500	7283,31	7855,75	7427,87	6705,82
Ituiutaba	662000	7903000	563	7412,17	7530,51	7338,66	7532,37
Média				7828,28	8285,64	7894,88	7389,22

FIGURA 2 - EROSIVIDADE MÉDIA (EI_{30}) PARA OS TRÊS DECÊNIOS E PARA OS 30 ANOS

$\text{ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ para a região dos cerrados no Planalto Central, em Brasília-DF, porém são maiores do que aqueles obtidos por Bertol (1993; 2002), de $6.329,3$ e $5.790 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$, obtidos para Campos Novos e Lages-SC, respectivamente, e daqueles obtidos por Margolis et al., (1995) para Caruaru –PE, de $2.100 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$.

Os índices desse trabalho foram menores do que aqueles obtidos por Mories et al., (1991), de $8.493 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ para o município de Cáceres-MT em dois postos distintos e dos obtidos por Silva et al., (1993) para Goiânia-GO, de $8.355 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ e dos obtidos por Rufino et al., (1986), de $11.635 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ para a cidade de Cascavel-PR. Tais índices se inserem no intervalo de 5.000 a $12.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$, pesquisado para as condições brasileiras (COGO, 1988). Por outro lado, o EI_{30} médio, de $7.389,22 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$ para os 30 anos, é menor comparativamente a cada decênio (Figura 2).

A maior média anual das precipitações ocorreu no período entre 1983 e 1992, com 1522 mm . Considerando-se os 30 anos, obteve-se uma média de 1.341 mm , cujo maior valor foi de 1.448 mm no posto Itumbiara, e o menor, de 1.189 mm , nos postos Corumbazul e Fazenda Cachoeira Pouso Alegre (Tabela 2).

Observando-se os decênios, separadamente, verifica-se que a menor precipitação média ocorreu entre 1973 e 1982, com 1.309 mm , no posto Fazenda Cachoeira Pouso Alegre e a maior, com 1.693 mm , nas proximidades do posto Brilhante (Tabela 2 e Figura 3).

As chuvas mais intensas ocorreram no intervalo entre novembro e março, contribuindo de forma significativa para os maiores índices de EI_{30} . É neste período que se faz o preparo dos solos e a semeadura das culturas anuais como da soja e do milho. Portanto, é nesta fase que os solos tornam-se mais susceptíveis à erosão. A adoção de práticas conservacionistas, como

o plantio direto, ajudam a reduzir as perdas de solos. Este período, seguramente, é o que mais preocupa, porque o aporte de sedimentos, em função do maior potencial de erosão, é o que mais contribui para o assoreamento e conseqüentemente para a diminuição da vida útil do reservatório.

ERODIBILIDADE DOS SOLOS (FATOR K)

O fator erodibilidade (K), para cada tipo de solo existente na área, foi obtido por meio da tabela definida a partir das classificações sugeridas por Bertoni e Lombardi Neto (1999) e Scopel e Silva (2001), que atribuem valores de erodibilidade correspondentes a cada classe de solo, levantados a campo, por meio de amostras georreferenciadas, determinando-se de forma indireta pelo do nomograma, desenvolvido por Wischmeier et al. (1971), cujos valores foram adaptados para a bacia do reservatório de Cachoeira Dourada.

Propriedades físicas, químicas, biológicas e mineralógicas dos solos influenciam no estado de agregação das partículas, aumentando ou diminuindo a resistência do solo à erosão. Portanto, o resultado da espacialização dos valores de K (Figura 4), estão diretamente relacionados ao mapeamento dos tipos de solos presentes na bacia, pois estes valores são diretamente dependentes das propriedades intrínsecas de cada classe de solo, conforme a Tabela 3.

DECLIVIDADE E COMPRIMENTO DE RAMPA (FATOR LS)

Através da multiplicação dos fatores L e S, obteve-se o fator LS (Figura 5), o qual mostra que as áreas de maior susceptibilidade à erosão se concentram na porção central da bacia, principalmente nas áreas onde predominam os solos com maior erodibilidade.

TABELA 2 - ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO (MM/ANO) PARA OS TRÊS DECÊNIOS E PARA A SÉRIE DE 30 ANOS

Localidade	Longitude (UTM)	Latitude (UTM)	Altitude (m)	Três decênios			30 anos
				1973-1982	1983-1992	1993-2002	1973-2002
Fazenda Cachoeira							
Pouso Alegre	733914	7931098	793	1309	1402	1350	1189
Xapetuba	754563	7912650	890	1460	1567	1536	1317
Tupaciguara	743696	7941832	887	1431	1495	1522	1317
Avantigara	703467	7923302	791	1518	1636	1585	1376
Monte Alegre de Minas	724452	7911960	730	1513	1587	1513	1473
Ponte Meia	656788	7971760	468	1444	1512	1506	1356
Brilhante	721433	7954069	800	1544	1693	1567	1410
Corumbazul	726453	7981721	500	1311	1411	1342	1189
Ituiutaba	662000	7903000	563	1404	1385	1371	1448
Média				1437	1522	1476	1341

FIGURA 3 - PRECIPITAÇÃO MÉDIA (MM) PARA OS TRÊS DECÊNIOS E PARA OS 30 ANOS

FIGURA 4: ESPACIALIZAÇÃO DA ERODIBILIDADE (FATOR K), REFERENTE AO PERÍODO DE 1973 A 2002

TABELA 3- CLASSES DE SOLOS E FATOR ERODIBILIDADE, ADAPTADO DE BERTONI E LOMBARDI NETO (1999) E DE SCOPEL E SILVA (2001)

Solos da bacia do reservatório	Erodibilidade (fator k)
Gleissolo Háptico	0,001
Latosolo Vermelho Distroférrico	0,012
Latosolo Vermelho Álico	0,017
Latosolo Vermelho Distrófico	0,017
Nitossolo Vermelho Eutroférrico	0,018
Nitossolo Vermelho Eutroférrico Latossólico	0,018
Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	0,034
Neossolos Litólicos	0,050

FIGURA 5: ESPACIALIZAÇÃO DO FATOR LS

Na bacia, predomina o relevo em forma de platô (relevo tabuliforme). Na parte inferior do entorno do lago, ocorrem planícies de inundação. Os resultados obtidos mostram que 76,68% da área possui fator LS entre 0 e 2 e que 23,32% está inserida em área potencialmente crítica quando correlacionada com o fator erodibilidade, sendo que destes, 18,73% pertencem à faixa com fator LS de (2 a 4), 4,14% (4 a 6), 0,36% (6 a 8) e 0,09% (8 a 10), respectivamente.

POTENCIAL NATURAL À EROSÃO (PNE), PERDAS DE SOLOS POR EROSÃO LAMINAR E EM SULCOS POR MEIO DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO (EUPS)

O potencial natural de erosão (PNE), calculado para a bacia de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada – GO/MG teve o objetivo principal de determinar a erosão laminar e em sulcos, desconsiderando-se os aspectos de uso e cobertura vegetal. As classes de

FIGURA 6 - MAPA DO POTENCIAL NATURAL À EROSÃO (PNE)

TABELA 4 - PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIA DAS CLASSES DE SUSCEPTIBILIDADE NATURAL À EROSÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RESERVATÓRIO DE CACHOEIRA DOURADA - GO/MG

Classes de potencial de perdas de solo	Potencial natural à erosão (PNE)	Três decênios			30 anos
		1973-1982	1983-1992	1993-2002	1973-2002
Baixa	0 – 100	35,28	36,9	39,06	37,14
Média	100,1 – 200	27,84	29,18	31,16	29,39
Alta	200,1 – 600	33,46	31,04	27,26	30,62
Muito alta	600,1 – 1000	1,80	1,44	1,26	1,44
Extremamente alta	1000,1 - 4000	1,62	1,44	1,26	1,41

perdas de solo são válidas somente para áreas continuamente destituídas de cobertura vegetal e sem qualquer intervenção antrópica. Segundo Stein et al., (1987) e Scopel (1988), estes valores não podem ser tomados como dados quantitativos de perdas de terra por erosão, servindo assim, apenas para categorizar qualitativamente as áreas quanto à sua maior ou menor susceptibilidade à erosão laminar e em sulcos.

A dimensão em área das classes de susceptibilidade natural à erosão foi definida por meio de tabulação cruzada das classes quantitativas geradas, sendo os valores transformados em classes qualitativas, ordenadas em cinco níveis (Tabela 3), adaptado de Bertoni e Lombardi Neto (1999); Scopel (1988) e Nascimento (1998).

Pela análise da Tabela 4, observa-se que as áreas mais sujeitas à erosão (classes de potencial de perdas de solos: média, alta, muito alta e extremamente alta) no reservatório de Cachoeira Dourada, no período de 1973 a 2002, englobam 62,86 % da bacia, enquanto a área menos susceptível (baixa) representa 37,14% da bacia.

Maciel (2000), em seu trabalho, obteve valores de PNE muito altos e extremamente altos, com perdas da ordem de 900 a 8.898 ton. ha⁻¹ ano⁻¹. Nascimento (1998), encontrou valores do PNE alto e muito alto para a bacia do Rio João Leite, entre 388,33 ton.ha⁻¹ ano⁻¹ a 515,41ton.ha⁻¹. ano⁻¹, levando-se em consideração as perdas médias, acima do limite de tolerância. Por outro lado, as perdas máximas de solos, atingiram valores oscilando entre 1.574 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ a 4.833 ton.ha⁻¹.ano⁻¹.

Na bacia do reservatório (Figura 5), os valores mais elevados do PNE aparecem entre as classes média a extremamente alta, podendo variar de 100,1 a 4.000 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ (Tabela 4), enquanto os menores valores mínimos (classe baixa) correspondem à classe de 0 a 100 ton.ha⁻¹.ano⁻¹.

Entre os decênios, o período de 1973 a 1983 foi o que apresentou os maiores índices de susceptibilidade à erosão (classe de potencial de perdas de solo, média, alta, muito alta e extremamente alta), fortemente influenciados pela classe alta e extremamente alta, comparativamente aos outros decênios.

CONCLUSÕES

1. Através da análise qualitativa das classes do potencial natural de perdas de solos, a bacia hidrográfica do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG) apresenta um elevado potencial natural de perdas de solo alto em 62,86% da área total da bacia, no período de 1973-2002. A área com baixo potencial natural de perdas de solo representa 37,14%;

2. O grande aporte de sedimentos no reservatório ocorre no período de maior precipitação, que vai de novembro a março, cujo índice médio do EI_{30} é de 7.389,22 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹;

3. As principais fontes de sedimentos da bacia do reservatório de Cachoeira Dourada (GO/MG) são provenientes do Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico e dos Neossolos Litólicos.

REFERÊNCIAS

- BERTOL, I. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981-1990. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 9, p. 1453-1458, set.1993.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O. Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 1998 no município de Lages – SC. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, p. 455-464, 2002.
- BERTONI, J.; LAMBARDI NETO. *Conservação do solo*. São Paulo: Icone, 1999. p 355.
- COGO, N.P. Conceitos e princípios científicos envolvidos no manejo de solo para fins de controle da erosão hídrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., 1988, Campinas. *Anais...* Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p. 251-262.
- DEDECEK, R. A. Capacidade erosiva das chuvas de Brasília-DF, In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. *Anais...* [s.l.]: Embrapa - SNLCS, 1978. p.157-161.
- GODOY, M. J. S.; LOPES ASSAD, M. L. Aptidão agrícola com estimativa de risco climático para a cultura do milho utilizando geoprocessamento. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, p. 685-694, 2002.
- LANDIM, P. M. B.; MARTEIRO, R.; CORSI, A. C. *Introdução à confecção de mapas pelo software SURFER*. Geomática. Texto didático 8. DGA. Rio Claro: IGCE/Unesp, 2002. 20 p.
- LEMONS, M. S. S.; BAHIA, V. G. Erosividade da chuva. *Informe Agropecuário*, v. 16, p. 25-31, 1992.
- LOPES ASSAD, M. L. Uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola de terras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 19, p. 133-139, 1995.
- LOPES, P. R. C.; BRITO, L. T. L. Erosividade da chuva no médio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 17, n. 1, p. 129-133, 1993.

MACIEL, M. M. *Aplicação da equação universal de perdas de solo (USLE) em ambiente de geoprocessamento e sua comparação com aptidão agrícola*. Curitiba, 2000. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná.

MARGOLIS, E.; SILVA, A. B.; JAKES, F. O. Determinação dos fatores da equação universal de perdas de solo para as condições de Caruaru (PE). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 9, p. 165-169, 1995.

MORAIS, L. F. B. de; SILVA, V. da; NASCHENVEN, T. M. da C. et al. Índice EI30 e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 15, p. 339-344, 1991.

MOTTER, I. *Uso do geoprocessamento como auxílio no monitoramento da ocupação do solo em microbacias*. Curitiba, 1996. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná.

NASCIMENTO, M. A. *Bacia do rio João Leite: influência das condições ambientais naturais e antrópicas na perda de terra por erosão laminar*. Rio Claro, 1998. 176 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Unesp.

ROQUE, C. G.; CARVALHO, M. P.; PRADO, R. M. Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): Distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, p. 147-156, 2001.

RUFINO, R. L. Avaliação do potencial erosivo da chuva para a o Estado do Paraná: segunda aproximação. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Campinas, v. 1, p. 279-281, 1986.

SCOPEL, I. *Avaliação do risco de erosão através de técnicas de sensoriamento remoto e da equação universal de perdas de solo a nordeste de Cornélio Procopio (PR)*. Curitiba, 1988. 156 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná.

SCOPEL, I.; SILVA, M. R. Erodibilidade no Estado de Goiás. *Uniciência*, Anápolis, v.8, n.1 e 2, p. 123-132, 2001.

SILVA, J. R. C.; DEGLORIA, S. D.; PHILIPSON, W. R.; McNEIL, R. J. Estudo da mudança do uso da terra através de um sistema de análise georreferenciada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 17, p. 451-457, 1993.

STEIN, D. P.; DONZELLI, P. L.; GIMENEZ, F. A.; PONÇANO, E. L.; LOMBARDI NETO, F. Potencial de erosão laminar natural e antrópica na bacia do peixe Paranapanema. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 4., 1987, Marília (SP). *Anais...* ABGE/DAEE, 1987. p. 105-135.

SURFER, version 8.0 **Goldem Software**, 2000. conjunto de programas. 1CD-Rom e manuais. (informações em: <http://www.goldemsoftware.com>).

WISCHMEIER, W. H. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. *Soil Science Society of America Proceedings*, v. 23, p. 246-249, 1959.

_____.; JOHNSON, C. B.; CROSS, B. V. A erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, v. 26, n. 6, p. 189-193, 1971.

_____.; SMITH, D. D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Washington: United States Department of Agriculture, 1978. 58 p. (Agriculture Handbook, 537).