

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVAS DE PERDA DE SOLOS, O CASO DO RIBEIRÃO MORANGUEIRA - PR

Comparative analysis between soil loss estimates methods, the case of Ribeirão Morangueira - PR

Carina Petsch*
Manoel Luiz dos Santos**

***Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS**

Programa de Pós-Graduação em Geografia

Avenida Bento Gonçalves, 9500 – Bairro Agronomia – Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil – CEP 91501-970
carinapetsch@gmail.com

****Universidade Estadual de Maringá - UEM**

Departamento de Geografia

Avenida Colombo, 5790 – Jardim Universitário – Bloco 24, GEMA – Maringá, Paraná, Brasil – CEP 87020-900
mldsantos@uem.br

RESUMO

Os processos erosivos podem ocorrer devido à fatores naturais, ou então serem desencadeados ou acelerados pela ação antrópica, que ao não ser planejada pode acarretar profundas alterações nas características naturais do solo. Para estimar a perda de solo de uma bacia hidrográfica são bastante difundidos os modelos matemáticos, como a EUPS, Kirkby, e MEUPS que permitem análises quantitativas desse importante processo superficial em diferentes escalas. O objetivo desta pesquisa é a aplicação de 2 modelos matemáticos para estimativa da perda de solo como uma tentativa de apurar qual modelo de estimativa de perda de solo melhor se aplica para os solos da região de Maringá. A área de estudo localiza-se no norte do Paraná, no município de Maringá. A EUPS (Equação Universal de Perda dos Solos) considera o fator erosividade da chuva, erodibilidade do solo, comprimento da rampa, declividade do terreno, uso e manejo e práticas conservacionistas desenvolvidas. Já a equação proposta por Kirkby (1976), considera a precipitação anual, capacidade de armazenamento de água no solo e a evapotranspiração. A aplicação da EUPS demonstra a predominância da classe de perda de solos de 0-1 ton/ha/ano no período de solo coberto, ocupando 28,2 km², portanto, a classe de menor perda de solo, encontrada para essa área, foi a que predominou. No período exposto mesmo havendo a predominância da classe de 0-1 ton/ha/ano, as classes de maior perda de solo, de 2-5 e 5-10 ton/ha/ano, ocuparam uma área de 5,25 km² e 5,61 km², respectivamente. As classes de maior perda de solos se concentraram em áreas declivosas com solos rasos. A metodologia de Kirby (1976) demonstrou resultados pouco satisfatórios, provavelmente por que nesse caso, os dados pluviométricos foram considerados homogêneos para toda a bacia hidrográfica, indicando que para a sua aplicação é necessário um maior detalhamento de dados de precipitação.

Palavras-chave: Erosão. Modelagem matemática. EUPS.

ABSTRACT

The erosive processes may occur due to natural factors, or be triggered or accelerated by human action, which can be not designed causing profound changes in the natural soil. To estimate soil loss from a watershed are quite widespread mathematical models such as USLE, Kirkby, MEUPS that allow quantitative analysis of this important surface process at different scales. The objective of this research is the application of two mathematical models to estimate soil loss as an attempt to as certain which model is best to be apply to the soils of the region of Maringá. The study area is located in northern Paraná, in Maringá. The USLE (Equation Universal Soil Loss) considers the rainfall erosivity factor, erodibility of soil, slope length, terrain slope, land use and management and conservation practices developed. Since the equation proposed by Kirkby (1976), considers the annual rainfall, capacity soil of water storage, evapotranspiration. The application of USLE demonstrates the predominance of class soil loss of 0-1 ton/ha/year to covered soil, occupying

28.2 km², therefore, the class of low soil lost found in this area, was that dominated. During exposed period even with the predominance of the class of 0-1 ton/ha/year (28.3 km²), the class with high soil lost, occupied an area of 5,25 km² and 5,61 km², respectively. The greater loss of soil classes focused on hilly areas with shallow soils. The second methodology showed unsatisfactory results, probably why this case the rainfall data considered were homogeneous for the entire watershed, indicating that for your application requires precipitation data more detailed.

Keywords: Erosion. Soils lost. USLE.

1 INTRODUÇÃO

A erosão pode ser entendida como um processo de degradação do solo devido à atuação dos fatores naturais e antrópicos. Em razão da profunda alteração nas características naturais dos solos que este processo promove, nos últimos anos, recebendo atenção dos pesquisadores, tanto no que diz respeito à manutenção da produtividade agrícola como no que se refere à conservação dos solos (ALVES, 2000).

Na região deste estudo, Maringá – PR, o processo erosivo ocasionado pela ação das chuvas é o mais importante, quando comparado a outras formas de erosão. Guerra (1998) ressalta que o processo erosivo desencadeado pelas águas da chuva, alcança quase toda a superfície terrestre, com especial destaque para as áreas localizadas nos trópicos, onde os índices pluviométricos são bem mais elevados do que em outras regiões do planeta. Muito embora os processos erosivos dependam de outras variáveis como das características físicas dos solos, a permeabilidade, a capacidade de armazenamento, a topografia, o uso e ocupação dos solos, é notável a importância do escoamento superficial e da pluviosidade.

A erosão antrópica ou acelerada (GUERRA, 1977) é resultante da ocupação inadequada dos solos por atividades agrícolas ou urbanas, que aceleram e intensificam os processos erosivos devido às condições induzidas ou modificadas, pelo homem, ao solo. As condições mais favoráveis para a erosão estão presentes em solos sem cobertura vegetal, compactados e recentemente movimentados através do preparo motomecanizado. Estas características ocasionam o aumento na desagregação do solo, diminuição da capacidade de infiltração de água no solo e consequentemente aumento do escoamento superficial (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990 apud FUJIHARA, 2002).

Apesar da produção de sedimento ser um fenômeno natural (relacionado aos processos de intemperismo e erosão), as interferências antrópicas no ambiente potencializam a produção de sedimento, como no caso do desenvolvimento urbano e rural e das intervenções nos canais fluviais e rede de drenagem por barramentos, canalizações, retificação de cursos d'água, etc. (KIRKBY, 1980).

As partículas (sólidos) transportadas pelos cursos de água têm origem, principalmente, na erosão superficial do solo. As gotas de chuvas, caindo na superfície do solo, o desagrega, removendo-o. Esse processo é tão mais intenso quanto menor a cobertura vegetal, maior a intensidade da chuva, maior o grau de declive e maior for a susceptibilidade do solo à erosão (RANIERI et al., 1998).

A partir da década de 1960, muitos autores têm intensificado os estudos propondo modelos matemáticos para avaliação e previsão dos processos erosivos e da quantidade de sedimentos produzidos em uma dada área, em várias escalas de abordagem (WISCHMEIER; SMITH, 1965; JANSEN; PAINTER, 1974; WILLIAMS, 1990; LAL, 1990; SINGH, 1995; BEVEN; MOORE, 1993; YU et al., 1999).

Nos últimos anos, no Brasil, a aplicação de modelos matemáticos no estudo dos processos erosivos tem sido frequente, como mostram os trabalhos de Mata et al. (2007), Farinasso et al. (2006), Prado e Nóbrega (2006), Machado e Vettorazzi (2003). Com a evolução dos computadores

e do aperfeiçoamento dos Sistemas de Informação Geográfica, a aplicação desses modelos se tornou mais rápidos e eficientes.

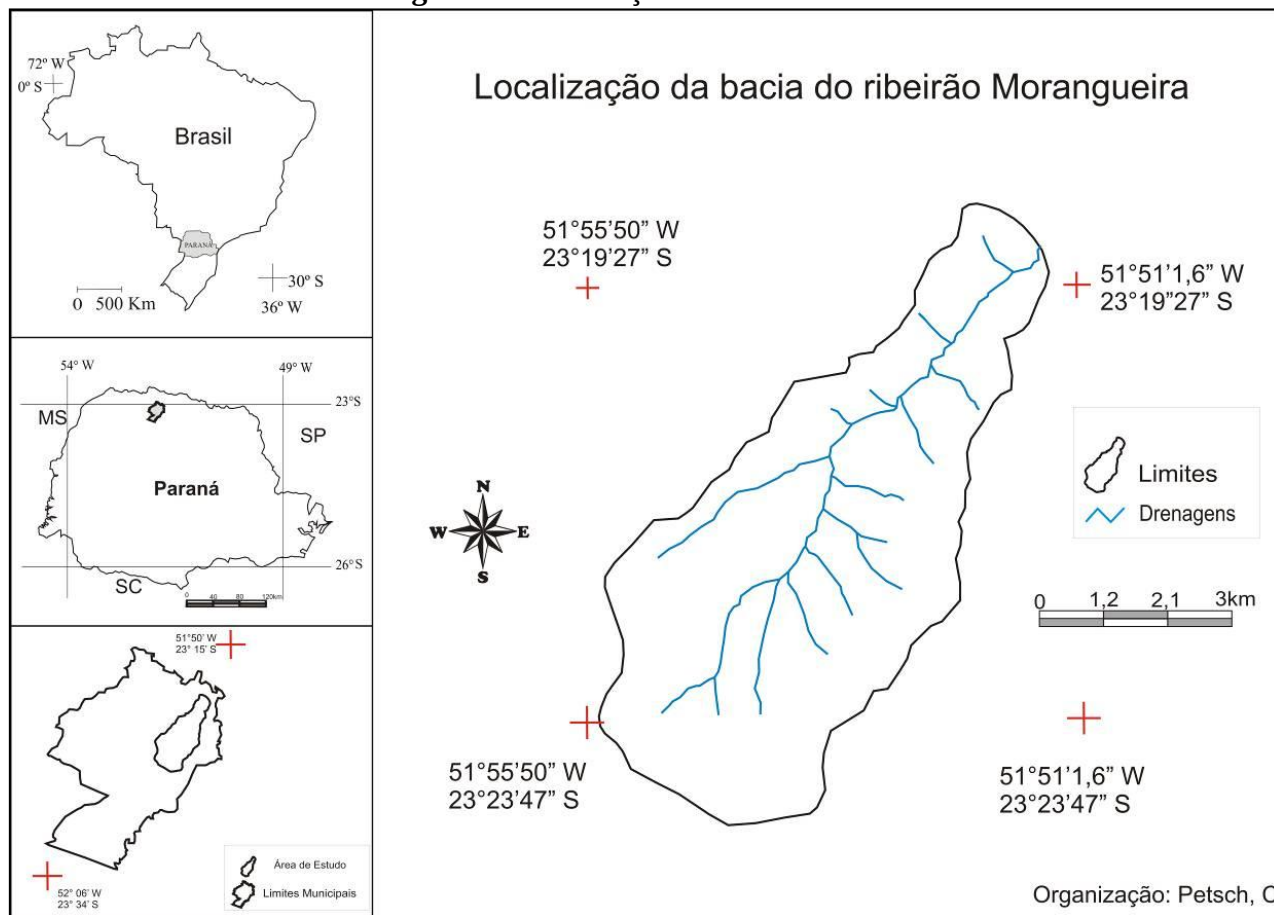
O norte e noroeste do estado do Paraná, em razão de sua rápida e intensa ocupação, apresentam agressivos processos erosivos em muitos de seus municípios, como, por exemplo, Cidade Gaúcha, Umuarama, Cianorte, entre outros. Nesse sentido, este trabalho visa a aplicação de modelos matemáticos para previsão de perda de solos na bacia hidrográfica do ribeirão Morangueira, norte do Paraná. Tendo como objetivo verificar qualitativamente quais dos modelos escolhidos, melhor expressam os fenômenos erosivos verificados no Norte do estado. O primeiro modelo é o de Kirkby (1976) e o segundo modelo é a Equação Universal de Perda de Solos– EUPS de Wischmeier e Smith (1958). A escolha desses modelos de previsão se justifica pela sua larga utilização e sucesso em outras áreas.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Ribeirão Morangueira (Figura 1) está localizada no setor nordeste do município de Maringá que por sua vez está inserido no norte do estado do Paraná. O Ribeirão Morangueira é afluente indireto do Rio Pirapó, rio este que abastece Maringá.

O Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR classifica o clima da região como subtropical - Cfa, com a temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e a temperatura média do mês mais quente acima de 22°C. Os verões são quentes e as geadas pouco frequentes. Ocorre a tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida.

Figura 1: Localização da área de estudo.



A bacia hidrográfica está inserida na área de ocorrência da Formação Serra Geral. Esta formação Mesozóica se caracteriza por sequências de derrames basálticos de natureza toleítica, de coloração cinza escura a negra, hipocristalinos, maciços ou vesiculares. Tais derrames apresentam acamamento pouco desenvolvido de atitude essencialmente horizontal (mergulho da ordem de 5 graus em direção ao centro da bacia), reflexo do deslizamento de lavas fluídas em superfícies relativamente planas (PINESE; NARDY, 2003).

Na bacia predomina o Latossolo Vermelho, textura argilosa, nos topos e alta vertentes; a partir daí em direção a jusante, ocorrem os Nitossolos Vermelhos nas médias e baixas vertentes (NOBREGA; NAKASHIMA, 2003).

Petsch e Santos (2009) em estudo sobre a ocupação do solo na bacia do ribeirão Morangueira destacam que a mata nativa da área foi degradada no período de 1950 até 1970, inclusive as áreas de mata ciliar restando apenas pequenas manchas de vegetação nativa. As áreas com mata ciliar no período de 1980 até 2005 aumentaram, resultado da intensificação da fiscalização sobre as leis ambientais.

A área urbana localiza-se próxima as áreas das nascentes principais da bacia localizadas na porção sudoeste, enquanto que as áreas de pastagem se distribuem na proximidade dos canais de drenagem ou com declividade superior a 10%. As áreas planas, ocorrentes sobre Latossolos, são ocupadas por culturas temporárias como soja e milho.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A base cartográfica utilizada foi da carta topográfica de Maringá (SF-22-Y-D-II-3), e partir das curvas de nível foi gerado o Modelo Digital de Elevação da Área, no software Spring 5.06.

3.1 EUPS – Equação Universal de Perda de Solos

A Equação Universal de Perda de Solos, (*Universal Soil Loss Equation-USLE*), revista por Wischmeier e Smith (1965, 1978), está definida na Equação (1):

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (1)$$

Onde “A” é a perda de solo, em ton/ha.ano; “R” é o fator erosividade da chuva, em MJ.mm/(ha.h); “K” é o fator erodibilidade do solo, em ton.ha.h./ha.(MJ.mm); “L” é o fator comprimento de rampa (adimensional); “S” é o fator declividade, baseado em porcentagem de declividade; “C” é o fator uso e manejo do solo (adimensional) e “P” é o fator prática conservacionista.

• Fator erosividade da chuva

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999) o cálculo do fator R indica numericamente a influência da chuva em proporcionar erosão no solo em uma área sem proteção. A Equação (2) utilizada foi aferida e usada por Tomazoni e Guimarães (2005), sendo:

$$EI_{30} = 105,3 \cdot (r^2/P)^{0,752} \quad (2)$$

Onde r^2 = média do total de precipitação em mm, P = média anual de precipitação em mm.

• Fator erodibilidade do solo

Alguns solos são mais facilmente erodidos que outros, mesmo quando o declive, a precipitação, a cobertura vegetal e as práticas de controle de erosão são as mesmas. Essa diferença, devida às propriedades inerentes ao solo, é referida como erodibilidade do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Os valores de erodibilidade utilizados nesta pesquisa foram retirados de Sala (2006) em estudo sobre solos de Maringá (Quadro 1).

Quadro 1 – Valores de erodibilidade atribuídos aos tipos de solos.

Tipo de solo	Erodibilidade
Neossolo	0,68
Cambissolo	0,67
Latossolo	0,67
Urbano*	0,8

*Solo urbano é aquele localizado nos limites da zona urbana.

• Fator LS

Prado e Nóbrega (2005) ressaltam que para facilitar a aplicação da EUPS, a maioria dos autores que trabalham com esse método, recomenda a utilização dos fatores L e S combinados, pois comprimento de rampa e declividade estão diretamente relacionados à topografia. Dessa forma, para integralização dos fatores L e S utilizou-se o método de Bertoni e Lombardi Neto (1999), representado pela Equação (3):

$$LS = 0,00984 * L^{0,63} * S^{1,18}, \quad (3)$$

Onde

LS: fator topográfico;

L: comprimento de rampa (m); e

S: declividade (%).

A escala do MDE é 1:50.000, com base em curvas de nível de 20 metros. O *software* calcula automaticamente o valor de comprimento de rampa, com base na rede triangular gerada a partir das curvas de nível.

• Fator C

O fator C mede, portanto, o efeito combinado das relações das variáveis de cobertura e manejo (PRADO; NOBREGA, 2005). Wischmeier e Smith (1978) postulam que o fator C diz respeito à relação esperada entre as perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto e cultivado.

• Fator P

O fator práticas conservacionistas da EUPS refere-se à relação entre a intensidade esperada de perdas de solo com determinada prática conservacionista e aquelas quando a cultura está plantada no sentido do declive, morroabaixo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). Os valores de C e P estão dispostos no Quadro 2.

O valor de C e P para cultura temporária foi considerado o mesmo para soja, milho e trigo. O valor de C e P foi considerado o mesmo, para todo tipo de vegetação.

Quadro 2 – Valores de C e P do modelo EUPS.

	Valor de C Anual	Valor de C (exposto)	Valor de C (coberto)	Valor de P
Cultura temporária	0,5	1,0	0,1	0,55
Vegetação	0,2	0,0004	0,0004	0,0004
Área urbana	1	0,005	0,005	0,005

O modelo EUPS será aplicado para um período com o solo coberto pelas culturas temporárias, e para um período com solo exposto.

3.2 Modelo de estimativa de perda de solos de Kirkby (1976)

As Equações (3) e (4) expressam a produção de sedimentos proposta por Kirkby (1976)

$$OF = R e^{-(rc-h)/r} \quad (3)$$

Sendo a variável OF o fluxo superficial, $m^2/km^2/ano$; R é a precipitação anual, mm; $rc.h$ é a capacidade de armazenamento de água no solo, mm; “ e ” é a evapotranspiração, mm; r é a precipitação média por evento, mm.

Depois da aplicação da Equação (3) é possível calcular a produção de sedimentos através da Equação (4).

$$SY = 170 (OF)^2 \times \tan B \quad (4)$$

Sendo que SY é produção de sedimento, $m^3/km^2/ano$ e B é o ângulo de declividade média. Os valores de ângulo de declividade média são calculados automaticamente pelo *software* Spring 5.06 ao ser gerada a grade retangular e triangular, a partir das curvas de nível.

Os dados de precipitação foram obtidos com a ECPM (Estação Climatológica Principal de Maringá) localizada no campus da Universidade Estadual de Maringá, na borda da bacia.

Para a análise da capacidade de campo foram coletadas amostras em anéis na profundidade de 30 cm. Os pontos foram escolhidos de acordo com o tipo de uso do solo e solo, no caso pastagem com Neossolo/Cambissolo (valor de capacidade de campo: 0,43); mata com Latossolo (0,35); pastagem com Latossolo (0,65); cultura temporária sobre Latossolo (0,63). As amostras coletadas foram encaminhadas para o Laboratório de Análises do Solo do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá.

Para elaboração das cartas de predição da perda de solo foi utilizada a ferramenta (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) do *software* Spring 5.06 (CAMARA et al., 1996). As informações obtidas em campo são espacializadas em formato matriz e através do LEGAL são transformadas em formato de grades (grid.). Estes planos de informação (em formato grid) são cruzados gerando uma nova carta síntese dessas informações.

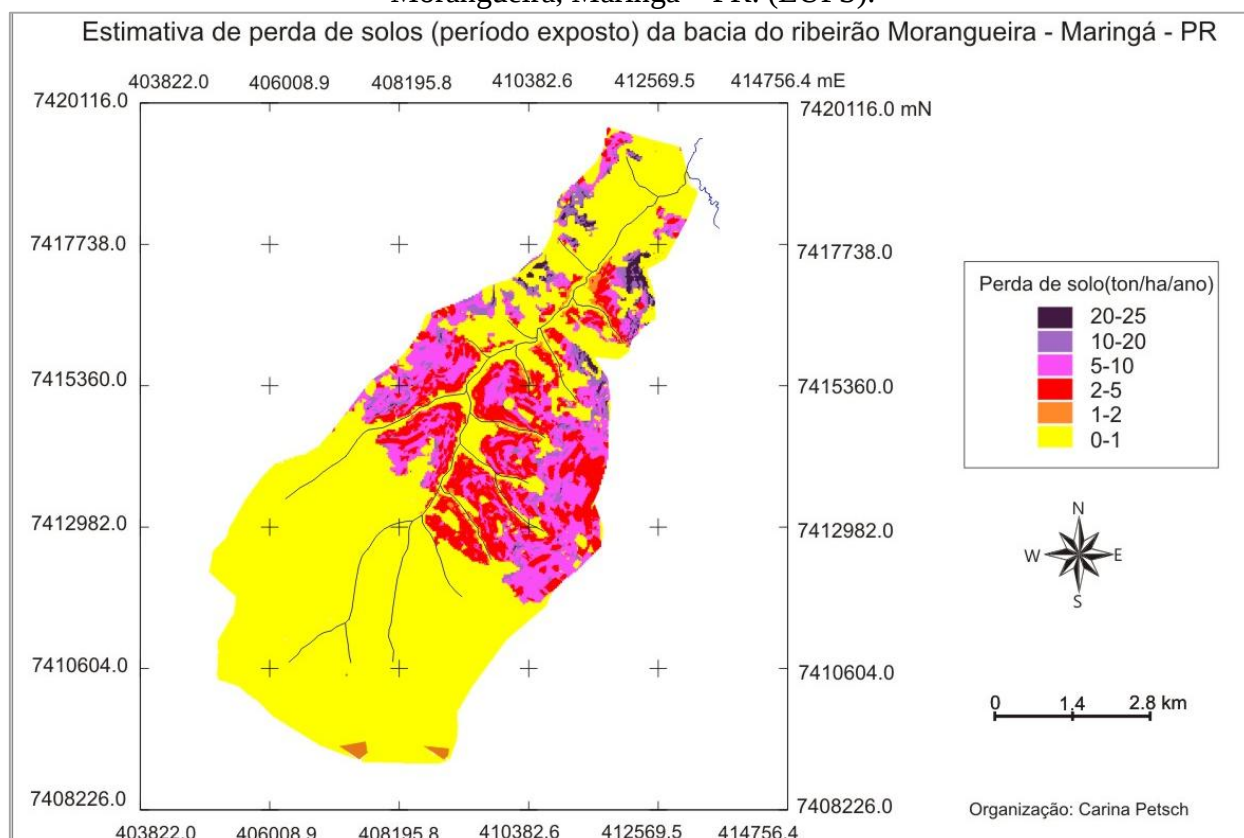
A edição final das cartas foi realizada no *software* Corel Draw X3.

4 RESULTADOS

4.1 EUPS - Equação Universal de Perda dos Solos

A carta de estimativa de perda de solos para o período de solo exposto (Figura 2) demonstra áreas com perda de 0-1 ton/ha/ano para locais planos com declividade inferior a 6% e geralmente sobre superfícies vegetadas como áreas de mata ciliar. As classes de 1-2 ton/ha/ano e 2-5 ton/ha/ano apresentam-se em áreas com declive de 6-10%, em áreas predominantemente de pastagem e também de culturas temporárias principalmente No setor médio da bacia. As áreas com as classes 5-10 ton/ha/ano e 10-20 ton/ha/ano caracterizam preferencialmente sobre áreas de pastagens com declividade de 10-20%, também no setor médio da bacia, sobre solos rasos como Neossolo e Cambissolos. A área com classe temática de 20-25 ton/ha/ano de solo erodido limita-se a alguns pontos com declividade superior a 20% com Neossolos caracterizando como topos de derrames basálticos.

Figura 2 – Carta de estimativa de perda de solos (período exposto) da bacia do ribeirão Morangueira, Maringá – PR. (EUPS).



A carta de estimativa de perdas dos solos no período em que as culturas temporárias estão (desenvolvidas) plantadas (Figura 3) mostra a predominância da classe de perda de solos de 0-1 ton/ha/ano em todos os locais planos, com culturas temporárias e, em alguns pontos com pastagem sobre Latossolo com declividade entre 0-15%. As áreas de 1-2 ton/ha/ano e 2-5 ton/ha/ano ocorrem em locais com declividade de 15-20% com uso do solo voltado para pastagens. A classe de 5-10 ton/ha/ano aparece em um ponto com declividade superior a 20%.

A carta de estimativa de perdas dos solos anual (Figura 4) se assemelha bastante ao período com solo exposto. As áreas com declive superior a 10% apresentaram maior perda de solo para o período anual em relação ao solo exposto. A classe de 0-1 ton/ha/ano prevalece em áreas vegetadas e planas, as classes de 1-2 ton/ha/ano, 2-5 ton/ha/ano, e 5-10 ton/ha/ano ocupam áreas de 5-15% de declividade sobre Latossolos, Neossolos e Cambissolos e apresentam-se ocupadas com pastagens e culturas temporárias. A área de 10-20 ton/ha/ano e 20-25 ton/ha/ano predomina sobre declives de 15% ou mais sobre Neossolos e Cambissolos, sendo ocupadas predominantemente por pastagens.

Figura 3 – Carta de estimativa de perda de solos (período coberto) da bacia do ribeirão Morangueira, Maringá – PR. (EUPS).

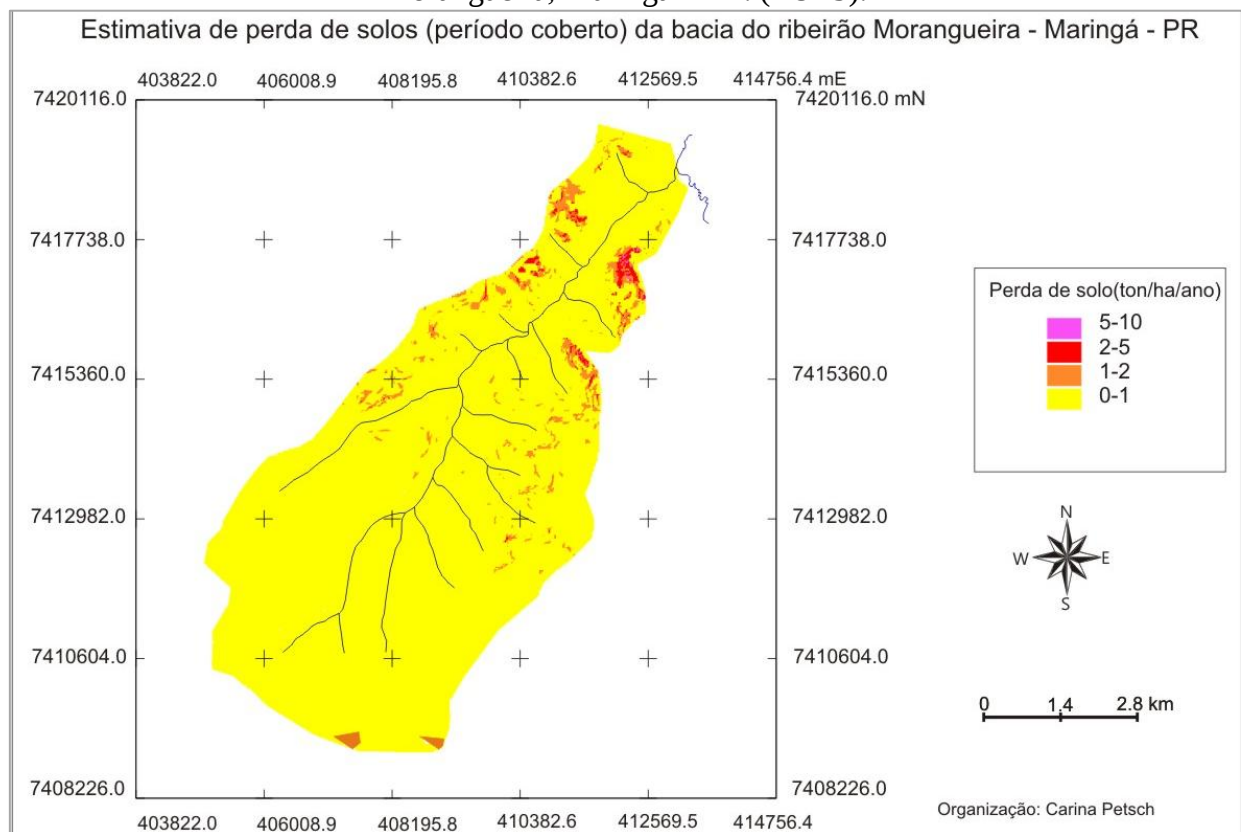
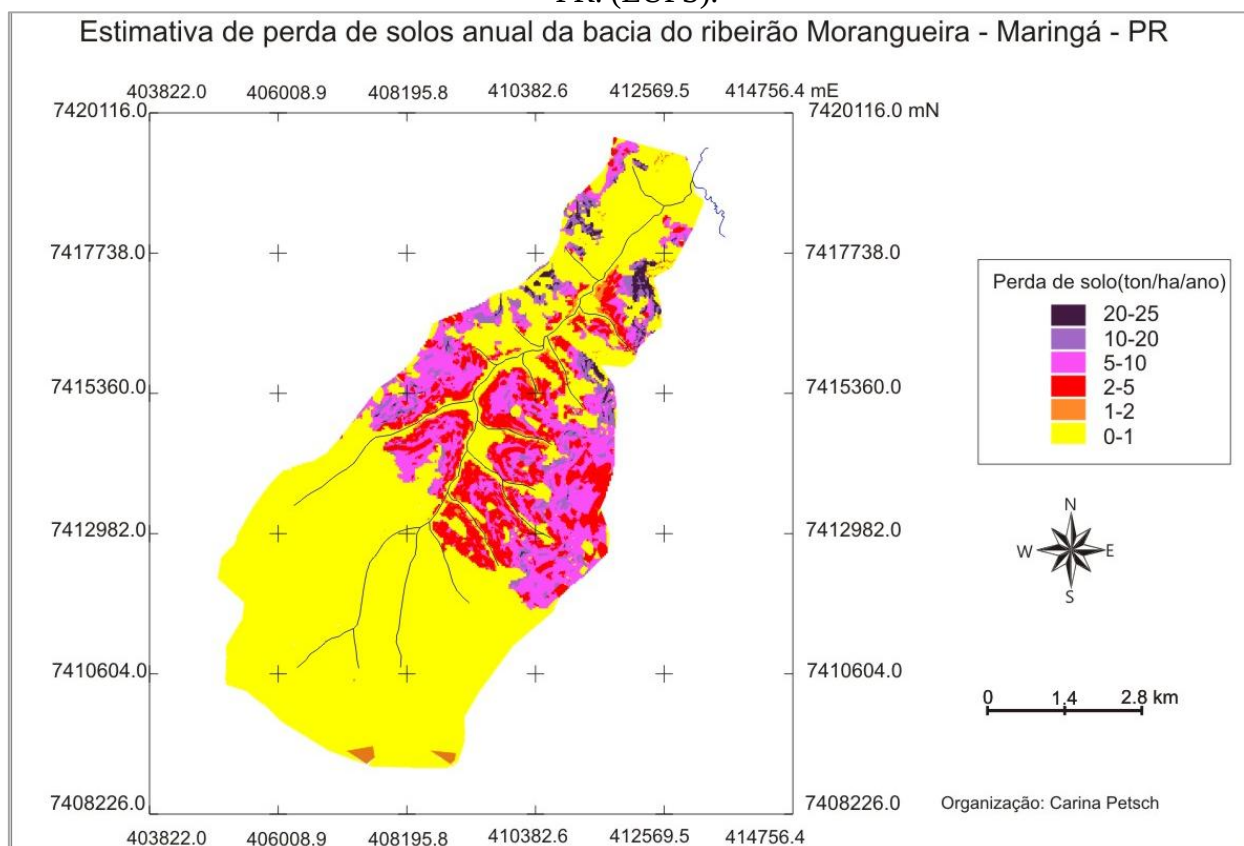


Figura 4 – Carta de estimativa de perda de solos (anual) da bacia do ribeirão Morangueira, Maringá - PR. (EUPS).



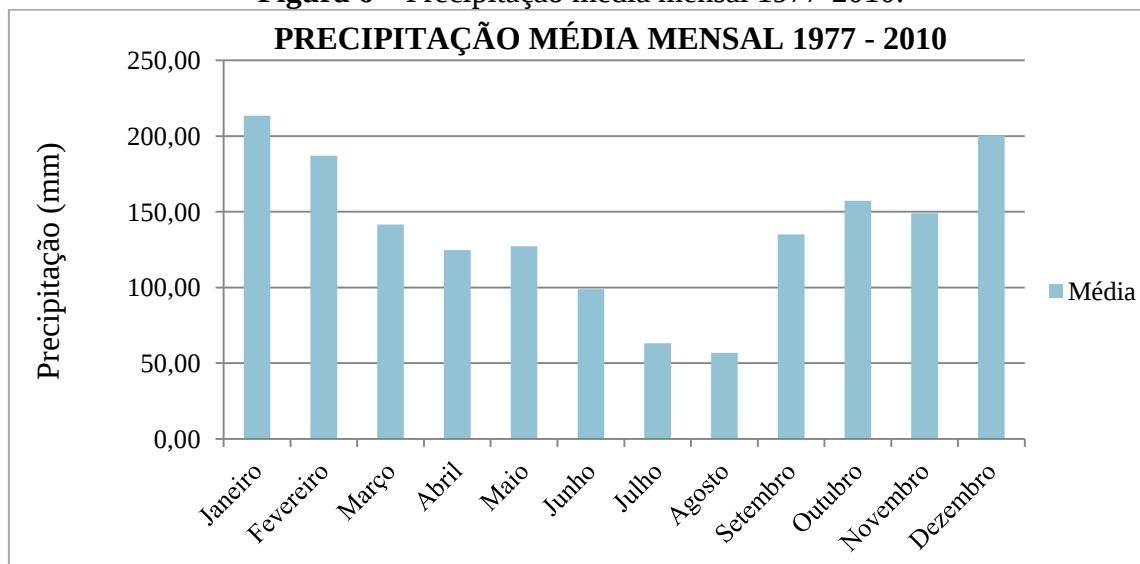
4.2 Modelo matemático de perda de solos (KIRKBY, 1976)

O ano de 2009 foi estabelecido de base para cálculo da erosividade por apresentar valores de precipitação considerados dentro da média para essa área de estudo. Para este ano, a precipitação variou de 60,80 mm a 78,2 mm. A distribuição da precipitação nesse período caracteriza o clima tropical com maior intensidade de chuvas no verão, e uma sensível diminuição no inverno (Figura 6).

O conteúdo de água retido é variável de solo para solo, sendo resultado da ação conjunta de vários fatores, dependendo principalmente da quantidade e natureza da fração argila. Os dados de capacidade de campo refletem maiores valores de capacidade armazenamento de água no Latossolo, com características argilosas e perfil de solo bem desenvolvido (Quadro 3).

A carta de estimativa de perda de solos (KIRKBY, 1976) da bacia (figura 07), mostra resultados muito homogêneos, sendo possível classificar somente duas classes temáticas, uma de 0,48-0,49 ton/ha/ano e outra de 0,49-0,50 ton/ha/ano. A primeira classe se restringe a parte de zona urbana impermeabilizada e ocupa 18,6 km² e a segunda classe a toda área permeável com Latossolo, Neossolo e Cambissolo ocupam 23,24 km².

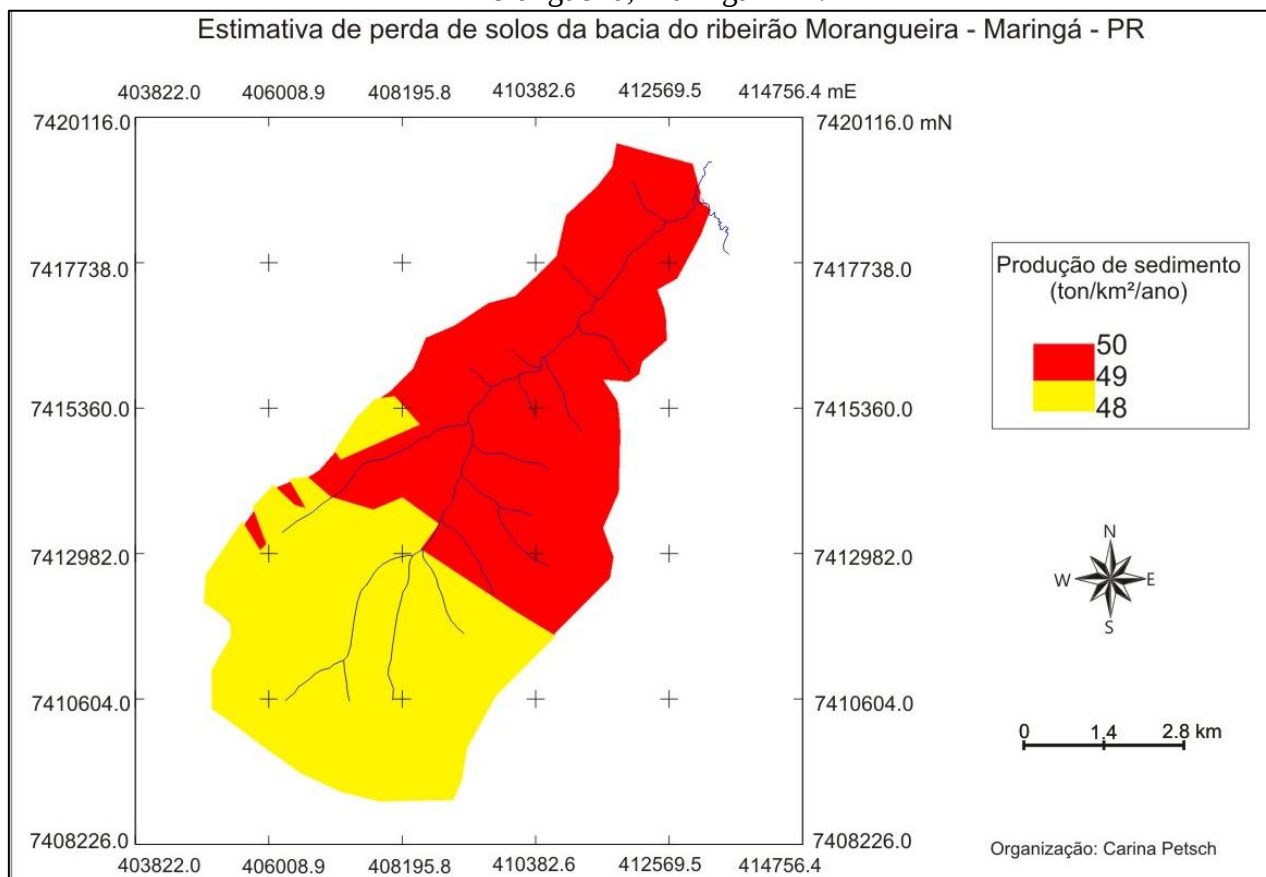
Figura 6 – Precipitação média mensal 1977-2010.



Quadro 3 – Valores de capacidade de campo.

Solo	Valor de capacidade de campo (adimensional)
Neossolo	0,00044
Cambissolo	0,00043
Latossolo	0,00046
Urbano	0,0008

Figura 7 – Carta de estimativa de perda de solos (KIRKBY, 1976) da bacia do ribeirão Morangueira, Maringá - PR.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os dois modelos matemáticos utilizados denota-se que quanto maior a riqueza dos dados disponíveis, quanto as variáveis físicas, melhor será o resultado da modelagem. A Equação Universal de Perda dos Solos forneceu resultados mais pertinentes, caracterizando as áreas de declive baixo com pouca perda de solos, declive médio correspondendo a áreas com perda de solos entre 2-20 (ton/ha/ano) e áreas de perda de 20 (ton/ha/ano) ou mais em pontos com declive superior a 20% (topos de derrames basálticos).

A carta referente à aplicação da metodologia de Kirkby (1976) demonstrou resultados insatisfatórios, com apenas duas classes, uma referente a área urbana e outra à área rural. Isso se deve a homogeneidade dos dados de precipitação, que foram considerados os mesmos para toda a bacia. Esta análise demonstra a necessidade da melhor espacialização dos dados de pluviosidade na bacia, que seria permitida com a instalação de pluviômetros distribuídos dentro da bacia.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO, G. S.; RIDENTE JUNIOR, J. L. Erosão: diagnóstico, prognóstico e formas de controle. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 7., 2001, Goiânia. *Anais...* Goiânia: [s.n.], 2001.1CDROM.

ALVES, M. **Estimativa da perda de solo por erosão laminar na bacia do rio São Bartolomeu – DF usando técnicas de geoprocessamento.** 2000. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser300/trabalhos/mariza.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2010.

BEVEN, K. J.; MOORE, I. D. (Ed.). **Terrain analysis and distributed modeling in hydrology**. Chichester: John Wiley and Sons, 1993.

FUGIHARA, A. K. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa micro bacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento**. 2002. 118 f. Dissertação (Mestrado)–Escola Superior de Agricultura (Luiz de Queiroz)-Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11142/tde-12112002-141046/>>. Acesso em: 2 fev. 2012.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 149-209.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Dia de campo**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/>>. Acesso em: 21 mar. 2011.

JANSEN, J. M. L.; PAINTER, R. B. Predicting sediment yield from climate and topography. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 21, no. 4, p. 371-380, 1974.

KEITH, L. **Compilation of EPA'S (Environmental Agency Protection) sampling and analysis methods**. 2nd ed. New York: CRC: Lewis Publishers, 1996.

KIRKBY, M. J. Modeling water erosion processes. In: KIRKBY, M. J.; MORGAN, R. P. C. (Org.). **Soil Erosion**. London, 1980. p.183–216.

KIRKBY, M. J. Hydrological slope models the influence of climate. In: DERBYSHIRE, E. **Geomorphology and Climate**. New York: John Wiley e Sons, 1976. p. 247-267.

KÖPPEN, W. Climatologia: com un estudio de los climas de la tierra. In: IAPAR. **Cartas Climáticas Básicas do Estado do Paraná**, Londrina, 1948.

LAL, R. **Soil erosion in the tropics: principles and management**. McGraw-Hill: Michigan, 1990.

MELO, O. A. G.; SANTOS, M. L. Análise comparativa da vulnerabilidade ambiental potencial ou emergente da bacia hidrográfica do rio Baiano – Assis Chateaubriand/PR. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 17-27, 2010. Disponível em: <[file:///C:/Documents%20and%20Settings/bce-sdi/Meus%20documentos/Downloads/10375-45185-1-PB%20\(2\).pdf](file:///C:/Documents%20and%20Settings/bce-sdi/Meus%20documentos/Downloads/10375-45185-1-PB%20(2).pdf)>.

MORAIS, E. S. **Aplicação de modelos para estimativa de produção de sedimentos na bacia hidrográfica do Ribeirão Maringá - PR**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

NAKASHIMA, P.; NÓBREGA, M. T. Solos do terceiro planalto do Paraná. In: ENCONTRO GEOTÉCNICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE – ENGEOPAR, 1., 2003, Maringá. **Anais...** Maringá: Engeopar, 2003. p. 53-65.

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. Soil characterization of mapping units for highway y purposes in a tropical area. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, Paris, v. 19, p. 196-199, 1979.

PEJON, O. J. **Mapeamento geotécnico regional da folha de Piracicaba-SP escala 1:10.000**: estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação de atributos. 1992. Tese (Doutorado)-Universidade Estadual de São Carlos, São Carlos, 1992.

PINESE, J. P. P.; NARDY, A. J. R. Contexto geológico da formação Serra Geral no terceiro planalto Paranaense. In: ENCONTRO GEOTÉCNICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE – ENGEOPAR, 1., 2003, Maringá. 2003. **Anais...** Maringá: Engeopar, 2003. ! CDROM.

RANIERI, S. B. L.; SPAROVEK, G.; SOUZA, M. P.; DOURADO NETO, D. Aplicação de índice comparativo na avaliação do risco de degradação das terras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 751-760, 1998.

SALA, M. G. **Análise integrada dos elementos físicos, de uso e ocupação da bacia do Ribeirão Maringá – PR**: para fragilidade ambiental dos solos. 2005. 148 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

SANTOS, M. N. **Influência de diferentes sistemas de manejo nos teores de carbono orgânico e de nutrientes e no tamanho e distribuição de poros em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso na região dos Cerrados**. 1997. 133 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1997.

SINGH, V. P. **Computer models of watershed hydrology**. Baton: Water Resources, 1995.

SOUZA, M. J. N.; LIMA, F. A. M.; PAIVA, J. B. Compartimentação topográfica do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 9, n.1/2, p. 77-85, dez. 1979.

YU, L.; RIGHETTO, A. M.; MARTINS, R. P.; ROSMAN, P. C. C.; EIGER, S. **Métodos numéricos em recursos hídricos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1999.

WISCHMEIER, W. H. Cropping-management factor evaluation for a universal soil loss equation. **Soil science society of American**, Guilford, v. 24, no. 4, p. 322–326, 1960.

WISCHMEIER, W. H. Use and misuse of the universal soil-loss equation. **Journal of soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 31, no. 1, p. 5–9, 1976.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall, erosion losses: a guide planning**. Washington, DC: USDA/ARS, 1978.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses from cropland east of Rocky Mountains**. Washington, DC: Handbook, 1965.

Data de submissão: 04.03.2013

Data de aceite: 18.03.2015

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.