

DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE EROÇÃO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DA EUPS NA BACIA DO RIO PRETO.

Leonardo Figueiredo de Freitas¹, Osmar Abílio de Carvalho Júnior¹, Renato Fontes Guimarães¹, Roberto Arnaldo Trancoso Gomes¹, Éder de Souza Martins² & Daniel Gomes-Loebmann¹

¹UnB – Universidade de Brasília – Departamento de Geografia
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, 70910-900, Brasília, DF, Brasil.

{leoffreitas, gomesloebmann}@yahoo.com.br,

{osmarjr, renatofg, robertogomes}@unb.br

²EMBRAPA – CPAC – Departamento de Solos

eder@cpac.embrapa.br

Recebido 12 de agosto de 2006; revisado 20 de agosto de 2006; aceito 04 de novembro

RESUMO – O desenvolvimento de novas técnicas na agricultura vem possibilitando a expansão das fronteiras agrícolas há algum tempo. Entretanto a preocupação ambiental não seguiu o mesmo caminho e ritmo, principalmente com relação a conservação do solo que é fundamental, porque com a sua degradação também se perde a produtividade, entre outros problemas de igual importância. O planejamento do uso da terra em uma bacia hidrográfica pode servir como um instrumento preventivo à perda de solo. Com isso este trabalho vem contribuir para o planejamento da bacia hidrográfica do rio Preto, analisando a susceptibilidade à erosão, por meio de técnicas de geoprocessamento, na aplicação da EUPS (Equação Universal de Perda de Solos).

Palavras-Chave: EUPS, modelagem matemática, geoprocessamento.

ABSTRACT – The development of new techniques in agriculture has been allowing the expansion of the agricultural frontier for some time. Meanwhile, the concern about the environment has not followed the same path and pace, particularly regarding to the crucial matter of soil conservation; since its degradation also means productivity loss, among other issues of equal importance. The planning of land use in a river basin can serve as a preventive tool to the loss of soil. Thus, this work is to contribute to the land use planning of the Rio Preto river basin, by analyzing the susceptibility to erosion

through geoprocessing techniques, in the application of USLE (Equation of Universal Soil Loss).

Keywords: USLE, mathematical modeling, geoprocessing.

INTRODUÇÃO

As necessidades do aumento de produção e de acomodação da população têm provocado mudanças e conflitos no uso das terras, determinando a necessidade de se identificar estratégias e diretrizes que equilibrem os diferentes interesses que regem a ocupação do espaço. O elevado crescimento demográfico, a expansão desordenada da malha urbana e a escassez das terras férteis e recursos hídricos, entre outros, requerem a existência de documentos que permitam orientar a ocupação do território de forma harmoniosa com a vocação natural do ecossistema. Desta forma, torna-se importante aproveitar a aptidão natural das terras para melhor extrair e utilizar os recursos existentes de forma a satisfazer as necessidades econômicas atuais sem comprometer a capacidade das futuras gerações. Para tanto, deve-se compreender as limitações físicas do ambiente e o processo decorrido de ocupação dentro das necessidades e demandas da população. A partir desse conhecimento é possível projetar cenários futuros e buscar uma racionalização adequada do meio físico.

Um dos grandes desafios atuais é conseguir associar o desenvolvimento na agricultura com o princípio de sustentabilidade, principalmente, no que se refere à conservação do solo. Atualmente, no Brasil, um dos principais fatores que contribui para a perda da capacidade produtiva do solo é a erosão hídrica, acelerada pela ação do homem com suas práticas inadequadas de agricultura e urbanismo (Bertoni & Lombardi Neto, 1990; Vieira et al., 1996; Primavesi, 1987).

Desta forma, as práticas de manejo conduzidas de forma impróprias (drenagem imprópria, irrigação mal feita, uso abusivo de fertilizantes e uso inadequado do solo) consistem no principal vetor para o enfraquecimento e diminuição da potencialidade e produtividade do solo, provocando diversos danos, como as perdas de: estrutura do solo, matéria orgânica, elementos nutritivos e solo.

Para atenuar as causas do esgotamento dos solos por processos erosivos devem ser utilizadas práticas conservacionistas. A modelagem espacial dessas técnicas deve considerar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento. O manejo de bacias hidrográficas deve ser entendido como um conjunto de procedimentos resultantes de trabalho integrado, que deve ser conduzido para identificar opções de solução aos problemas que alteram os sistemas ambientais (Valério Filho, 1994).

Os modelos matemáticos são importantes ferramentas para a simulação, predição e quantificação de erosão hídrica, fornecendo subsídios para o planejamento e definição de práticas adequadas de manejo e conservação do solo. Dentre os modelos para a estimativa de erosão, a Equação Universal de Perdas de Solo - EUPS (Universal Soil Loss Equation – Wischmeier & Smith, 1978) vem sendo amplamente utilizada devido a sua facilidade de emprego. A EUPS obteve uma grande difusão devido a sua linearidade e unicidade de seus fatores, que abrangem os principais sub-processos para a modelagem do processo de erosão. Portanto, esse modelo permite estabelecer critérios do meio físico que orientem o planejamento do uso da terra e as práticas de conservação.

No entanto, para que se obtenham bons resultados com a EUPS é necessário que haja disponibilidade de dados experimentais locais para derivar os valores

referentes aos fatores da equação. Desta forma, a utilização da EUPS para a maior parte do Brasil (com exceção Rio Grande do Sul e São Paulo), apresenta fortes limitações, não sendo possível a obtenção de dados confiáveis (Henklain & Freire, 1983; Bicaia et al., 1981 e Leprun, 1981).

Portanto, devido ao elevado grau de empirismo da EUPS e à necessidade de várias medições de campo para sua validação, há, para certas regiões brasileiras, um comprometimento do seu uso para fins quantitativos. No entanto, esse método mostra-se satisfatório na localização geográfica, dentro de uma bacia hidrográfica, das áreas mais vulneráveis ao processo de erosão. A informação, mesmo sendo qualitativa, já fornece subsídios relevantes ao planejamento agrícola e ambiental em grandes e pequenas bacias hidrográficas. Esse enfoque qualitativo da EUPS, somado com a aferição de campo traz uma importante contribuição para um diagnóstico inicial da bacia hidrográfica (Bloise et al. 2001).

Estudos de fragilidade ambiental para o zoneamento econômico-ecológico estabelecem avaliações qualitativas baseadas em cruzamentos ponderados de planos de informações referentes aos componentes da paisagem (Becker & Egler, 1996 e Crepani et al., 1996). A adoção da EUPS para fins de qualificar as áreas de vulnerabilidade à erosão apresenta algumas vantagens: a) é um método amplamente conhecido; b) permite uma padronização da metodologia favorecendo comparações; c) leva em consideração os principais fatores para erosão e d) é menos subjetiva que os métodos de cruzamento ponderado.

Além do estabelecimento de um modelo simples, é necessária a utilização de sistemas de alta capacidade para o tratamento e análise de informações multi-temáticas. Com esse propósito, o emprego do geoprocessamento (aquisição,

armazenamento e manutenção de informações) traz um grande avanço na análise e modelagem dos processos naturais possibilitando inúmeras aplicações, entre elas o gerenciamento de bacias hidrográficas e a modelagem dos mecanismos erosivos (Valério Filho, 1994). Esta tecnologia permite o estudo do meio ambiente pela espacialização de dados e geração de informações a partir de análises temáticas, cuja área de atuação pode envolver desde a coleta e tratamento da informação espacial até o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações (Teixeira et al., 1992).

A Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) combinada com o geoprocessamento vem sendo utilizada em vários trabalhos (Mati et al., 2000; Silva, 2001; Amore et al., 2004; entre outros), na tentativa de se identificar áreas que apresentam vulnerabilidade aos processos erosivos. O mapeamento das áreas mais susceptíveis a perda de solo é um importante atributo para a elaboração de um planejamento territorial de uma bacia hidrográfica.

O presente trabalho possui como objetivo identificar as áreas com maior potencial de erosão natural segundo o modelo de Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), dentro da Bacia do Rio Preto. Neste propósito o trabalho realiza um aprimoramento dos resultados de perda de solos obtidos por Silva (2001 e 2004) para a bacia do rio Paracatu, da qual a bacia do rio Preto faz parte. Este trabalho se diferencia de Silva (2001 e 2004), principalmente, na questão metodológica para a obtenção dos fatores da EUPS, havendo modificações em cada um deles.

ÁREA DE ESTUDO

A Bacia hidrográfica do Rio Preto está compreendida na Bacia do Rio Paracatu, que por sua vez pertence à Bacia do São Francisco (**Figura 1**). Abrangendo parte do Distrito Federal e dos Estados de Goiás e Minas Gerais, essa bacia ocupa aproximadamente 10.310 km² possuindo grande importância na produção agropecuária regional.

O clima da área é tropical, onde as variações térmicas são pequenas, com o regime pluviométrico caracterizado por máximos no verão e mínimos no inverno. A precipitação decresce de 1600 mm a 1000 mm, no sentido oeste-leste. As chuvas concentradas nos meses de outubro a abril (Minas Gerais, 1998).

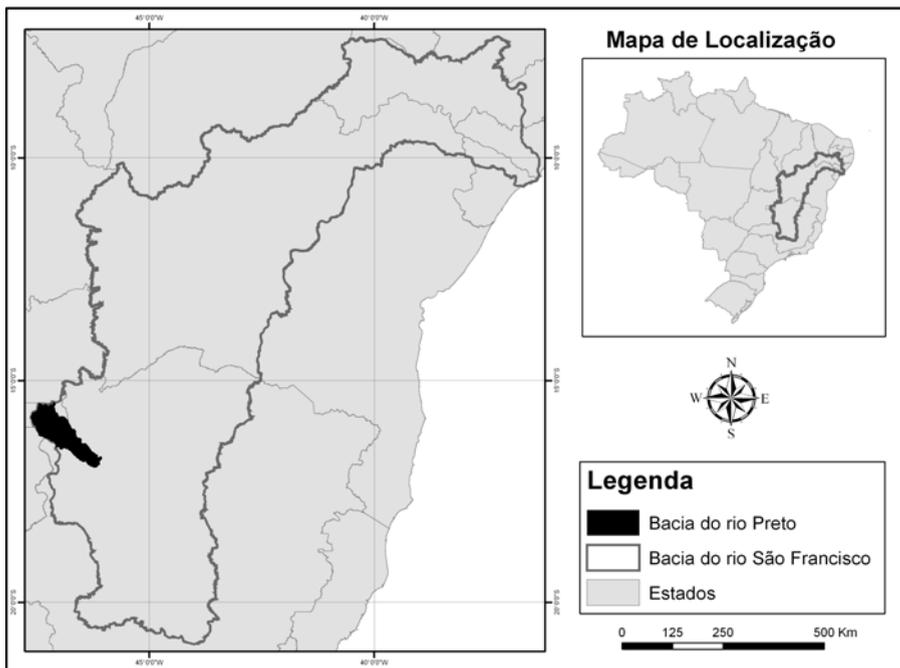


Figura 1 – Mapa de Localização da Bacia do Rio Preto.

Grupo Paranoá, Sub-Grupo Paraopeba, pertencente ao Grupo Bambuí e pela cobertura detrítico-laterítica do Terciário-Quaternário. A Formação Vazante é composta por filitos, ardósias, quartzitos, metassiltitos, raros calcários e abundantes dolomitos (Schobbenhaus, 1984). O Grupo Canastra é composto basicamente por sericita xisto, quartzo-sericita xisto, calcita-clorita-sericita xisto e quarto-sericita-clorita xisto. O Grupo Paranoá apresenta na área em estudo, a unidade Rítmica Quartzítica Intermediária formada por quartzitos finos a muito finos, feldspáticos friáveis, que evoluem, para o topo, para uma alternância de laminações siltico- argilosas, metassilito e metargilitos com intercalações de quartzitos finos a médios classificados como ritmitos. O Sub-Grupo Paraopeba, pertencente ao Grupo Bambuí, é constituído por siltitos e argilítos de coloração cinza-esverdeada a avermelhado, às vezes calcíferos, lentes de calcário e intercalações de arenito arroxeadado. Os depósitos Cenozóicos são formados pela cobertura detrítico-laterítica do Terciário-Quaternário (Scislewski et al., 2003).

A Geomorfologia da área de estudo é constituída basicamente por cinco unidades (Borges *et al.*, 2007): (a) Planalto, que se caracteriza pelas superfícies planas e suavemente convexas na forma de chapadas, com altitudes entre 823 e 1186 m; (b) Unidade Planalto Dissecado, que apresenta uma frente erosiva das chapadas, em contato com as zonas deprimidas; (c) Unidade Cristas de Unai, se destaca pelos alinhamentos de serras orientados na direção NNW-SSE, com intercalação de zonas deprimidas e aplainadas; (d) Unidade Terraços, constituída por depósitos fluviais desenvolvidos durante o Quaternário e por uma área rebaixada e aplainada com cotas variando entre 503 m e 818 m. Ao longo das serras ocorrem formas cársticas típicas; (e) Unidade Planície Fluvial, que está associada ao leito atual do rio Preto com depósitos fluviais, com altitudes

entre 440 e 559 m.

A agricultura ocupa principalmente nas áreas planas, que estão localizadas na porção superior e inferior da bacia. Na bacia as áreas preservadas estão localizadas: (a) nas porções íngremes do relevo onde existem limitações para a produção em grandes escalas, e (b) no Campo de Treinamento do Exército Brasileiro, no município de Formosa – GO (**Figura 2**).

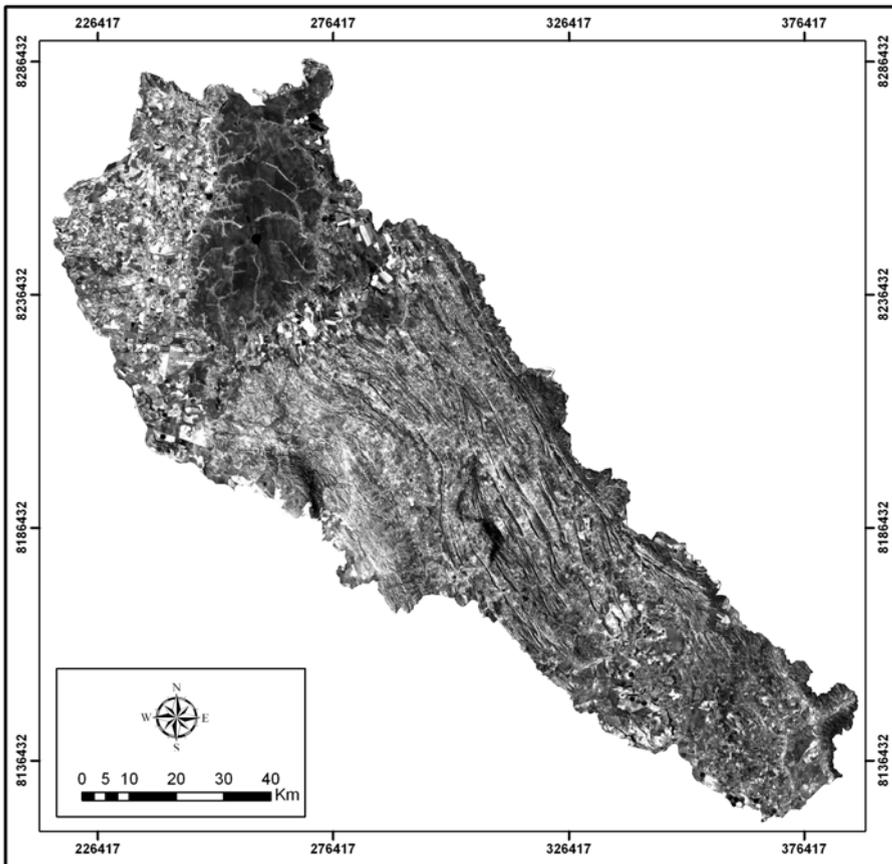


Figura 2 – Imagem LandSat 7/ETM+ de 2003 da Bacia do Rio Preto (banda 5).

METODOLOGIA

A EUPS é um modelo matemático proposto por Wischmeier & Smith, (1965) para prever perda de solo. Esta equação tem sido largamente utilizada para estimar a perda de solo e/ou estimar os valores numéricos dos diferentes componentes dos processos erosivos. A EUPS pode ser expressa pela **Equação 1**

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

Onde, “A” é a taxa de perda de solo; “R” é o fator associado à erosividade da chuva; “K” erodibilidade do solo; “L” é o comprimento da encosta; “S” é a declividade da encosta; “C” é o uso do solo e “P” corresponde a medida de proteção do solo.

A metodologia utilizada pode ser subdividida nas seguintes etapas: (a) confecção do Modelo Digital de Terreno (MDT); (b) confecção dos atributos de terreno (aspecto, declividade e área de contribuição); (c) confecção do mapa do fator LS; (d) confecção do mapa da erosividade, fator R; (e) confecção do mapa da erodibilidade, fator K, e (f) confecção do mapa do potencial erosivo a partir da EUPS.

Confecção do Modelo Digital de Terreno

A confecção do MDT utilizou a base cartográfica na escala 1:100.000, da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de onde foram retiradas as informações de altimetria (curvas de nível e pontos contados) e hidrografia. Esses dados foram corrigidos e posteriormente interpolados pelo módulo TOPOGRID do programa ArcInfo

(ESRI, 1993). Esse procedimento emprega o algoritmo desenvolvido por Hutchinson (1989) que objetiva criar um MDT para estudos hidrológicos. O algoritmo foi elaborado para produzir um MDT acurado que contenha as propriedades das drenagens e a os dados de direção de fluxo. O procedimento conjuga tanto o esforço de manter as características hidrográficas, a remoção de dados espúrios relativos a pontos de depressões ou de elevações e uma técnica de interpolação por diferenças finitas (Hutchinson, 1989). O MDT foi gerado com uma resolução espacial de 25 metros.

Confecção do Mapa do Fator LS

O fator LS foi obtido pela equação proposta por Desmet e Govers (1996); onde o fator L é determinado a partir da **Equação 2** e a declividade (S) pela equação proposta por Zavenbergen & Thorne (1987) (**Equação 3**).

$$L_{i,j} = [(A_{i,j} + D^2)^{m+1} - (A_{i,j})^{m+1}] + [D^{m+2} \cdot X_{i,j}^m \cdot (22,13)^m] \quad (2)$$

Onde “ $A_{i,j}$ ” é a área de contribuição da célula, com coordenadas i,j (m^2); “ D ” é o tamanho da célula (m), ou seja, tamanho do pixel (no caso em estudo, 25m); “ m ” é o coeficiente função da declividade para grade de células com coordenadas (i,j); “ x ” é o coeficiente função da direção de fluxo para grade de células com coordenadas (i,j).

O coeficiente “ m ” é determinado a partir de classes de declividade, sendo: (a) “ m ” igual a 0,5 para declividades maiores que 5%; (b) “ m ” igual a 0,4 para o intervalo de 3 a 5%; (c) “ m ” igual a 0,3 para o intervalo de 1 a 3%; e (d) “ m ” igual a 0,2 para declividades menores que 1%.

$$S_{i,j} = \sqrt{Gx^2 + Gy^2} \quad (3)$$

Onde “Gx” é o gradiente na direção x (m/m) e o “Gy” é o gradiente na direção y (m/m).

A equação do Fator LS foi automatizada em linguagem AML (ArcInfo Macro Language) desenvolvido por Carvalho Júnior & Guimarães (2003), tendo como dado de entrada o MDT e o mapa de área de contribuição.

Na confecção da área de contribuição foi utilizado o método Dinf (Tarboton, 1997) que apresenta um melhor desempenho do que o método D8, anteriormente utilizado por Silva (2004). No método D8 (O’Callaghan e Mark, 1984) a área de contribuição de um pixel é repassado integralmente para o pixel subjacente de menor valor, de forma direcional (**Figura 3**). Diferentemente, no método Dinf a distribuição do fluxo é proporcional entre os pixels subjacentes de acordo com a declividade de cada um (**Figura 4**).

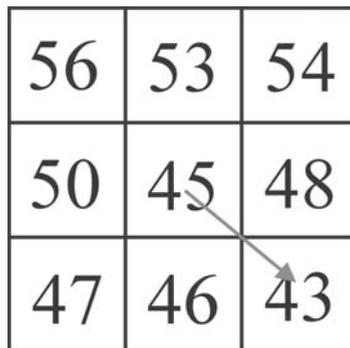


Figura 3 – A direção de fluxo determinada de acordo com o pixel de menor valor, sendo que nesse modelo não há distribuição proporcional.

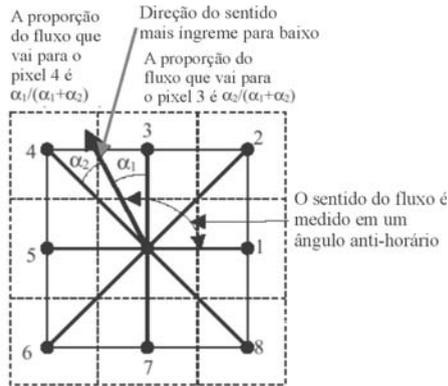


Figura 4 - O sentido de fluxo definido como a inclinação descendente a mais íngreme. (Modificado de Tarboton, 1997).

Confeção do Mapa do Fator Erosividade

O mapa de erosividade foi obtido a partir da interpolação do índice de erosividade proposto por Carvalho et al. (1991) (**Equação 4**):

$$EI_{30} = 111,17 (r^2/P)^{0,69} \quad (4)$$

Onde “ EI_{30} ” é a média mensal do índice de erosividade (MJ.mm)(ha.h)-1; “ r ” é a média do total mensal de precipitação (mm); e “ P ” é a média do total anual de precipitação (mm).

De acordo com Guerra (2003), a utilização do total pluviométrico (diário, semanal, mensal, anual) é insuficiente na estimação de perda de solo, dado que as características mais imediatas são: o total de chuva, a intensidade, característica das gotas e a energia cinética. Entretanto, os totais pluviométricos podem ser utilizados para se ter uma noção da relação entre chuva e erosão, principalmente em áreas agrícolas, onde se tem uma relação diretamente proporcional entre

aumento do total pluviométrico e da taxa de erosão (Guerra, 2003).

O método de interpolação empregado foi o TOPOGRID do software ArcInfo que permite uma melhor distribuição dos dados, em comparação ao método IDW na qual gera nuvens concêntricas nos pontos isolados, prejudicando a distribuição espacial.

Confecção do Mapa do Fator Erodibilidade

A confecção do mapa de erodibilidade baseou-se no mapa de solos de Naime *et al.* (1998), que difere do adotado por Silva (2004). No entanto, os valores de erodibilidade foram os mesmos empregados por esse último autor (**Tabela 1**). Posteriormente, esse mapa foi convertido para GRID, tendo as mesmas proporções espaciais do MDT.

Tabela 1 – Valores de erodibilidade para classes de solos (Silva, 2004).

Classes de Solos	Fator K
Latossolo Vermelho	0,014
Latossolo Vermelho-Amarelo	0,032
Hidromórfico indiscriminado	0,038
Argissolo Vermelho-Amarelo	0,040
Argissolo Vermelho	0,040
Neossolo Litólico	0,040
Neossolo Flúvico	0,042
Cambissolo	0,048

Mapa de Potencial de Erosão

O mapa de potencial de erosão foi gerado a partir da multiplicação dos mapas dos fatores K, R e LS. Os fatores C e P foram considerados como tendo o valor 1, simulando o pior cenário possível, que seria a completa retirada da vegetação e nenhuma prática de conservação do solo. Com isso o resultado obtido

demonstra a fragilidade ambiental da área em estudo, em relação à perda de solos sem considerar os fatores antrópicos.

RESULTADOS

A partir do MDT gerado (**Figura 5**) foi obtido o Mapa do Fator LS (**Figura 6**). O Fator LS representa a relação entre a declividade (em %) pelo comprimento de rampa (em metros) que potencializa a força erosiva da água (Bertoni e Lombardi Neto, 1990 e Silva, 2004). Na **Figura 6** é possível identificar as áreas onde o Fator LS tem maior influência, como na porção sudeste da bacia, nas Cristas de Unaí na porção noroeste e nos vales dos rios. A área com menor valor para o Fator Topográfico é a região referente à Depressão Sanfranciscana.

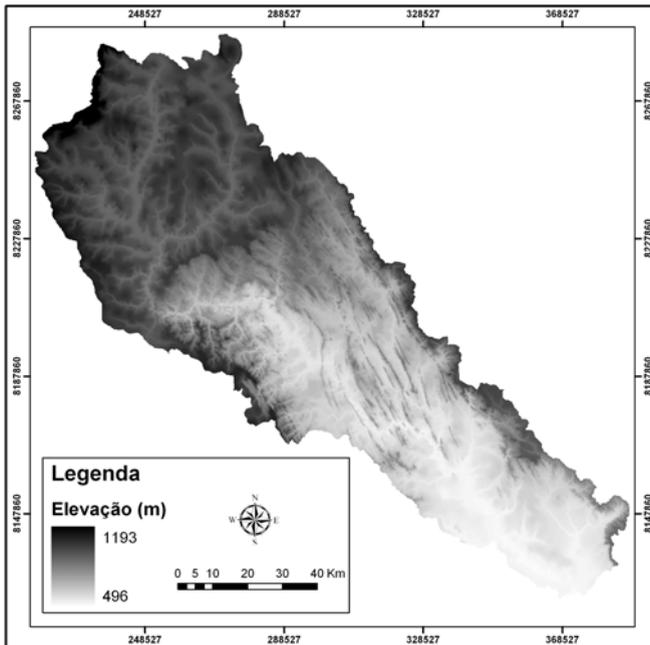


Figura 5 – MDT da bacia do Rio Preto.

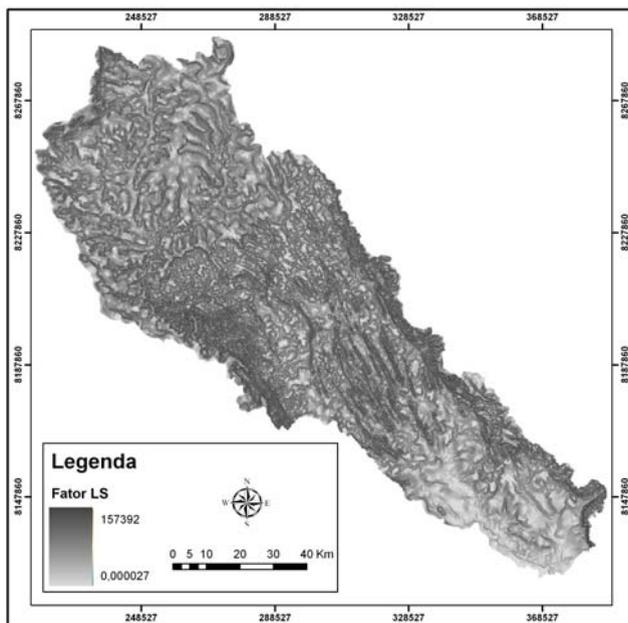


Figura 6 – Mapa do Fator Topográfico (LS).

A **Figura 7** representa a distribuição espacial do fator erosividade (R), baseado nos índices pluviométricos da região. No Mapa de Erosividade, observa-se que a na porção norte e noroeste da bacia recebem mais chuva e por conseqüência tem o valor de erosividade mais elevado que a porção sudeste.

O mapa de erodibilidade dos solos (**Figura 8**) apresenta as seguintes classes, em ordem decrescente (em t.ha.h/ha.MJ.mm): (a) Cambissolos (0,048) associados aos canais de rios e entre as cristas; (b) Neossolos Flúvicos (0,042) presentes na Depressão Sanfranciscana e numa pequena mancha no centro da bacia; (c) Neossolos Litólicos (0,040) localizados nas áreas de dissecação e nas Cristas; (d) Solo Hidromórfico (0,038) situado no norte da bacia em uma pequena mancha; e (e) Latossolo Vermelho-Amarelo (0,032) e Latossolo Vermelho (0,014) localizados no Planalto do São Francisco e na Depressão Sanfranciscana.

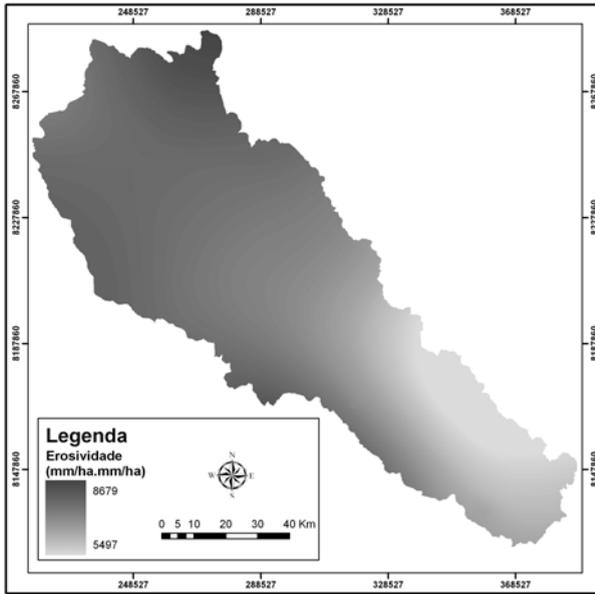


Figura 7 – Mapa de Erosividade.

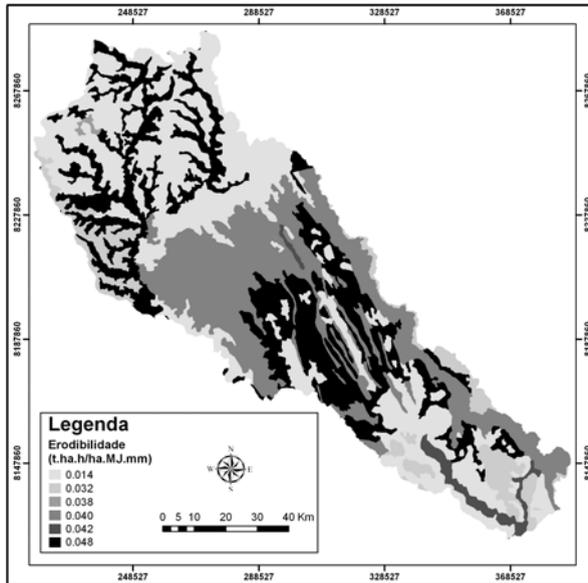


Figura 8 – Mapa de Erodibilidade.

O mapa de potencial de erosão foi confeccionado a partir da multiplicação dos fatores ambientais, enquanto os fatores de natureza antrópica C e P foram considerados como sendo 1 (**Figura 9**). O maior condicionante ao potencial de erosão na região do Planalto do São Francisco é a erodibilidade, enquanto na região de dissecação, Cristas de Unai e na Depressão Sanfranciscana, o principal condicionante é o Fator LS.

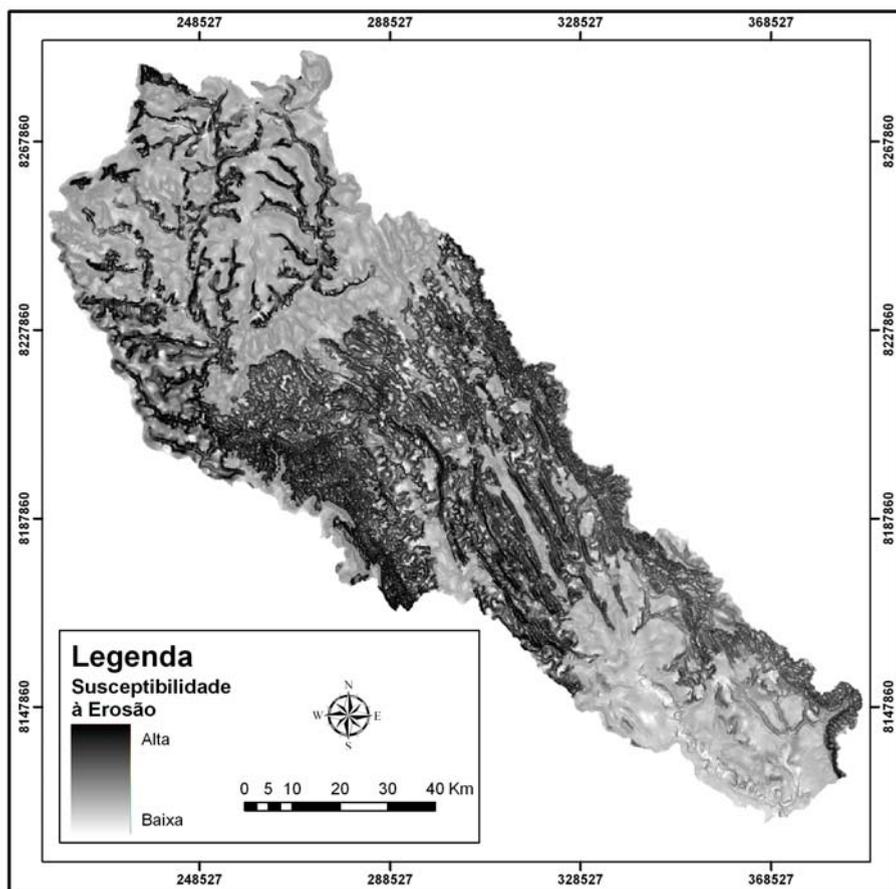


Figura 9 – Mapa de susceptibilidade à erosão.

A contraposição das áreas potenciais de erosão com a imagem de satélite permite evidenciar que áreas com alto potencial de erosão estão ocupadas por atividades agropecuárias. Este fato indica a necessidade de um planejamento do uso para evitar a perda de solos nessas áreas e assoreamento dos cursos d'água.

CONCLUSÕES

A aplicação da EUPS de forma automatizada é uma ferramenta rápida e eficaz para a detecção de áreas com fragilidade ambiental, mesmo de forma qualitativa. O método do Dinf (Tarboton, 1997) apresentou ótimos resultados quando aplicado na equação para o cálculo do fator topográfico. O fator topográfico (LS) é o que mais influencia no resultado do mapa de susceptibilidade a erosão. A aplicação desta metodologia permite auxiliar no diagnóstico ambiental, estabelecendo estratégias para o planejamento do uso da terra e desenvolvimento sustentável.

BIBLIOGRAFIA

- AMORE, E.; MODICA, C.; NEARING, M. A.; SANTORO, V. C. (2004). Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three sicilian basins. *Journal of Hydrology*, 293: 100–114.
- BECKER, B. & EGLER, C. A. G. (1997). Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos Estados da Amazônia Legal. Brasília:MMA:Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência de República, 43 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. (1990). *Conservação do solo*. 2. ed. São Paulo : Ícone Editora. 355 p.

- BICAIA, R. C. M.; RUFINO, R. L. & HENKLAIAN, J. C. (1981) Cálculo de erodibilidade (Fator K) de dois solos do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 5, p. 183-186, 1981.
- BLOISE, G. L. F.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; REATTO A.; GUIMARÃES, R. F.; MARTINS, E. S. & CARVALHO, A. P. F. (2001). *Avaliação da Suscetibilidade Natural à Erosão dos Solos da Bacia do Olaria-DF*. Planaltina:Embrapa Cerrados. 1 CD-ROM. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 14).
- BORGES, M. E. S.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; MARTINS, E. S.; ARCOVERDE, G. F. B.; GUIMARÃES, R. F. & GOMES, R. A. T. (2007) Emprego do Processamento Digital dos Parâmetros Morfométricos no Mapeamento Geomorfológico da Bacia do Rio Preto. *Espaço & Geografia*, v. 10, n. 2, p. 401-429.
- CARVALHO, M. P.; F. LOMBARDI NETO, J. VASQUES FILHO & A. CATANEO. (1991). Correlação entre o índice de erosividade EI30 médio mensal e o coeficiente de chuva do município de Mococa-SP. *Científica*, v. 19, n. 1, p. 1-7.
- CARVALHO JÚNIOR, O. A & GUIMARÃES, R. F. (2003). Confecção de cartas morfométricas da bacia do São Francisco como subsídio ao estudo de vulnerabilidade ambiental. In: CODEVASF (org.). *Zoneamento ecológico-econômico do vale do São Francisco: estudos dos meios bióticos e abióticos*. Brasília: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos. p. 201-224.
- CREPANI, E. M.; AZEVEDO, J. S.; HERNANDEZ FILHO, L. G.; GALLOTTI, P. & DUARTE, T. G. (1996). *Curso de sensoriamento remotoe aplicado ao zoneamento ecológico-econômico*. São José dos Campos: INPE.
- DESMET, P. J. J.; GOVERS, G. (1996). A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 51, p. 427-433.
- ESRI. (1993). *Understanding GIS – The ARC/INFO Method*. Environmental Systems Research Institute, Wiley, New York. 535 p.

- GUERRA, A. J. T. (2003). Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (org.) *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p 149-209.
- HENKLAIN, J. C. & FREIRE, O. (1983). Avaliação do método nomográfico para determinação da erodibilidade de latossolos do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas. v. 7, p. 191-195.
- HUTCHINSON, M.F. (1989). A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. *Journal of Hydrology*, v.106, n.3-4, p.211-232.
- LEPRUN, J.C., (1981). *A erosão, a conservação e o manejo do solo no Nordeste Brasileiro*. Recife: Ministério do Interior. , SUDENE, Brasil.
- MATI, B. M.; MORGAN, R. P. C.; GICHUKI, F. N. QUINTOR, J. N.; BREWER, T. R. & LINIGER, H. P. (2000). Assessment of erosion hazard with the USLE and GIS: A case study of the Upper Ewaso Ng'iro North basin of Kenya. *Inter. Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 2, p. 78-86.
- MINAS GERAIS. (1998). Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paracatu. *Relatório de Inventário dos Recursos Hídricos – Hidrologia*. Belo Horizonte: SRH. Disponível em: <<http://www.hidricos.mg.gov.br/>>. Acesso em: 19 de abril de 2005.
- NAIME, U. J.; MOTTA, P. E. F.; BARUQUI, A. M.; BARUQUI, F. M.; ANTUNES, F. Z.; BRANDÃO, M. (1998). *Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos e Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras da Região Geoeconômica de Brasília - Minas Gerais*. 1a ed. Belo Horizonte, MG.: EPAMIG/EMBRAPA. v. 1. 213 p.
- O'CALLAGHAN, J.F. & MARK D. M. (1984). The Extraction of Drainage Networks from Digital Elevation Data, *Comput. Vision Graphics Image Process*, v. 28. p. 328-344.
- PRIMAVESI, A. (1987). *Manejo ecológico do solo*. 9. ed. São Paulo : Nobel. 549 p.

- SCHOBENHAUS, C. (1984). As faixas de dobramentos Brasília, Uruaçu e Paraguai-Araguaia e o Maciço Mediano de Goiás. In: SCHOBENHAUS, C. (coord.). *Geologia do Brasil*- texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1:2500000. Cap. VI. Brasília. Departamento Nacional de Produção Mineral. p.251-299.
- SCISLEWSKI, G.; FRASCA, A. A. S.; ARAÚJO, V. A.; RODRIGUES, J. B.; GONÇALVES, H. S. (2003). Geologia. In: CPRM; EMBRAPA; SCO-MI. (Org.). *Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno* - Fase I. 1 ed. Rio de Janeiro, v. 1, p. 09-15.
- SILVA, V. C. (2001). Erosão atual, erosão potencial e aporte de sedimento na bacia do rio Paracatu (MG/GO/DF). 108 f. Tese (Doutrado em Geologia), Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.
- SILVA, V. C. (2004). *Estimativa da Erosão Atual da Bacia do rio Paracatu (MG / GO / DF)*. Pesquisa Agropecuária Tropical. n.34, v. 3, 147-159.
- TARBOTON D. G. (1997). A New Method for the Determination of Flow Directions and Upslope Areas in Grid Digital Elevation Models. *Water Resources Research*. v. 33, p. 309-319.
- TEIXEIRA, A.L.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. (1992). *Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica*. Rio Claro, SP: Ed. Do Autor.
- VALÉRIO FILHO, M. Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas ao estudo integrado de bacias hidrográficas. In: Pereira, V.P.; Ferreira, M.E. Cruz, M.C.P. (eds.). *Solos altamente suscetíveis à erosão*. Jaboticabal, FCAV/UNESP/SBCS. 1994. p. 223-242.
- VIEIRA, M. N. F.; VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. & CHAVES, R. S. (1996). *Levantamento e conservação do solo*. Belém : FCAP, Serviço de Documentação e Informação,. 320 p.

WISCHMEIER, H. D.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses from cropland East of the Rocky Mountains. Washington, USDA, 1965. 47 p.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Washington, DC: USDA. 58p. (Agriculture Handbook, 537).

ZEVENBERGEN, L. W.; THORNE, C. R. Quantitative Analysis of Land surface Topography. *Earth Surface Proc. and Landforms*, v. 12, p. 47-56, 1987.