

ESTIMATIVA DAS PERDAS DE SOLO POR EROSÃO HÍDRICA NA BACIA DO RIO UNA TAUBATÉ-SP COM O EMPREGO DE SENSORIAMENTO REMOTO

CLÁUDIA FRANCISCA ESCOBAR DE PAIVA¹
VINÍCIUS SANTOS OLIVEIRA¹
IRIA FERNANDES VENDRAME¹
LUIGI CARLI MARRONI AULICINO²

¹ITA- Instituto Tecnológico de Aeronáutica/Divisão de Infra-Estrutura Aeronáutica
Praça Mal. Eduardo Gomes 50 - V. das Acácias - 12228-900 - S.José dos Campos - SP-Brasil
Claudia.Paiva@uol.com.br
vso@infra.ita.br
hiria@infra.ita.br

²INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 – 12201-970 – S. José dos Campos – SP – Brasil
luigi@dpi.inpe.br

Abstract. To estimate the potencial erosion in a river basin requires extensive field campaigns which lead to high costs. The present work intend to qualitatively estimate the potencial erosion in a catchment using remote sensing system and data sets such us elevation model and land use. The final result is a soil susceptibility to erosion map of the catchment. The soil losses were estimated by the Universal Soil Loss Equation (USLE), which was modeled in a GIS using the software SPRING-INPE.

The obtained results show that the applied procedures and the cartographic products generated a large amount of information about the physical media and about its soil susceptibility to erosion having a huge potential application in the land use control and planning in river basins.

Keywords: erosion (USLE), hydrology, geoprocessing

1. Introdução

Atualmente, no Brasil, os fenômenos erosivos e conseqüentemente o assoreamento de cursos d'água e reservatórios destacam-se como um dos mais importantes problemas ambientais.

O problema da erosão deve-se não só a existência de solos susceptíveis aos processos de erosão hídrica, somados a períodos de elevada pluviosidade, mas também a uma ocupação desordenada e sem critérios básicos de planejamento ambiental, isto é, práticas de uso e parcelamento do solo inadequadas e deficientes.

Desta forma, constata-se que, parte dos municípios do Brasil apresenta fenômenos de degradação de solos por processos erosivos, causados principalmente pela concentração das águas de escoamento superficial e por uma intervenção antrópica indiscriminada.

2. Importância dos Sistemas de Informações Geográficas

A complexidade dos fatores atuantes em uma bacia hidrográfica exige um instrumento computacional que seja capaz de realizar de maneira eficiente, rápida e fácil todo o serviço relacionado ao manuseio dessas informações. Para suprir tais necessidades faz-se uso de produtos chamados de SIG- Sistemas de Informações Geográficas. Os SIGs operam como ferramentas computacionais criadas especificadamente para manusear informações georreferenciadas, sendo capazes de associar às funções de um Banco de Dados a visualização espacial em forma de mapas.

O presente trabalho tem por objetivo estimar a perda laminar de solos, na bacia do rio Una –Taubaté, utilizando O Sistema de Processamento de Imagens Georreferenciadas – SPRING-INPE em conjunto com modelos de predição de processos erosivos como é o caso da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS).

3. Área de Estudo

A área da bacia do Rio Una é de aproximadamente 442,85 km². Deste total, aproximadamente 84% pertencem ao território de Taubaté.

A bacia do rio Una localiza-se na margem direita do rio Paraíba do Sul, possuindo altitudes que variam entre 500 e 1000 metros, sendo que a Serra do Quebra Cangalha encontra-se a nordeste e a Serra do Jambeiro a sudeste da mesma.

As unidades litoestratigráficas presentes, compiladas de IPT (1981), são: sedimentos aluvionares, predominantes na área de várzea, no contorno das drenagens na cabeceira. Já na porção do curso médio da bacia, estão presentes formações do grupo Taubaté – Formações Caçapava e Tremembé, além das suítes graníticas pré-cambrianas. Nas adjacências das principais drenagens têm-se os sedimentos recentes.

4. Equação Universal de Perda de Solo (EUPS)

Os modelos matemáticos são ferramentas indispensáveis para a simulação, predição e quantificação de erosão hídrica. Dentre os modelos disponíveis para a estimativa da erosão, a Equação Universal de Perda de Solo – EUPS (Universal Soil Loss Equation – Wischmeier & Smith, 1978) vem sendo muito aceita no meio técnico como uma das melhores abordagens sobre a avaliação da erosão dos solos.

No Brasil, segundo Bertoni e Lombardi (1990) vários autores vêm trabalhando com o objetivo de avaliar os fatores da EUPS para nossas características tropicais.

4.1 Parâmetros da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS)

A Equação Universal de Perdas de Solo (1) traduz a ação conjunta dos fatores naturais: erosividade das chuvas; erodibilidade dos solos; topografia e antrópicos: uso, manejo e

práticas conservacionistas, que são os principais fatores de influência no processo erosivo hídrico.

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

Onde:

A = perda do solo por unidade de área (ton/ha.ano)

R = fator erosividade da chuva (MJ.mm/ha.h.ano)

K = fator erodibilidade do solo (ton.há.h/ha.h.ano)

L = fator comprimento de rampa (adimensional)

S = fator declividade (adimensional)

C = fator uso e manejo (adimensional)

P = fator práticas conservacionistas (adimensional)

6. Materiais e Métodos

6.1 Material utilizado

Para a realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: levantamento Topográfico na escala de 1:10000 com curvas de nível a cada 25m e pontos cotados; rede hidrográfica na escala de 1:10000 contendo rios principais e secundários; mapa de uso e ocupação do solo para a Bacia do Rio Una; mapa pedológico do Estado de São Paulo – escala 1:500000; mapa de susceptibilidade à erosão do Estado de São Paulo – escala 1:500000 (1995); dados de chuva das estações pluviométricas do DAEE de Taubaté; levantamento de campo de amostras de solo georreferenciadas na Bacia do Rio Una e, software SPRING/INPE versão 3.5.1.

6.2 Métodos

Inicialmente, foi criado um banco de dados geográficos que corresponde fisicamente a um diretório onde estão armazenados os dados. A seguir, foram definidas categorias e classes temáticas às quais pertencem os dados. Logo após, foi definido um projeto que constitui a área física de trabalho: com nome, projeção e limites geográficos. E, finalmente, a manipulação e integração de dados foram realizadas a partir das funções disponíveis no SIG/SPRING e pelo uso da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico – LEGAL.

6.3 Entrada de Dados

6.3.1 Erosividade da Chuva – Fator R

Na bacia em estudo foram selecionadas 16 estações (postos pluviométricos), sendo que todas encontram-se dentro da área pertencente a mesma.

Visando a obtenção do valor de R para cada estação pluviométrica foi necessário o cálculo das médias totais mensais e médias totais anuais de precipitação em mm de cada estação com E_{30} calculado como proposto por Lombardi e Neto (1995).

6.3.2 Erodibilidade dos Solos – Fator K

Esse parâmetro foi obtido via linguagem LEGAL, por meio da operação de ponderação. Atribuem-se, os valores de Erodibilidade que correspondem a cada classe de solo levantada em campo, através de amostras georreferenciadas.

6.3.3 Declividade e Comprimento de Rampa – Fator LS

A partir do levantamento topográfico da área que pertence à bacia em estudo, em formato digital dentro do ambiente SPRING (curvas de nível e pontos cotados), gerou-se um Modelo Numérico do Terreno (MNT) que contivesse a declividade do mesmo expressa em porcentagem, retratando o comportamento altimétrico da bacia do Rio Una.

Com a representação (Temática) da drenagem da área da bacia, foi gerado um mapa de distância em modelo numérico (BUFFER). A partir desses dois PI's (Grade Declividade e Grade Distância) foi gerado em LEGAL um único Pi que englobasse essas duas variáveis: operação pontual (matemática), utilizando concepção do comportamento dos dois fatores na determinação final da perda laminar de solo.

6.3.4 Fator CP – Uso e Manejo e Práticas Conservacionistas

Para a geração do fator CP que caracteriza a ocupação e uso do solo dentro da bacia, bem como a existência de técnicas de conservação do solo, empregou-se o mapa de uso e ocupação do solo em formato digital, que foi adequado em classes homogêneas, através da ferramenta de reclassificação dentro do LEGAL. Com a nova classificação, na Linguagem Legal foi gerado um modelo de ponderação desses coeficientes na bacia do Rio Una.

6.3.5 EUPS

A agregação dos fatores, relacionados anteriormente, em ambiente SPRING, é obtido a partir do implemento de operações pontuais, com o advento da LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algebrico). Portanto, um modelo numérico de valores de erosão laminar foi gerado, o qual permitiu um fatiamento e posterior demonstração de forma temática e qualitativa do comportamento da perda de solo na bacia em estudo.

7. Resultados e Discussão

7.1 Erosividade da Chuva

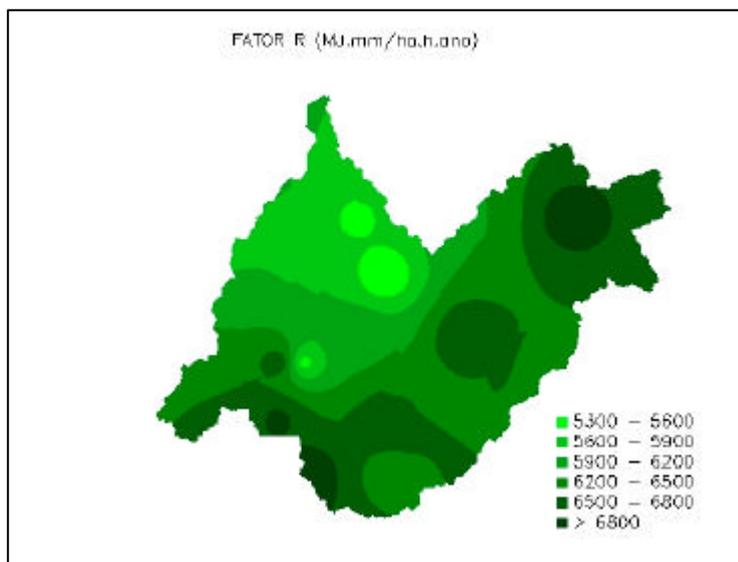


Figura 1 – Fator erosividade

Pelo resultado apresentado no mapa de erosividade na **Figura 1**, observa-se que os valores de erosividade mais baixos ocorreram em áreas de relevo suave. Esta relação está associada às características geomorfológicas, já que barreiras naturais do relevo impedem, nas calhas, uma precipitação mais intensa, o oposto ocorre nas áreas mais elevadas do relevo. E ainda, além da existência de um maior impacto das gotas de chuva nessas regiões a velocidade das enxurradas, isto é, dos caudais torrenciais é também mais significativa. Portanto, justifica-se os valores obtidos no mapa de erosividade da bacia. Nota-se que 35.31% da área territorial da bacia possui valores consideráveis de erosividade.

7.2 Erodibilidade dos Solos

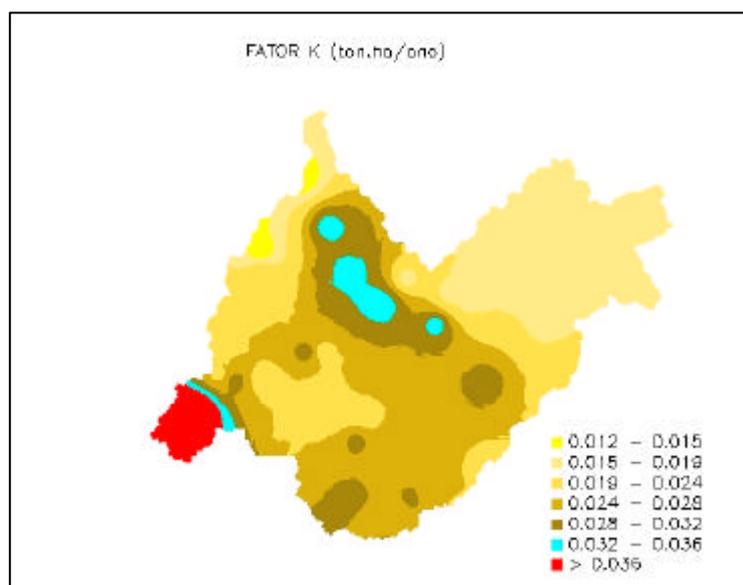


Figura 2 – Erodibilidade dos solos

As propriedades químicas, biológicas e mineralógicas do solo influem no estado de agregação entre as partículas, aumentando ou diminuindo a resistência do solo à erosão. Portanto, o resultado da espacialização dos valores de K (**Figura 2**) está diretamente relacionado ao mapeamento dos tipos de solos presentes na bacia do Rio Una, pois este parâmetro é uma propriedade intrínseca de cada classe de solo.

Cabe lembrar que o número de amostras coletadas (68 pontos) foi pequeno em vista da dimensão territorial da bacia ($\cong 432 \text{ Km}^2$), portanto, deve-se considerar os resultados obtidos como uma extrapolação para a área em estudo.

7.3 Fator Topográfico – LS

O comprimento de rampa foi gerado a partir do mapa de distâncias o qual considerada o caminho preferencial do fluxo. Foram considerado os cursos d'água principais.

Com relação às características topográficas da bacia, pode-se dizer que, a mesma possui 46% de seu território caracterizado por um relevo de declividades razoavelmente acentuadas relativas às altitudes médias de seu território, que oscilam entre 500 e 1000 m.

Observa-se que em 90.99% do território da bacia o Fator Topográfico encontra-se entre 0-20, valores consideravelmente baixos. Isso justifica-se pelo fator distância ser grande em apenas 2% do território da bacia, sendo que 64% e 34% correspondem às distâncias média e pequena respectivamente.

7.4 Fator Uso e Manejo e Práticas Conservacionistas

Na **Figura 3**, observa-se a classificação atribuída à área da bacia:

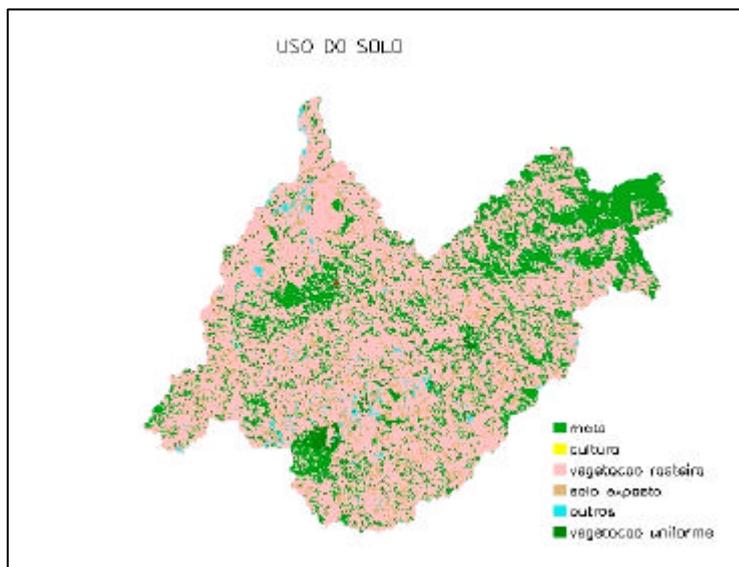


Figura 3 – Uso e ocupação do solo.

É notável a presença de focos de solo exposto distribuídos por toda a Bacia assim como um grande porcentual da área coberta por vegetação rasteira, já que parte da bacia do Rio Una (área rural) destina-se a pastagens e campo limpo.

Cabe destacar, a proteção natural à erosão fornecida pela cobertura vegetal. Portanto, o critério adotado para o estabelecimento das classes de ocupação deverá ser o porte da cobertura vegetal e a intensidade da ação antrópica no manejo da terra.

7.5 Perda de Solo por Erosão Laminar

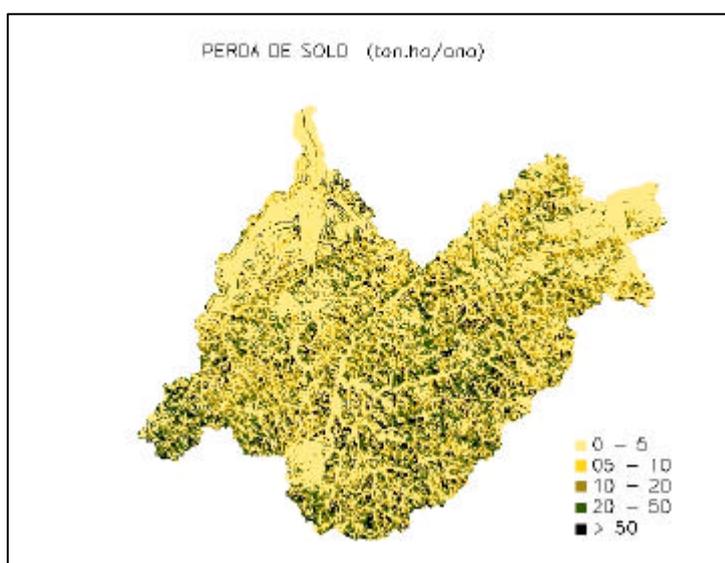


Figura 4 – Perda de solo por erosão laminar.

Os valores de perdas de solo (**Figura 4**) foram hierarquizados em 5 classes de potencial de erosão, conforme é mostrados na **Tabela 1**, juntamente com a área total para cada classe de perdas de solos.

Tabela 1 – Valores de perdas de Solo

Classes do Potencial de Perdas de Solos	Perdas de Solo (ton/há/ano)	Área (km²)	% da área total
Muito Baixo	0-1	201.96	46.73
Baixo	1-5	24.82	5.74
Médio	5-10	39.15	9.06
Alto	10-20	75.90	17.56
Muito Alto	>20	90.34	20.91
Total		432.17	100

De maneira geral a bacia do rio Una, apresenta um potencial de perdas de solo bastante heterogêneo, apresentando regiões de baixa perda e regiões de perda média a muita alta que juntas totalizam em área o equivalente às baixas perdas.

A distribuição espacial da perda de solos, mostrada no mapa acima, apresenta uma configuração bastante influenciada por fatores pontuais, isto é, localizados onde em cada caso a associação dos fatores ou a maior influência de um deles pode gerar esta diversidade de perdas distribuídas em toda área da bacia.

A existência de pontos espalhados por toda a bacia com solo exposto devido a ocupação irregular e manejo inadequado do solo pode ser um dos principais fatores que contribuem para tais resultados. Tal fato pode ser observado na **Figura 3** gerada para o Fator CP.

Sabe-se que a Equação Universal da Perda de Solo permite estimar qualitativamente a erosão esperada em uma determinada área sob as mais variadas condições existentes de uso, manejo e práticas conservacionistas.

Recomenda-se que os resultados obtidos sejam comparados com as taxas máximas aceitáveis consideradas como tolerância de perda de solo. A tolerância à perda é variável com o tipo de solo, segundo Bertoni e Lombardi, uma perda de solo de até 12 t/ha.ano está dentro dos limites toleráveis para solos tropicais. Com isso verifica-se que a Bacia do Una possui aproximadamente 38% de sua área com sérios problemas de perdas de solo por erosão laminar, isto é valores acima do limite tolerável.

A perda efetiva foi determinada como sendo aquela que está acima do tolerável (**Tabela 2**), sendo que o tolerável para esta bacia foi considerado 10t/ha.ano, já que a mesma encontra-se em área protegida ambientalmente, portanto, uma margem de 2% a menos em relação ao sugerido no meio técnico. Assim, a perda efetiva foi obtida pela diferença entre a perda de solo calculada e a tolerância à perda apresentada para a bacia

Tabela 2 – Perdas Efetivas de Solo.

Perda Efetiva	Área (km²)	% da área total
Perdas de solo acima da tolerância	265.93	61.53
Perdas de solo abaixo da tolerância	166.25	38.47
Total	432.18	100

8. Conclusões

De acordo com as informações levantadas, pode-se destacar alguns pontos importantes enumerados a seguir:

1. Destaca-se as facilidades geradas pelo Sistema de Informações Geográficas neste tipo de estudo geoambiental, permitindo a integração e análise de um volume considerável de dados, a espacialização das informações e a facilidade de futura atualização e revisão dos estudos, permitindo a incorporação de novas informações ou mudanças metodológicas. (Santos et al, 1999; Cavalieri et al, 1997; Burin, 1997 Rosa 2000; entre outros)
2. Cabe lembrar que, o elevado volume de dados tratados em SIG faz com que a digitalização seja o procedimento mais adequado e amplamente usado nos trabalhos atuais, como destacado por Cavalli & Valeriano (2000). No caso de bacias hidrográficas, de porte médio a grande, deve-se pensar na possibilidade de trabalho em áreas subdivididas em parcelas compatíveis com a capacidade operacional do sistema.
3. Em análises geoambientais, os trabalhos de campo tornam-se de suma importância, na comprovação das evidências dos processos de erosão e assoreamentos dos cursos d'água.
4. A EUPS necessita de validações experimentais para certas regiões brasileiras, o que compromete o seu uso para fins quantitativos. Vale destacar que a EUPS foi desenvolvida com base em medições realizadas em parcelas experimentais. Portanto, sua aplicação em bacias hidrográficas de grande porte gera resultados que devem ser analisados como indicativos da situação física e ambiental da bacia, cuja qualidade dependerá diretamente da precisão dos dados básicos utilizados.
5. O controle da erosão urbana e periurbana, deve ser efetuado através de ação efetiva tanto de caráter preventivo quanto corretivo. Permitindo o planejamento da ocupação de tais áreas e o controle nas áreas onde existe o problema já instalado.
6. Finalmente, o geoprocessamento representa um grande potencial no emprego de modelos distribuídos estabelecendo uma segmentação da área de estudo que favorece a avaliação das áreas que mais contribuem para um determinado processo.

9. Bibliografia

- Bertoni, J. & Lombardi Neto, F. (1990). Conservação do Solo. Ícone editora, Barra Funda, S.P.
- Guerra et al (1999). "Erosão e Conservação do Solo" , Bertrand Brasil. 339p.
- Júnior et al (2001). Confecção do Mapa de Susceptibilidade à Erosão a Partir da EUPS Utilizando para estimar o fator topográfico o programa rampa. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Anais. Goiânia, GO.
- IPT. (1981). Zonemaneto Geoambiental da Bacia do Rio Passa Cinco e Rio da Cabeça – SP. VII Simpósio Nacional de Controle de Eerosão, Anais. Goiânia, GO.
- Lombardi Neto, F. & Moldenhauer, W.C. (1982). Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas – SP. V.51,n2, p. 189-196.
- Righetto, A. M. e Akabassi, L. (2000). "Erosão distribuída em áreas de encosta" , RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos- Vol. 5 n2. Abril/jun. p.43-57.
- Siviero, M. R. L. & Coiado, e. M. (1999). A Produção de sedimentos a montante de uma seção no Rio Atibaia associada à descarga sólida transportada. XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. p. 1-12.
- VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão (2000). Perspectivas metodológicas integradas para controle de erosão. Goiânia, GO.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. U. S. Department of Agriculture Handbook n. 537, December