



## Avaliação da sazonalidade das chuvas nas estimativas anuais de perda de solo por erosão laminar hídrica, baseado em modelagem espacial <sup>(1)</sup>.

**Luiz Henrique Pereira <sup>(2)</sup>; Sergio dos Anjos Ferreira Pinto <sup>(3)</sup>; Eder Paulo Spatti Jr <sup>(4)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Segmento do trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo/FAPESP (processo nº2013/13885-0).

<sup>(2)</sup> Estudante de Doutorado; Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Universidade Estadual Paulista; Rio Claro; São Paulo; e\_luizh@yahoo.com.br; <sup>(3)</sup> Professor Titular; Universidade Estadual Paulista; <sup>(4)</sup> Estudante de Doutorado; Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Universidade Estadual Paulista.

**RESUMO:** Modelos espaciais dinâmicos configuram-se em importantes ferramentas ao planejamento territorial por viabilizar simulações numéricas dos processos naturais. A Equação Universal de Perdas de Solos - EUPS, caracteriza-se em um modelo desenvolvido para estimar perdas de solo de longo prazo, tendo a ação das chuvas como força motriz do processo erosivo. No entanto deve-se considerar que a distribuição anual das chuvas pode atenuar significativamente os totais de perda do solo, sugerindo intervenções incompatíveis com os potenciais de perda que ocorrem em épocas de máximas pluviosidades. Assim, o presente trabalho teve como objetivo estimar a perda de solo com base em diferentes valores de erosividade (fator R), determinados em função dos regimes sazonais das chuvas para área de uma bacia hidrográfica em análise. Os resultados obtidos indicam a alta sensibilidade do fator de erosividade, indicando um incremento dos valores de perda de solo, para uma bacia de 30Km<sup>2</sup>, de aproximadamente 25 mil toneladas no semestre de maior volume de chuva precipitado em função da média anual.

**Termos de indexação:** EUPS, Erosividade sazonal,

### INTRODUÇÃO

Considerando que a produção de alimentos está, em parte, vinculada às condições de fertilidade dos solos, deve haver uma atenção especial para os aspectos relacionados às técnicas de planejamento de uso da terra, a fim de diminuir os efeitos da erosão acelerada que, além do impacto significativo sobre o solo, atingem também os recursos hídricos, a vegetação natural e a biodiversidade.

Bertoni e Lombardi Neto (1993) enfatizam a importância do planejamento para a ocupação agrícola das terras, como um instrumento essencial, servindo de suporte para as atividades de produção de alimentos e de matérias-primas, devendo ser conduzido por meio de técnicas que proporcionem a sustentabilidade das atividades produtivas, assegurando o equilíbrio ambiental.

Neste sentido, modelos dinâmicos espaciais configuram-se em importantes ferramentas ao

planejamento territorial por viabilizar simulações numéricas dos processos naturais, sendo capaz de representar variações ocorridas em uma parcela da superfície terrestre sob diferentes condições ambientais.

O modelo Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS (Wischmeier & Smith, 1978) têm se configurado como uma das principais ferramentas utilizadas na avaliação de riscos de erosão laminar hídrica dos solos. Sua larga aplicação, observadas em grande frequência em diversos trabalhos científicos, principalmente a partir da década 1990, pode ser justificada pela facilidade de manipulação, integração nos Sistema de Informações Geográficas (SIG), agilizando a análise dos resultados.

A EUPS caracteriza-se em um modelo determinístico, desenvolvido para estimar perdas de solo de longo prazo em parcelas agrícolas sob condições específicas de cultivos, práticas de manejo e características geomorfológicas da área, tendo a ação das chuvas como força motriz do processo erosivo (Wischmeier & Smith, 1978). Nesta equação, as perdas de solo médias anuais, por área unitária, são dadas pelo seguinte produto (equação 1).

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

Em que

**A** – Perda média de solo por ano (t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>); **R** – Fator de Erosividade da chuva: é função do poder erosivo das chuvas, obtido a partir de formulação que inclui energia cinética das chuva e sua intensidade (MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>); **K** – Fator de Erodibilidade dos solos (t ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>); **L** - extensão de vertente (m) e **S** - declividade (m/m = %) as variáveis L e S compõe o fator topográfico; **C** - Fator de uso da terra e cobertura vegetal (adimensional); **P** - Fator de práticas conservacionistas e manejo (adimensional).

Com a vantagem de ser composta por baixo número de variáveis e baixa complexidade na combinação de seus termos componentes, a EUPS é indicada em função de sua robustez (capacidade de generalização), com estimativas quantitativas passíveis de relativização com dados observados em campo e comparação com outras áreas



geográficas (considerando os mesmos procedimentos metodológicos de extração e obtenção dos dados dos parâmetros envolvidos).

No entanto, considerando que a aplicação da EUPS, quando utilizado para orientação à planejamento e gestão do uso da terra, deve-se considerar que a distribuição anual das chuvas na área de interesse pode atenuar significativamente os totais de perda do solo, sugerindo intervenções antrópicas incompatíveis com os potenciais de perda que ocorrem em épocas de máximas pluviosidades.

Assim, o presente trabalho tem por objetivo estimar o total de perda de solo por erosão laminar hídrica com base em diferentes valores de erosividade (fator R), determinados em função dos regimes sazonais das chuvas para área de uma bacia hidrográfica em análise.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo (figura 1) localiza-se no município de Ipeúna, centro leste do Estado de São Paulo, e compreende área aproximada de 30.000 ha (30 Km<sup>2</sup>).

Em termos geomorfológicos, a bacia inserem-se na Depressão Periférica Paulista, cuja paisagem é marcada por vertentes suavemente onduladas, com altitudes variáveis entre 650 a 550 m. No entanto, deve-se ressaltar a presença de maciços residuais das cuestas arenito-basálticas no alto curso do ribeirão Monjolo Grande, com aproximadamente 900m de altitude. A distribuição das chuvas e as variações de temperatura ao longo do ano, enquadram-se no tipo CWA, com precipitação média anual de 1.250 mm, e temperatura média anual é de 20,5°C. Destaca-se o fato de que 80% das chuvas anuais concentram-se no período de Outubro à Março.

A operacionalização do modelo EUPS foi realizada com o suporte do Sistema de Informações Geográficas (SIG) em dois segmentos distintos, sendo um analítico, em que cada um dos termos componentes é extraído e avaliado individualmente, e um segundo de integração, em que toda base de dados é convertida em uma matriz regular de valores, com posterior síntese de dados baseado em algoritmos de álgebra de mapas.

No segmento analítico, realizou-se a caracterização dos condicionantes da erosão laminar hídrica dos solos, conforme indicado na equação 1.

Os valores de Erosividade (Fator R) foram determinados com base nos dados pluviométricos disponíveis no Posto DAEE (prefixo D4-074), considerando o histórico de registros de chuvas entre 1970 a 2014, conforme equações 2 e 3.

$$EI_{\text{mensal}} = 67.355 * (r^2/P)^{0.85} \quad (2)$$

Em que:

$EI_{\text{mensal}}$  = é a erosividade média mensal (MJ.mm/ha<sup>-1</sup>hano)

r = precipitação média mensal (mm)

P = precipitação média acumulada anual (mm)

$$R = \sum EI \text{ mensais} \quad (3)$$

Para responder aos objetivos deste trabalho, optou-se em segmentar as análises de chuva em três períodos distintos, conforme o padrão sazonal de distribuição das chuvas, assim obteve-se:

$R_{\text{anual}}$  – Corresponde ao valor de Erosividade obtido a partir dos dados médios históricos de chuva para um ano hidrológico completo (12 meses);

$R_{\text{seca}}$  – Corresponde ao valor de Erosividade obtido a partir dos dados de chuva no intervalo de estiagem, caracterizado do mês de Abril à Agosto (6 meses);

$R_{\text{chuva}}$  – Corresponde ao valor de Erosividade obtido a partir dos dados de chuva no intervalo com maior índice pluviométrico, caracterizado período de Outubro à Março (6 meses).

Os valores de Erodibilidade dos solos (fator K) foram extraídos das tabelas disponíveis em Donzeli et al. (1992) e associados ao mapa pedológico da área da bacia, conforme tabela 1.

**Tabela 1** – Valores de Erodibilidade para os solos presentes na bacia hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande-SP.

Unidade Pedológica	Erodibilidade (K)	
	( t ha h ha <sup>-1</sup> MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )	
RU Neossolo Flúvico	-	
RQ Neossolo Quartzarênico	0.022	
RL Neossolo Litólico	0.049	
LV Latossolo Vermelho	0.0133	
Cx Cambissolo	0.035	
PV Argissolo Vermelho	0.0438	

O fator topográfico, que representa o produto dos fatores L e S, foi obtido com base na equação adequada por de Bertoni e Lombardi Neto (1993) para as condições do relevo paulista (equação 4).

$$LS = 0,00984 * (L^{0,63}) * (S^{1,18}) \quad (4)$$

Estes dados foram derivados do modelo digital de elevação (MDE), obtidos de cartas topográficas na escala de 1:10.000 (equidistância de 5m), que permite a representação detalhadas da geometria de relevo, inclusive em áreas de maior complexidade como vertentes de padrões mistos (côncavo e convexo).



Posteriormente, foram determinados os parâmetros que representam os condicionantes antrópicos na área, indicados pelos fatores C e P. Os dados do fator C foram obtidos a partir do mapa de uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica, extraídos por meio de técnicas de interpretação de produtos orbitais de sensoriamento remoto. Considerando as características da área em estudo e escala de análise (1:10000), são representativas para mapeamento as classes temáticas indicadas na tabela (2).

**Tabela 2** – Valores do fator C (EUPS) conforme as classes de uso da terra/cobertura vegetal.

Classes de uso da terra	Fator C
Mata natural	0,0001
Silvicultura	0,0158
Cana-de-açúcar	0,05
Pastagem	0,005
Pasto degradado	0,03
Solo exposto	1

Após a obtenção individual de cada parâmetro envolvido na EUPS, todos os dados foram armazenados na forma matricial e integrados para cálculo e espacialização das estimativas de perda de solo conforme lógica da EUPS (equação 1). Foram simulados 3 cenários, variando os valores de erosividade (Aeups, Aseco, Achuva), e mantendo fixo os outros parâmetros.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de erosividade, determinados em função da sazonalidade das chuvas, podem ser observados na tabela 3.

**Tabela 3** – Valores de Erodibilidade (R) obtidos para os regimes sazonais de chuva, com base em médias históricas.

Período	Erosividade das chuvas		
	r	p	Fator R
R <sub>anual</sub>	106,87	3,56	<b>6433,74</b>
R <sub>seca</sub>	26,85	0,90	<b>1988,5</b>
R <sub>chuva</sub>	186,88	6,23	<b>10345,5</b>

Posteriormente, foram calculados os valores de perda de solo por hectare, juntamente com a estimativa de perda de solo para área total da bacia hidrográfica em análise, conforme indicado na tabela 4.

**Tabela 4** – Valores médios de perda de solos para períodos anuais, de estiagem e chuvoso obtidos para a área da bacia hidrográfica em análise.

EUPS	Chuva	Perda de Solo	
	Fator R	Parcial T/ha <sup>-1</sup> ano	Total Bacia T/30ha
A <sub>EUPS</sub>	6433,74	14,105	40.017,710
A <sub>Seca</sub>	1988,5	4,359	12.369,076
A <sub>Chuva</sub>	10345,52	22,683	64.353,410

Primeiramente, deve-se considerar a elevada sensibilidade do parâmetro erosividade da chuva (Fator R) no contexto da EUPS, o que implica que pequenas alterações em seus valores de entrada, condicionam significativas diferenças nas perdas totais de solo para área da bacia.

Conforme indicado na tabela 4, um incremento nos valores de erosividade de aproximadamente 3.000 MJ.mm/ha<sup>-1</sup>ano (diferença entre R<sub>anual</sub> e R<sub>chuva</sub>), corresponde ao aumento de aproximadamente 25 mil toneladas de solo com potencial de carreamento para a área total da bacia.

## CONCLUSÕES

A compreensão da aplicabilidade que se deseja obter com os resultados finais, inclusive a definição se estes serão qualitativos ou quantitativos, são importantes balizadores para reflexão dos procedimentos a serem adotados no processo mental e pragmático da modelagem de sistemas ambientais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo incentivo ao desenvolvimento do presente trabalho, por meio do processo 2013/13885-0.

## REFERÊNCIAS

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 3. ed. São Paulo: Editora Ícone, 1993.
- DONZELI, P.L.; et al. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para o planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas. Campinas: Documentos IAC, v. 29, p. 91-119, 1992.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Agriculture Handbook n.537. Washington: US Department of Agriculture, 1978.

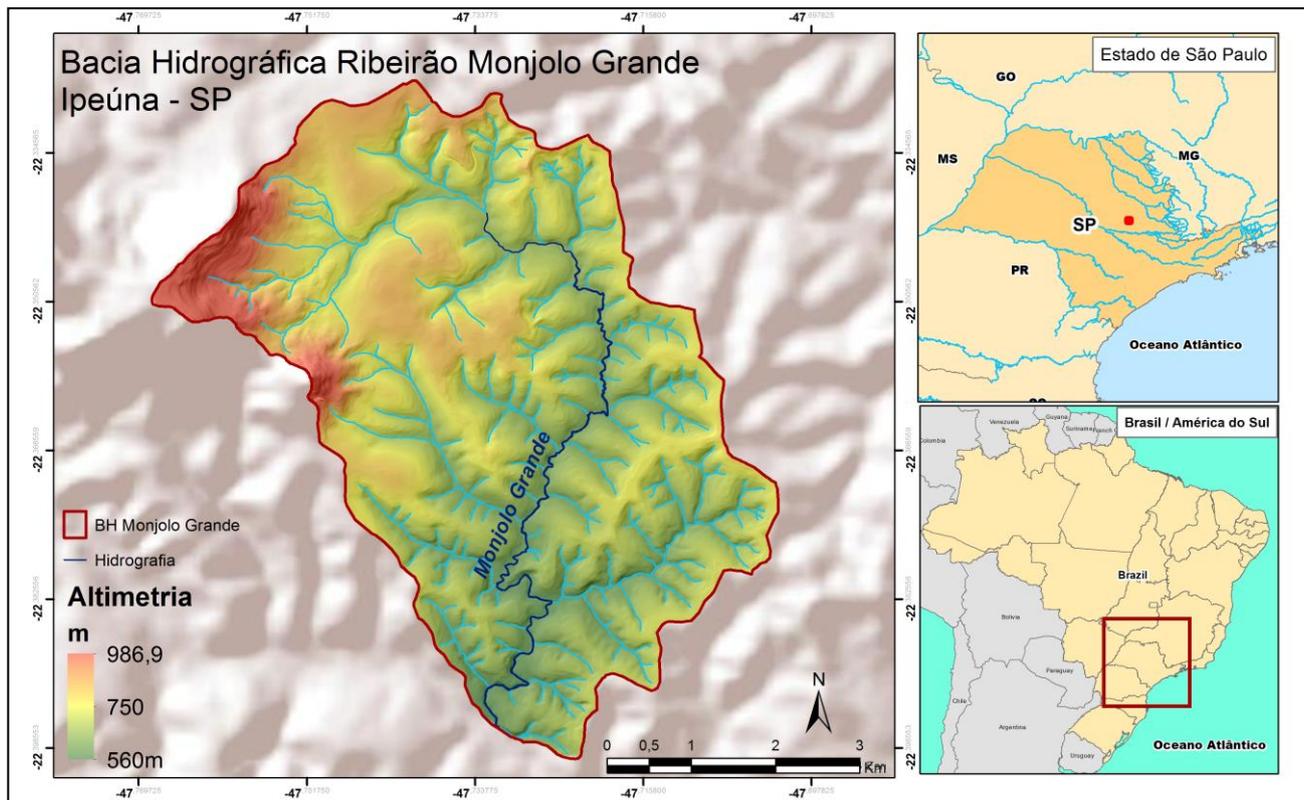


Figura 1 –localização da bacia hidrográfica do ribeirão Monjolo Grande -SP