

Tolerância e simulação de perda de solo na Microbacia Ribeirão Gustavo, Santa Catarina⁽¹⁾.

Éverton Blainski⁽²⁾; Denilson Dortzbach⁽³⁾; Iria Sartor Araujo⁽³⁾; Luis Hamilton Pospissil Garbossa⁽³⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq, processo nº574677/2008-9

⁽²⁾ Pesquisador; Empresa de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural de Santa Catarina - Epagri / Centro de Informações Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina - Ciram; Florianópolis, Santa Catarina; evertonblainski@epagri.sc.gov.br; ⁽³⁾ Pesquisador; Empresa de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural de Santa Catarina - Epagri / Centro de Informações Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina - Ciram; Florianópolis, Santa Catarina.

RESUMO: A erosão hídrica é um dos fenômenos naturais responsáveis pela perda de solo em bacias hidrográficas. Diversos fatores estão associados ao processo erosivo, entre eles: precipitação, solos, cobertura e relevo. O objetivo desse trabalho foi determinar a tolerância de perda de solo (TPS) na microbacia Ribeirão Gustavo e comparar esses limites aos resultados de perda de solo simulada a partir do modelo hidrológico SWAT. A TPS foi determinada a partir de três variações de métodos, com variáveis de entrada e ponderações distintas. A perda de solo foi simulada a partir do modelo hidrológico SWAT tendo como dados de entrada: clima, relevo, mapa de solo e cobertura. Os resultados demonstraram existir diferença para TPS entre as classes de solo analisadas e entre os métodos aplicados. A TPS média na microbacia foi de 7,83 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹. Os resultados de perda de solo média simulada para o triênio 2009/2011 revelaram que a maioria da microbacia apresenta perda de solo inferior ao valor tolerável, entretanto, uma porção significativa da microbacia apresentou perda de solo média de 15,2 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹, atribuída, principalmente ao relevo acidentado e ao elevado volume de precipitação na microbacia.

Termos de indexação: SWAT, precipitação, declividade.

INTRODUÇÃO

A erosão é um dos fenômenos naturais causadores de alterações no ambiente. Esse fenômeno pode ser intensificado ou reduzido em função de diferentes fatores: declividade, tipo de solo, uso e manejo, práticas conservacionistas, entre outros.

Em regiões tropicais, o principal agente causador de erosão é a água, dessa forma, o regime de pluviométrico influencia fortemente na intensidade da perda de solo ocasionada pelo processo erosivo.

A substituição das paisagens naturais por áreas agrícolas, fatalmente, acarreta uma aumento na perda de solo por erosão. Entretanto, mesmo em áreas sem ação antrópica, o processo erosivo

acarreta alterações no ambiente, o que sugere que este fenômeno pode ser reduzido, porém, não evitado.

A tolerância de perda de solo (TPS) por erosão pode ser definida como um limite de perda em que ainda seja mantido um alto nível de produtividade das culturas (Wischmeier & Smith, 1978). Apesar de ser um conceito amplamente discutido na ciência do solo, não existe consenso quanto aos limites considerados aceitáveis.

Segundo Bertol & Almeida (2000), os métodos de estimativa da TPS por erosão, embora utilizem atributos e características que influenciam a erosão do solo e tenham uma base de sustentação lógica e racional, são empíricos em função da ponderação atribuída ao efeito de cada variável.

No estado de Santa Catarina diversos estudos remetem à TPS. Bertol & Almeida (2000) definiram a TPS para as principais classes do Estado utilizando a metodologia proposta por Lombardi Neto & Bertoni (1975). Além disso, os autores propuseram outros métodos alternativos de determinação, baseado na introdução de outras variáveis.

Apesar de diversos trabalhos relacionados à TPS, existe a necessidade de estudos que correlacionem TPS com erosão medida ou simulada a partir de modelos matemáticos. Neste contexto, a aplicação de modelos hidrológicos para estudos em microbacias tem ganhado cada vez mais adeptos ao longo das últimas décadas.

Entre os modelos hidrológicos capazes de simular a perda de solo, o SWAT (Soil and Water Assessment Tool) se destaca por ser um modelo matemático de parâmetros distribuídos e contínuos (Arnold et al., 1998) em que diferentes processos físicos podem ser simulados, de forma sequencial (Tim & Jolly, 1994) com o objetivo de quantificar os impactos das alterações de uso do solo no escoamento superficial e subsuperficial, perda de solo e qualidade de água (Srinivasan & Arnold, 1994). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi utilizar o SWAT para simular a perda de solo no triênio 2009 a 2011 e comparar os resultados de



TPS na microbacia Ribeirão Gustavo, Santa Catarina, a fim de identificar áreas problemáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na microbacia Ribeirão Gustavo, localizada no município de Massaranduba, Santa Catarina. A microbacia possui uma área de, 2.140,7 hectares, com uma ampla diversificação de solos e de usos, conforme mostrado na **Figura 1**.

O clima da região é classificado, segundo Köppen, como Cfa (subtropical úmido). A altitude da microbacia varia de 23 a 736 metros acima do nível do mar.

Coleta de solos

Na microbacia Ribeirão Gustavo foram definidas duas toposequências para caracterização dos solos. Nessas toposequências foram analisados 10 perfis e realizadas as seguintes determinações: i) descrição do perfil e classificação segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006); ii) textura do solo realizada a partir de amostras deformadas coletadas nos diferentes perfis; iii) densidade, porosidade, condutividade hidráulica saturada e curva de retenção de água no solo, determinadas a partir de amostras com estrutura preservada coletadas nos diferentes perfis analisados. Essas informações foram utilizadas para determinação da TPS e como dados de entrada para a simulação de erosão a partir do modelo SWAT.

Determinação da TPS

A TPS foi determinada através de três métodos, conforme descrito em Bertol & Almeida (2000). O primeiro método consiste na utilização da expressão proposta por Lombardi Neto & Bertoni (1975). O segundo método é uma derivação do primeiro, porém, com a alteração dos limites de intervalos da relação textural entre os horizontes B e A e pela introdução do teor de argila do horizonte A como variável associada à relação textural. No terceiro método, além das variáveis e fatores de ponderação adotados no Método II, foram acrescentados o teor de matéria orgânica na camada de 0-20 cm de profundidade e o grau de permeabilidade do solo (Wischmeier & Smith, 1978), porém com ponderações distintas, estabelecida pelos autores.

Simulação da erosão por meio do SWAT

A perda de solo média anual foi simulada a partir do modelo SWAT, utilizando os dados de entrada característicos de clima, tempo, uso e ocupação, declividade e solos.

As informações climáticas (temperatura, precipitação, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento) foram obtidas a partir de estações pluviométricas e meteorológicas instaladas na microbacia e proximidades.

O uso e ocupação dos solos foi delimitado e classificado a partir de imagens de satélite *QUICKBIRD*, datadas de 2008, com resolução espacial de 20 metros.

O relevo foi definido a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) da *Shuttle Radar Topographic Mission 2000*. A resolução espacial horizontal das informações é de 30x30 metros e o erro vertical de 20 metros. Neste estudo, o relevo da microbacia foi dividido em cinco classes de declividade: Plano (0 a 3%); Suave ondulado (3 a 8%); Ondulado (8 a 15%); Fortemente ondulado (15 a 20%) e Montanhoso (> 20% de declividade).

A análise da eficiência do modelo foi realizada por meio do coeficiente de Nash e Sutcliffe e pelo coeficiente de massa residual.

O mapeamento de solos foi realizado a partir das análises de solo coletadas ao longo das toposequências e da análise fisiográfica da área de estudo.

O SWAT foi calibrado e validado a partir de dados de sedimentos transportados ao longo da rede hídrica, em diferentes pontos da microbacia. Os resultados da simulação foram comparados com os valores de TPS a fim de identificar áreas com maior desconformidade em relação aos limites aceitáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de TPS para os solos da Microbacia Ribeirão Gustavo são apresentados na **Tabela 1**. As diferenças de TPS obtidas para os solos, através do método 1, devem-se à diferença na relação textural entre os horizontes B e A e, principalmente, devido a variação de densidade entre esses solos. A TPS obtida a partir dos métodos 2 e 3 foi menor, com relação ao método 1 (**Tabela 1**), assim como obtido para a maioria das classes de solo estudadas por Bertol & Almeida (2000). Esses resultados sugerem que a incorporação de outras variáveis e a alteração dos valores de ponderação propostos, tornaram mais restritivas a TPS em relação ao método tradicional proposto por Lombardi Neto & Bertoni (1975).

A TPS média, determinada a partir dos métodos propostos foi de $8,77 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ para os Cambissolos Háplicos, com maior grau de desenvolvimento e maior profundidade efetiva; $8,20 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ para os Argissolos Vermelhos e $6,52 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ para os Gleissolos Háplicos, sem

presença de horizonte B e com baixa profundidade efetiva.

consequentemente, a perda de solo por erosão hídrica.

Tabela 1 – Tolerância de perda de solo para os solos da microbacia Ribeirão Gustavo, determinado a partir dos diferentes métodos.

SOLOS	Perda de solo Mg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹			
	M1	M2	M3	Média
Cambissolo Háplico	10,25	7,88	8,26	8,77
Argissolo Vermelho	8,79	8,21	7,59	8,20
Gleissolo Háplico	7,70	6,16	5,69	6,52
Média	9,45	7,60	7,61	7,83

M – método de determinação da perda de solo

Após a calibração e validação do SWAT, procedeu-se a análise dos resultados de perda de solo, para o período de 2009 a 2011 (Tabela 2). Foi possível identificar uma ampla variação na perda de solo entre os anos simulados. No ano de 2009 a perda de solo média na microbacia foi de 1,35 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹, bem abaixo do valor de TPS médio de 7,83 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹. Entretanto, no ano de 2011, a perda de solo simulada foi de 9,28 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ (Tabela 2). Esse aumento na perda de solo pode estar associado às diferenças observadas no volume de precipitação anual que variou de 1.694 mm em 2009 para 2.567 mm em 2011. Ademais, conforme mostrado na **Tabela 2**, houve um aumento significativo no escoamento superficial, corroborando os resultados obtidos.

Tabela 2 – Variação de precipitação (P), escoamento superficial (ES) e perda de solo, simulados para o período de 2009 a 2011, na microbacia Ribeirão Gustavo.

ANO	P	ES	PS
	mm.ano ⁻¹	mm.ano ⁻¹	Mg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹
2009	1.694	63,9	1,35
2010	2.102	113,4	2,26
2011	2.567	261,2	9,28

P: precipitação; ES: Escoamento superficial; PS: Perda de solo.

Na **Figura 2** é apresentada a distribuição espacial da perda de solo ao longo da microbacia, durante o triênio 2009/2011. Os resultados mostram que, de maneira geral, grande extensão da microbacia apresentou perda de solo média anual inferior à TPS. Entretanto, a sub-bacia 2, localizada na face Norte da microbacia apresentou perda de solo média de 15,2 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹. Nesta sub-bacia, a cobertura predominante é composta por florestas (Figura 1b), o que, de maneira geral, ocasiona redução da perda de solo em função da cobertura do solo e ausência de revolvimento do solo, porém, o elevado grau de declividade desta sub-bacia pode ter favorecido o escoamento superficial e,

CONCLUSÕES

A tolerância de perda de solo apresentou variação em função das características físicas de cada solo e, em função do método aplicado, apresentando um valor médio de 7,83 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹;

A partir do modelo SWAT foi possível simular a perda de solo na microbacia. No ano de 2011 a perda de solo média foi superior a TPS, sugerindo que o volume de precipitação ocorrido favoreceu o aumento registrado;

Ao longo do triênio 2009/2011 a perda de solo média anual na sub-bacia 2 foi superior a TPS, atribuído, principalmente, à elevada declividade do local.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ARNOLD, J. G.; SRINIVASAN, R.; MUTTIAH, R. S. et al. (1998). Large area hydrologic modeling and assessment: Part I. Model Development. American Water Research Association 34:73-89.

BERTOL. I. & ALMEIDA, J.A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do estado de Santa Catarina. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 24:657-668, 2000.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisas de Solos (2006). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Embrapa Solos Rio de Janeiro 2.ed. 306 p.

LOMBARDI NETO, F. & BERTONI, J. Tolerância de perdas de terra para solos do estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo, 1975. 12p. (Boletim Técnico, 28)

SRINIVASAN, R.; ARNOLD, J. G. Integration of a basin-scale water quality model with GIS. Water Resources Research 30:453-462, 1994.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning. Washington D.C., Department of Agriculture, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).

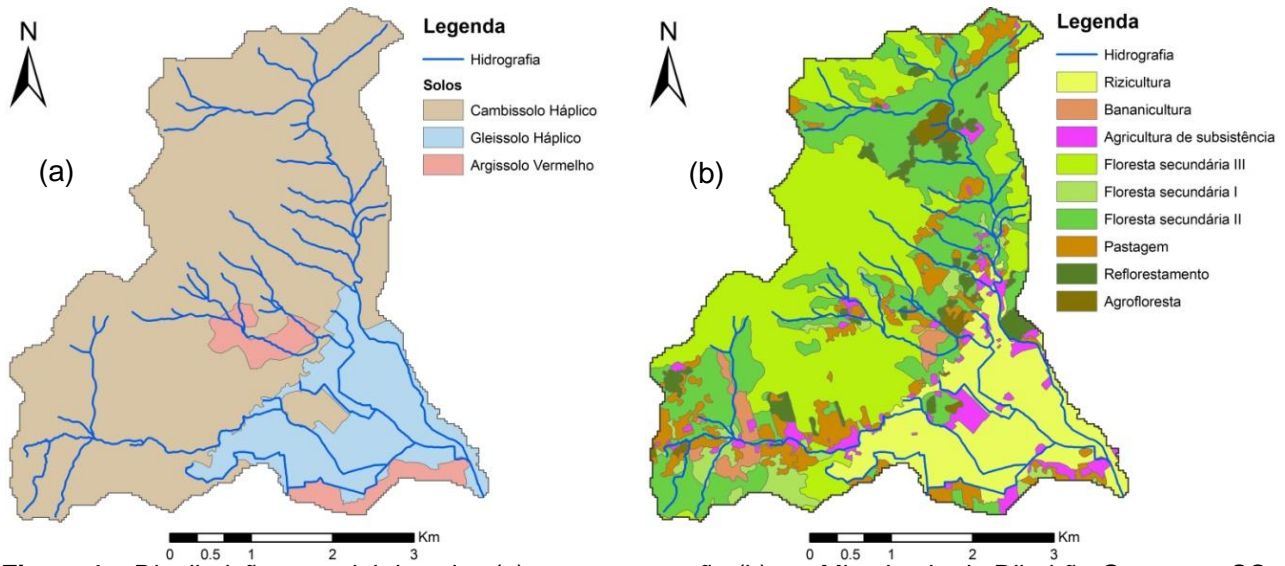


Figura 1 – Distribuição espacial de solos (a); uso e ocupação (b), na Microbacia do Ribeirão Gustavo – SC.

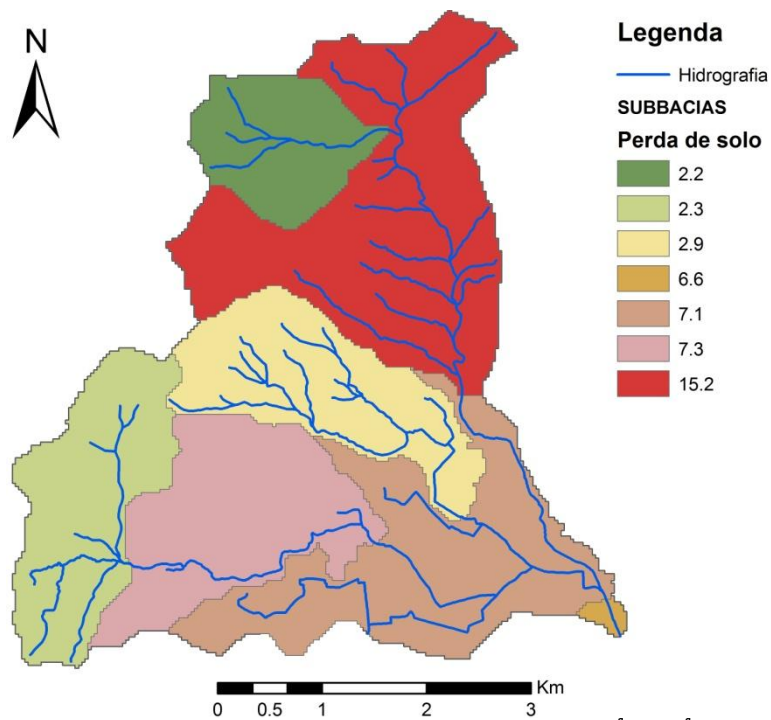


Figura 2 – Distribuição espacial da perda de solo média anual ($\text{Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), simulada através do modelo SWAT, no período de 2009 a 2011.