



SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO DO QUILOMBO

J.M. Vilella¹, P.P. Arroio-Junior¹, C.A. Galharte², S. Crestana³, F.F. Mauad¹

- (1) Escola de Engenharia de São Carlos, EESC/USP, Avenida Trabalhador São Carlense, 400, 13560-970, São Carlos, SP, jomarvile@hotmail.com, pauloarrio@sc.usp.br, mauadffm@sc.usp.br
(2) Embrapa Pecuária Sudeste, Rodovia Washington Luiz, km 234, 13560-970, São Carlos, SP, carol.galharte@gmail.com
(3) Embrapa Instrumentação, Rua XV de Novembro, 1452, 13560-970, São Carlos, SP, silvio.crestama@embrapa.br

Resumo: O crescimento demográfico tem modificado o território rural e urbano. Essas mudanças refletem sobre os aspectos ambientais, principalmente a degradação dos recursos hídricos. A utilização de modelos hidrológicos, como o SWAT, tem contribuído para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, de forma a identificar os problemas e subsidiar os sistemas de tomada de decisão. Este trabalho visa avaliar a produção de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Quilombo, localizada nos municípios de São Carlos e Descalvado-SP, utilizando o modelo SWAT. A simulação apontou valores de 0 até 19 t/ha/ano, onde as maiores taxas de produção de sedimentos foram observadas nas sub-bacias situadas ao sul, em terrenos de maior altitude. Verificou-se que as maiores produções anuais de sedimentos ocorreram em anos de maior precipitação. Os resultados mostram que, de acordo com a simulação, poucas áreas são responsáveis pelos maiores valores de sedimentos produzidos. Essas áreas devem ser monitoradas para verificar sua maior vulnerabilidade.

Palavras-chave: sedimento, modelagem, erosão, SWAT.

SEDIMENT YIELD SIMULATION FOR QUILOMBO RIVER WATERSHED

Abstract: Demographic growth has changed the rural and urban territory. These changes reflect on environmental issues, mainly in the degradation of water resources. The use of hydrological models, such as SWAT, has contributed to the planning and management of water resources to identify problems. This study aims to evaluate the sediment production in the Basin of Quilombo River, located in the cities of São Carlos and Descalvado-SP, using the SWAT model. The simulation shows values from 0 to 19 t/ha/y, the highest rates of sediment yield being observed in the sub basins located to the south, in the higher elevation terrain. The rainiest year had the highest rates of sediment production. The results show that, according to the simulations, few areas are responsible for the largest values of sediment produced. These areas should be monitored to verify their higher vulnerability.

Keywords: sediment, modeling, erosion, SWAT

1. Introdução

O aumento da demanda por espaços urbanos e a necessidade da expansão das fronteiras agropastoris, oriundas do crescimento demográfico, têm modificado significativamente o espaço e contribuído de forma massiva para a degradação ambiental, sobretudo aos recursos hídricos. Tucci (2002) atribui a falta de planejamento territorial e o uso intensivo do solo como fatores determinantes para ocorrência de problemas como erosão, carreamento de sedimentos e redução da qualidade e quantidade dos recursos hídricos.

A legislação brasileira, na forma da Política Nacional de Recursos Hídricos, propõe como uma de suas diretrizes a gestão articulada dos recursos hídricos com o uso do solo. Desse modo, para que se tenha uma articulação sistemática entre os mesmos, é de fundamental importância a execução de estudos voltados ao planejamento do uso do solo, de modo a avaliar suas potencialidades e fragilidades ambientais. Nesse contexto, a utilização de modelos hidrológicos tem se mostrado como uma forma eficiente de se gerar informações pertinentes para a tomada de decisão.

Segundo Cristofolletti (2000), os modelos são ferramentas que auxiliam no planejamento, permitindo extrapolar informações de curto prazo para outras escalas temporais por meio de cenários. Além disso, possuem a capacidade de prever resultados de diferentes alternativas de manejo e evidenciar estratégias otimizantes (Farrell *et al.*, 1992).

Na gestão dos recursos hídricos, modelos constituem ferramentas de grande interesse, permitindo avaliar processos que ocorrem em toda a extensão das bacias hidrográficas e que, do ponto de vista econômico e operacional, seriam inviáveis de serem monitorados, como as perdas de solo por erosão hídrica. Dentre os modelos que

vêm sendo utilizados para este fim, o SWAT (Soil and Water Assessment Tool) destaca-se mundialmente, pois permite analisar os impactos das alterações no uso do solo sobre o escoamento superficial, subterrâneo, produção de sedimentos e qualidade de água (Srinivasan e Arnold, 1994). Para efetuar as simulações, o SWAT requer como dados de entrada informações sobre clima, as propriedades físicas do solo, topografia e sobre o uso e manejo do solo na bacia (Minotti, 2006).

O presente trabalho tem como objetivo aplicar o modelo SWAT para avaliar a produção de sedimentos na Bacia do Rio Quilombo, localizada nos municípios de São Carlos e Descalvado - SP. Espera-se que os resultados obtidos nesta avaliação forneçam subsídios para a tomada de decisão por parte dos gestores de recursos hídricos, bem como possam gerar informações visando auxiliar no planejamento ambiental e gestão da bacia.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de estudo

Para a realização das operações de modelagem, foi selecionada a bacia do Rio do Quilombo, afluente do médio curso do Rio Mogi-Guaçu (UGRHI 9), conforme apresentado na Figura 1. Com aproximadamente 430 km², tal bacia abrange parte dos municípios de São Carlos e Descalvado, e tem uso voltado predominantemente para agropecuária, com elevada presença de áreas de cultivo de cana-de-açúcar e pastagens.

2.2. Preparação dos dados de entrada e aplicação do modelo SWAT

Para as operações de modelagem utilizou-se o SWAT versão 2009.93.7b, permitindo integração com o *software* ArcGIS 9.3. Por ser um modelo físico que opera na escala de bacia hidrográfica, o SWAT requer uma grande quantidade de dados e parâmetros espaciais e não espaciais, de maneira que seja possível representar toda a heterogeneidade existente nos sistemas modelados. Desse modo, são requeridos pelo modelo dados de entrada geoespaciais, numéricos e de texto, referentes à topografia, aos tipos de solo, ao uso da terra, ao clima, dentre outros.

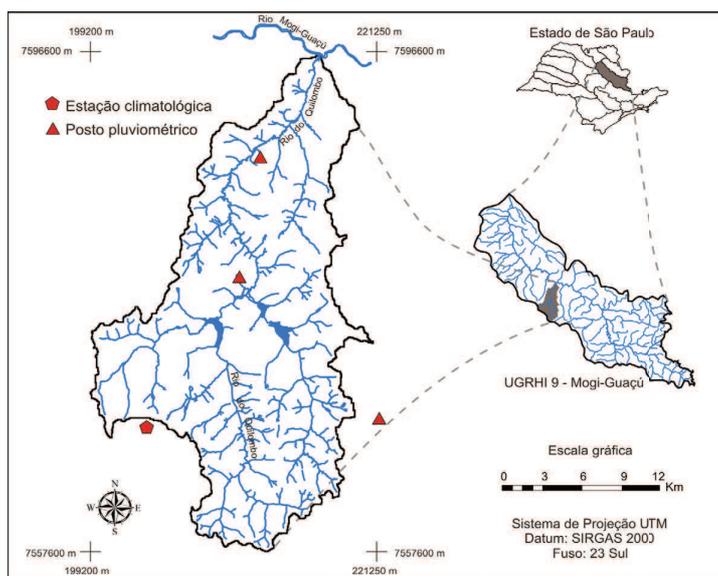


Figura 1. Localização da Bacia do Rio do Quilombo e suas estações de monitoramento.

A etapa inicial de simulação consiste na delimitação da bacia de drenagem e na sua divisão em sub-bacias, tratadas como unidades independentes no processo de modelagem. Para tal, o simulador requer como dado de entrada o Modelo Digital de Elevação (DEM) da bacia. Foi utilizado como base de referência o mapeamento planialtimétrico realizado pelo IBGE, cuja escala é de 1:50.000. Após a digitalização das cartas, estas foram georreferenciadas e vetorizadas, de modo a gerar por interpolação um DEM com pixel de 10 metros.

Em relação aos dados referentes aos solos, o simulador exige tanto dados espaciais, representando a distribuição dos tipos de solo na bacia, quanto dados tabulares relativos às suas propriedades físico-hídricas. Para a caracterização espacial foi utilizada a carta de solos da Quadrícula de São Carlos, folha SF 23-Y-A-I, referente ao levantamento pedológico semi-detalhado do Estado de São Paulo, publicado pela EMBRAPA, na escala de 1:100.000. Os dados tabulares número de camadas, profundidade máxima, porosidade, densidade do solo, teor de carbono orgânico, granulometria, dentre outros, foram extraídos do memorial descritivo referente ao mapa de solos utilizado (Oliveira e Prado, 1984).

De modo semelhante às informações referentes aos solos, os dados referentes aos tipos de uso do solo requeridos pelo modelo constituem dados espaciais (mapa de uso da terra) e tabulares. Para obtenção do mapa de uso da terra, recorreu-se ao processo de classificação de imagens multiespectrais, no qual utilizou-se uma cena obtida a partir do satélite Land-Sat 8, cuja resolução espacial é de 30 metros. A imagem utilizada foi disponibilizada pelo *United States Geological Survey*, sendo adquirida na data de 18 de julho de 2013, órbita 220/ ponto 75. O mapa foi gerado no *software* ArcGIS 9.3, mediante a interpretação visual da imagem composta das bandas 6/5/4 “falsa cor”. Em relação aos dados tabulares de uso da terra, optou-se por utilizar os parâmetros definidos como default no bando de dados do SWAT, visto que tais atributos são de caracterização complexa e de grande dificuldade de obtenção na literatura nacional.

Os dados climáticos utilizados foram obtidos a partir de quatro estações localizadas no interior da área de estudo, cuja localização pode ser observada na Figura 1. As séries climáticas requeridas pelo simulador incluem dados diários de precipitação, temperatura, radiação solar, umidade relativa e de velocidade do vento. Foram utilizadas séries temporais compreendendo o período entre 01/01/1988 e 31/12/2013, representando um total de 26 anos contínuos.

Destes 26 anos simulados, dois foram utilizados para aquecimento do modelo, em procedimento conhecido como *warm up*, visto que, no início da simulação, ocorrem grandes incertezas devido ao desconhecimento das condições iniciais, principalmente em parâmetros como a umidade do solo. Portanto, o período de simulação foi de 24 anos contínuos.

Por se tratar de uma bacia não instrumentada, onde postos hidrossedimentométricos são inexistentes, este trabalho não envolveu as etapas de calibração e validação dos resultados obtidos.

3. Resultados e Discussão

Na Figura 2 são apresentados os resultados da média anual da produção de sedimentos por sub-bacia durante o período de 1990 a 2013, os quais foram especializados de modo a permitir uma melhor avaliação de sua distribuição espacial.

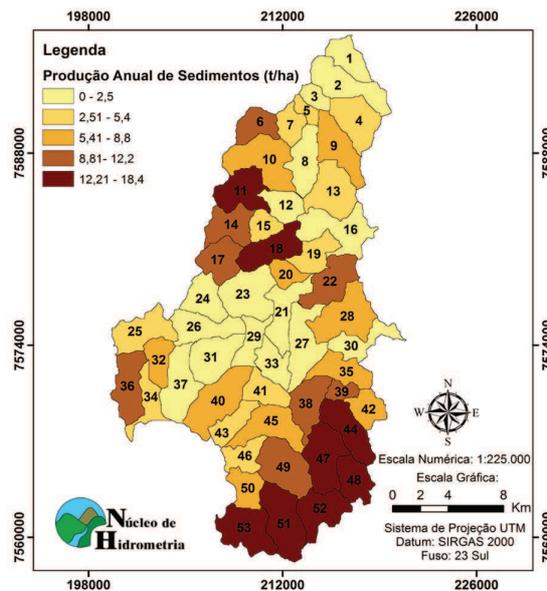


Figura 2. Mapa da produção de sedimentos média anual nas sub-bacias no período de 1990 a 2013.

Verifica-se que a produção de sedimentos apresentou desde valores próximos a zero em algumas áreas até valores próximos a 19 t/ha. De modo geral, a distribuição da produção de sedimentos mostrou-se bastante dispersa na bacia, sendo que poucas áreas são responsáveis pelas maiores taxas de produção.

As sub-bacias responsáveis pelos maiores valores encontram-se predominantemente na parte mais ao sul da bacia, em terrenos de maior altitude. Nestas áreas observam-se apenas alguns fragmentos de vegetação densa protegendo os solos de maior declividade, estando o restante do território ocupado por pastagens. Tais características acabam por gerar uma maior perda de solo em eventos de chuva intensos, e, conseqüentemente, maior produção de sedimentos nestas sub-bacias.

Outras sub-bacias que apresentaram produção de sedimentos significativa são aquelas próximas a calha do Rio do Quilombo nas proximidades de seu médio curso. Neste trecho o curso d'água encontra-se encaixado em um vale cujas vertentes apresentam altas declividades, sendo bastante suscetíveis as perdas de solo por erosão.

Na Figura 3 são apresentados os valores médios anuais de produção de sedimentos para toda a Bacia do Rio do Quilombo durante o período simulado. São também exibidos os valores de precipitação anual total sob a bacia, observados nas estações utilizadas na simulação.

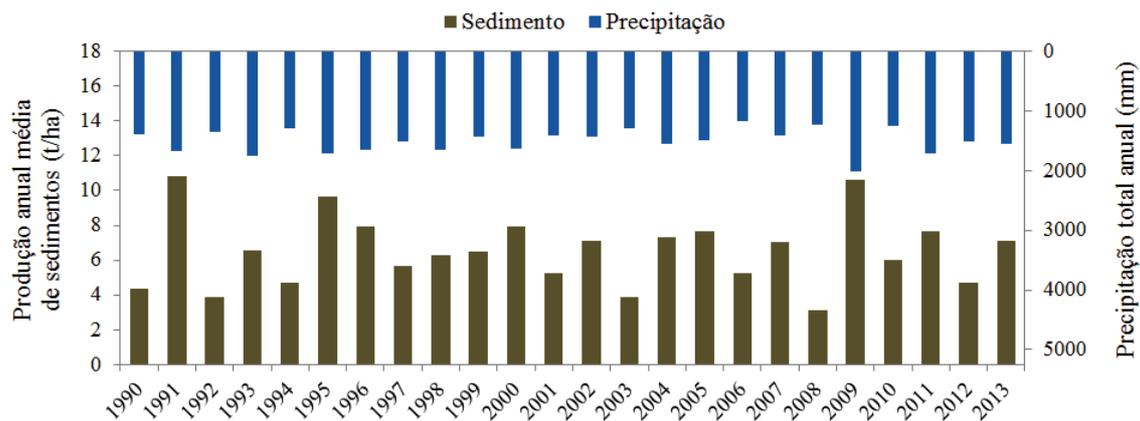


Figura 3. Produção de sedimentos média anual para a Bacia do Rio do Quilombo

Verificou-se uma alta correspondência entre os anos mais chuvosos (1991, 1995 e 2009) com os maiores valores de produção de sedimentos (10,8, 9,6 e 10,6 t/ha, respectivamente). De modo análogo, nos anos com menor precipitação (2006 e 2008), foram observadas as menores taxas de produção (5,2 e 3,2 t/ha, respectivamente), evidenciando a alta influência das taxas de precipitação nos resultados do modelo.

4. Conclusões

O SWAT mostrou-se como uma boa ferramenta para avaliação dos locais mais propensos aos processos de erosão do solo nas bacias hidrográficas. Verificou-se que poucas áreas foram responsáveis pela maior produção de sedimentos simulada, a exemplo das sub-bacias localizadas na parte alta da bacia, onde foram obtidos médios anuais próximos de 19 t/ha, sugerindo a maior criticidade destas áreas.

Através dos resultados obtidos foi possível identificar na bacia áreas com diferentes comportamentos hidrossedimentológicos, permitindo-se indicar os locais que mais contribuem com a produção de sedimentos. A obtenção deste cenário é de importância no planejamento conservacionista da bacia, visto que permite conciliar a capacidade de uso do solo conforme as fragilidades detectadas, indicando locais que requerem uma maior atenção e monitoramento.

Referências

- OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H. Levantamento pedológico semi-detalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de São Carlos. Memorial descritivo. Campinas: IAC, 1984, 110 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de Sistemas Ambientais, Ed. Edgard Blücher, 2010. 236p.
- MINOTTI, R. T. Abordagens Qualitativa e Quantitativa de Micro-bacias Hidrográficas e Áreas Alagáveis de um Compartimento do Médio Mogi-Superior-SP. 2006. 247 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos.
- SRINIVASAN, R.; ARNOLD, J. G (1994). Integration of a basin-scale water quality model with GIS. *Water Research*, v. 30, p. 453-462.
- TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre. Ed. UFRGS, 2002.248p.