

SIMULAÇÃO DA RETENÇÃO DE SEDIMENTOS PELA MATA CILIAR EM ÁREAS RURAIS CONSOLIDADAS COM O MODELO SWAT

Wander Araújo Martins¹; Letícia Lopes Martins²; Isabella Clerici De Maria³; Jener Fernando Leite de Moraes⁴ & Mário José Pedro Júnior⁵

ABSTRACT – Soil water erosion is a serious environmental problem that directly affects rural and urban populations. Riparian forests are not a conservationist practice and do not prevent soil erosion, but play an important role in retaining the sediments generated. Currently Forest Law (Federal Law 12,651/2012) allows the continuity of agricultural and livestock activities in part of the Permanent Preservation Areas (PPAs) called areas of consolidated rural use. We aimed to apply the SWAT model (Soil and Water Assessment Tool) in distinct scenarios in these consolidated rural areas in order to assess sediment retention from upstream areas. The study area was the Jundiaí-Mirim river basin, located in the municipalities of Jundiaí, Jarinu and Campo Limpo Paulista in São Paulo State, Brazil. The scenarios simulated were: altered use (agriculture) and 5, 8, 15 and 30m strips of PPAs were simulated for this land use. The model was calibrated for the stream flow variable obtaining acceptable statistical indices, being NS = 0.77, PBIAS = -10.2 and RSR = 0.48. Sediment yield was reduced with the restoration of vegetation in the 30m of the PPAs. The highest value of sediment retention was observed in the 30m strip of PPA recovered scenario (23%) and only 1.9% of sediment retention was observed for the smaller riparian vegetation strip (5m), indicating that for there to be a significant effect on sediment retention in areas with higher sediment yield, it is necessary to recover the PPA in its 30m and adopt soil conservation practices.

Palavras-Chave – produção de sedimentos; vegetação ripária; bacia hidrográfica.

¹ Mestrando em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Solos e Recursos Ambientais, fone: (19) 2137-0640, wander.am.ufv@gmail.com

² Mestranda em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Solos e Recursos Ambientais, fone: (19) 2137-0640, leticia.lufv@gmail.com

³ Pesquisadora Científica, Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Solos e Recursos Ambientais, fone: (19) 3202-1860, fax: (19) 3202-1879 icdmaria@iac.sp.gov.br

⁴ Pesquisador Científico, Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Solos e Recursos Ambientais, fone: (19) 2137-0640, jfmoraes@iac.sp.gov.br

⁵ Pesquisador Científico, Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Solos e Recursos Ambientais, fone: (19) 2137-0610, mariopedrojunior@gmail.com

1 - INTRODUÇÃO

A erosão hídrica do solo é o principal problema encontrado em áreas agrícolas tropicais, ameaçando, desta forma, a sustentabilidade da agricultura e a estabilidade do solo (Thomaz e Fidalski 2019). Os sedimentos gerados movimentam-se em direção aos cursos hídricos, o que proporciona sérios problemas ambientais, principalmente a contaminação da água e o assoreamento da calha dos rios (Durães e Mello 2016). Nesse contexto, a vegetação ripária apresenta papel determinante na mitigação desse impacto, pois a faixa de mata ciliar atua como uma barreira natural ao movimento dos sedimentos e, conseqüentemente, aos contaminantes neles adsorvidos (Santos e Sparovek 2011).

O *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) mostra-se como uma ferramenta adequada à simulação de cenários de mudança do uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas. O modelo permite identificar a eficiência de zonas de retenção de sedimentos, como as áreas de preservação permanente (APPs) das margens dos rios (Vigiak *et al.* 2016). Segundo Bressiani *et al.* (2015) estudos utilizando o modelo hidrológico SWAT em bacias hidrográficas do Brasil, tem aumentado muito na última década, principalmente relacionados às aplicações hidrológicas, mas também há estudos relacionados ao fluxo de sedimentos (Vigiak *et al.* 2016, Monteiro *et al.* 2016, Blainski *et al.* 2017).

Há ainda poucos estudos no Brasil com o modelo SWAT direcionados à avaliação dos impactos decorrentes das atividades agrossilvipastoris em áreas de preservação permanente (APP). Assim, avaliar a eficiência de retenção de sedimentos pela da vegetação ripária e identificar se as larguras estabelecidas pela Lei Florestal 12.651/2012 cumprem realmente com seu papel, torna-se uma importante investigação para garantir a continuidade da disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos. O objetivo desse estudo foi avaliar a eficiência da mata ciliar em reter sedimentos em diferentes larguras, considerando-se um uso com maior taxa de produção de sedimentos, utilizando o modelo SWAT.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Caracterização e localização da área

A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim (BHJM), pertencente à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos de número cinco (UGRHI 5), com sua maior porção no estado de São Paulo e o restante em Minas Gerais. A BHM está localizada entre as latitudes 23° 00' e 23° 30' sul e longitudes 46° 30' e 47° 15' oeste (Figura 1). Abrange uma área de 11.750 ha, dispostos em três municípios paulistas: Jundiá, Jarinu e Campo Limpo Paulista (Moraes *et al.* 2002).

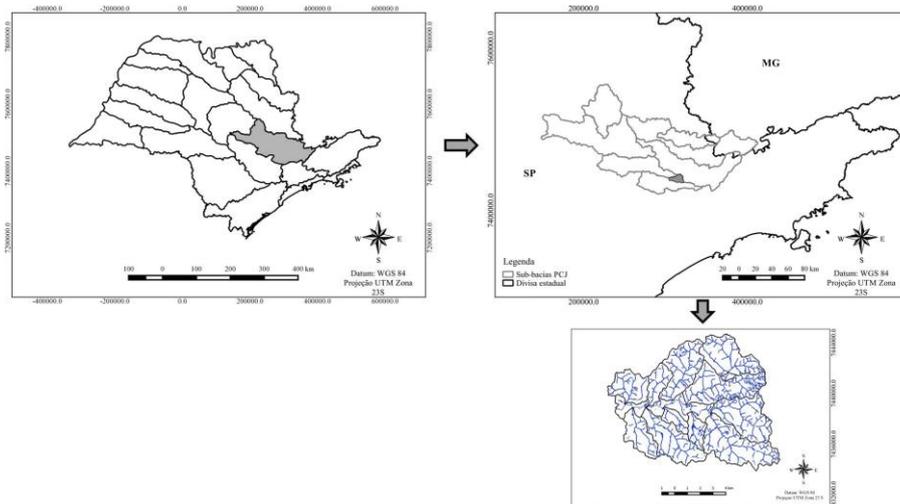


Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim (BHJM) inserida na UGRHI 5 pertencente ao estado de São Paulo e Minas Gerais.

O clima da região está em uma faixa de transição entre Cfa e Cfb de acordo com a classificação de Köppen (Alvares *et al.* 2013). Apresenta temperatura média anual de 21° C, com temperaturas médias mínimas de 14,5° C e máximas de 27,4° C. A precipitação pluviométrica anual chega a 1.450 mm (Moraes *et al.* 2002). De acordo com Moraes *et al.* (2002), os solos da bacia são das seguintes ordens: Cambissolo, Latossolo, Neossolo, Argissolo e Gleissolo. Estes foram classificados utilizando-se os conceitos estabelecidos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Santos *et al.* 2013).

2.2 - Dados de entrada no modelo SWAT

O modelo SWAT requer dados de entrada para executar a modelagem da bacia em estudo (Neitsch *et al.* 2011). Tais dados foram obtidos a partir do projeto intitulado “Diagnóstico agroambiental para a gestão e monitoramento da bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim”, de autoria de Moraes *et al.* (2002). Os dados de entrada são os seguintes: mapa de uso e ocupação das terras, mapa pedológico detalhado, modelo digital de elevação (MDE) e série histórica de 15 anos de dados meteorológicos diários (Temperaturas máximas e mínimas, precipitação, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento). Os mapas de uso das terras e pedológico, bem como o MDE são mostrados na figura 2.

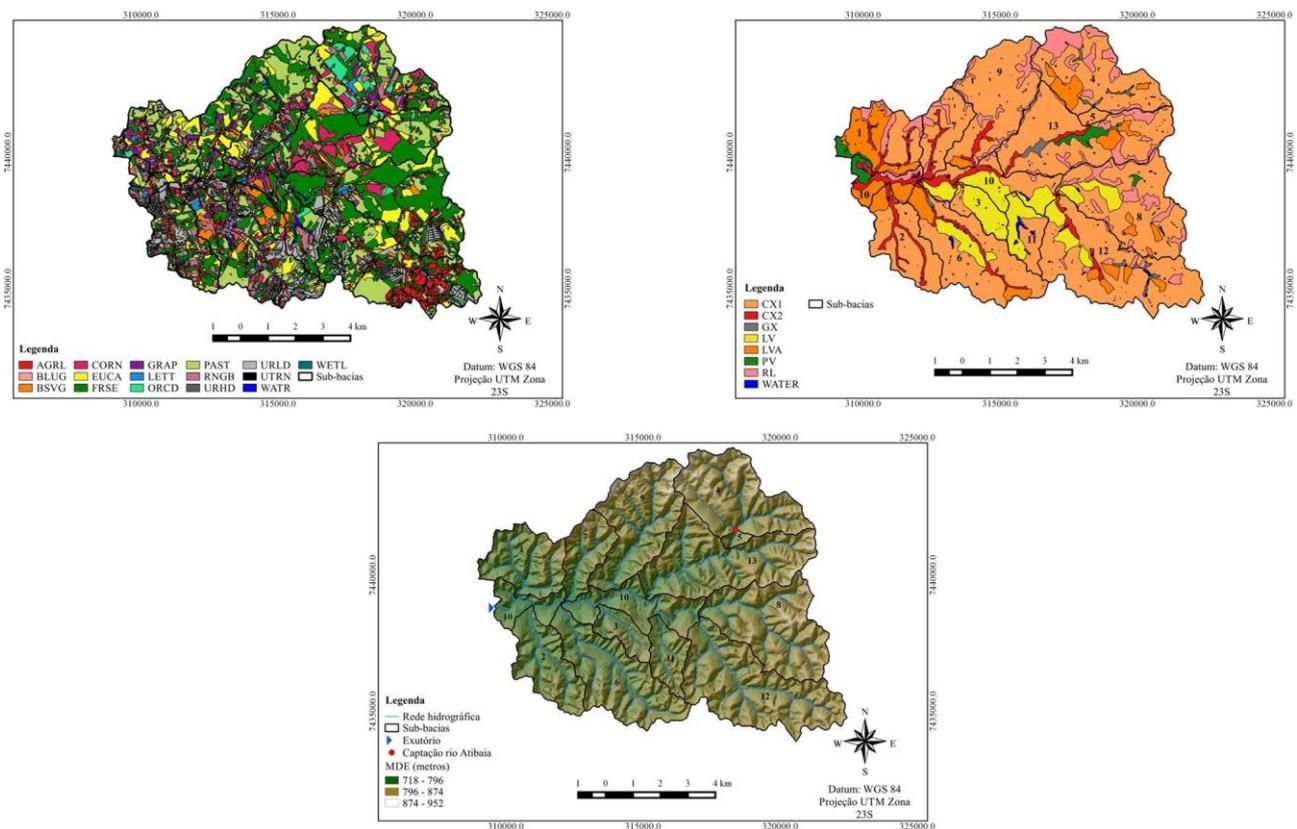


Figura 2 - Mapa de uso do solo, mapa pedológico detalhado e Modelo Digital de Elevação (MDE) da BHJM.

AGRL: agricultura genérica; BLUG: Gramado; BSVG: solo exposto; CORN: cultura anual; EUCA: reflorestamento; FRSE: floresta nativa; GRAP: viticultura; LETT: olericultura; ORCD: fruticultura; PAST: pastagem; RNGB: macega; URHD: residencial alta densidade; URLD: residencial baixa densidade; UTRN: vias; WATR: água; WETL: várzeas. CX1: CAMBISSOLO HÁPLICO distrófico textura média ou argilosa com cascalho; CX2: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb distrófico; GX: GLEISSOLO HÁPLICO Tb distrófico; LVd: Latossolo Vermelho distrófico A moderado textura argilosa; LVAd: LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico textura argilosa; PVD: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura

média/argilosa com cascalho; RL: NEOSSOLO LITÓLICO eutrófico ou distrófico. Fonte: Moraes *et al.* (2016), adaptado.

2.3 - Calibração do modelo SWAT

O modelo SWAT foi calibrado conforme recomendações de Martins *et al.* (2020), utilizando-se o software SWAT-CUP com dados mensais de vazão, obtendo-se índices estatísticos satisfatórios, a saber: NS: 0,77, PBIAS: -10,2 e RSR: 0,48, em que todos são considerados “muito bom” pela classificação de Moriasi *et al.* (2007).

2.4 - Cenários simulados

Os cenários avaliados neste estudo são referentes à mudança no uso do solo da BHJM promovendo um acréscimo de áreas de agricultura e a recuperação das APPs na rede de drenagem da bacia considerando-se esse uso, observando-se o disposto na Lei Florestal em relação às áreas rurais consolidadas. Assim, os cenários simulados foram: UAG: uso alterado (acréscimo de agricultura); UAG+5: faixa de mata ciliar com 5 m; UAG+8: faixa de mata ciliar com 8 m; UAG+15: faixa de mata ciliar com 15 m e UAG+30: faixa de mata ciliar com 30 m.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Simulando-se as faixas de APPs levando em consideração o cenário de acréscimo de áreas de agricultura (UAG) na BHJM, a produção de sedimentos foi decrescendo com o aumento da largura da APP recuperada (Figura 3). Houve redução de cerca de 23% de produção de sedimentos do cenário sem APP recuperada (UAG) para o cenário com a APP recuperada em 30m (UAG+30). A produção de sedimentos seguiu o padrão pluviométrico dessa região em todo o ano, apresentando maiores valores nos meses mais chuvosos (janeiro, novembro e dezembro) e menores valores naqueles com menores índices pluviométricos (fevereiro a outubro). A produção de sedimentos está relacionada ao escoamento superficial, que por sua vez é influenciado pela

intensidade, frequência e total de precipitação. Portanto, em meses mais chuvosos, há maior produção de sedimentos devido o escoamento superficial também ser maior nesses meses.

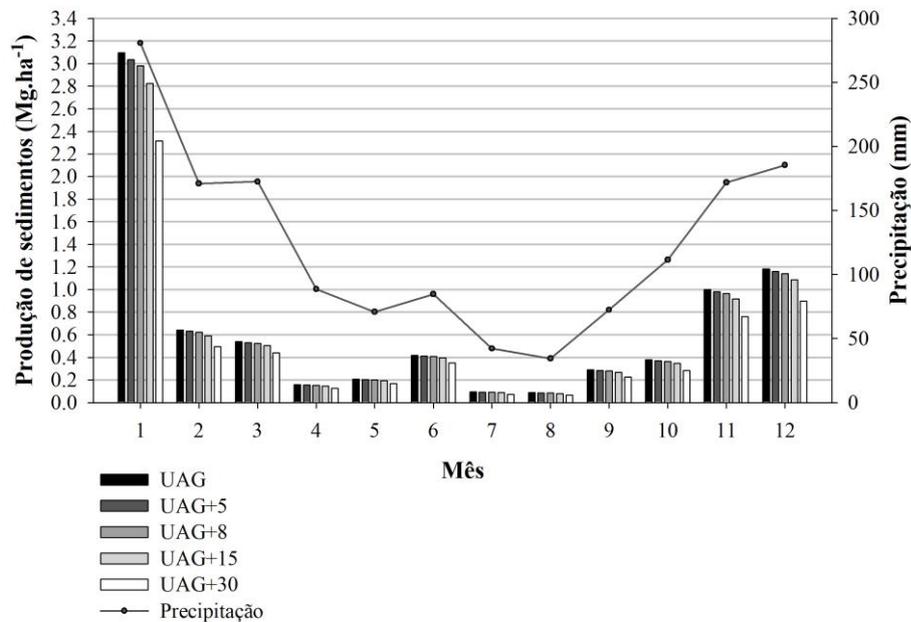


Figura 3 - Média mensal da produção de sedimentos ($Mg.ha^{-1}$) para a BHJM no período de 2008 a 2017, para os cenários com acréscimo de áreas de agricultura (UAG) e a recuperação das faixas de APP em 5, 8, 15 e 30m considerando este uso.

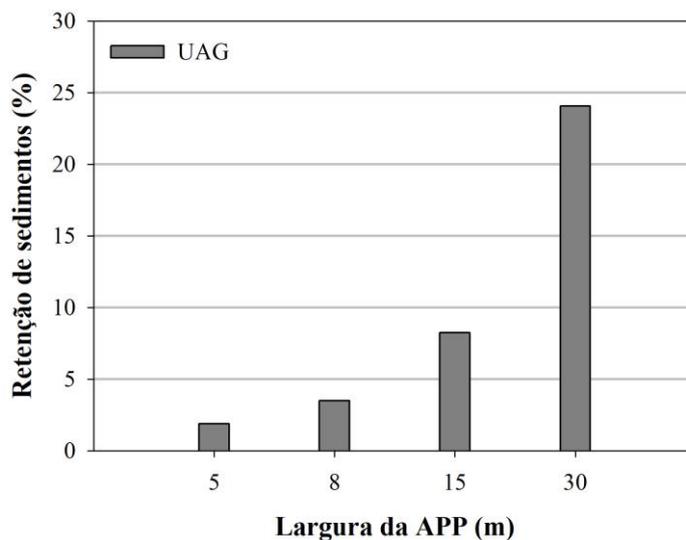


Figura 4 - Retenção de sedimentos (%) para as larguras de APPs recuperadas simuladas no cenário UAG.

Houve maior retenção de sedimentos no cenário com a APP totalmente recuperada em seus 30m (UAG+30) comparada às menores larguras de APPs recuperadas, obtendo-se o maior valor de retenção (24%). Recuperando-se as APPs em 5m a retenção foi de apenas 1,9%, para as APPs recuperadas em 8 e 15m os valores de retenção foram de 3,5% e 8,2%, respectivamente (Figura 4).

4 - CONCLUSÃO

Havendo aumento das áreas de produção agrícola com maiores taxas de produção de sedimentos como as culturas anuais, devem ser tomadas medidas para mitigar os impactos decorrentes da erosão hídrica resultantes dessa mudança, tais como práticas de conservação do solo e proteção dos cursos hídricos por meio de matas ciliares.

O modelo SWAT simula satisfatoriamente diferentes larguras de faixas de APP na paisagem e, desta forma é possível verificar qual a largura da faixa de mata ciliar que mais retém sedimentos gerados em áreas a montante. Portanto, utilizando-se o modelo SWAT para estudos referentes ao efeito de retenção de sedimentos pela vegetação ripária, pode-se identificar a largura ideal da faixa de mata ciliar para diferentes condições edafoclimáticas da bacia hidrográfica em estudo.

5 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro e segundo autores.

6 - BIBLIOGRAFIA

Alvares, C. A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M., Sparovek, G. (2013). *Köppen's climate classification map for Brazil*. Meteorologische Zeitschrift. [Online] 22 (6), 711–728.10.1127/0941-2948/2013/0507.

Blainski, E., Acosta, E., Nogueira, P. C. P. (2017). *Calibração e validação do modelo SWAT para simulação hidrológica em uma bacia hidrográfica do litoral norte catarinense*. Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science [Online], 12, 226-237. 10.4136/ambi-agua.1951.

BRASIL. Congresso Nacional. *Código Florestal*, Lei Nº 12.651 de 25.05.2012.

- Durães, M. F. e Mello, C. R. (2016). *Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, MG*. Engenharia Sanitária e Ambiental, [Online], 21,677-685.
- Martins, L. L., Martins, W. A., Moraes, J. F. L., Pedro Júnior, M. J., De Maria, I. C. (2020). *Calibração hidrológica do modelo SWAT em bacia hidrográfica caracterizada pela expansão do cultivo da cana-de-açúcar*. Revista Brasileira de Geografia Física, 13, 576-594.
- Monteiro, J. A. F., Kamali, B., Srinivasan, R., Abbaspour, K., Gücker, B. (2016). *Modelling the effect of riparian vegetation restoration on sediment transport in a human-impacted Brazilian catchment*. Ecohydrology [Online], 9, 1289-1303.
- Moraes, J. F. L., Carvalho, Y. M. C., Peche Filho, A. (2002). *Diagnóstico agroambiental para gestão e monitoramento da bacia do Rio Jundiá Mirim*. Jundiá: Instituto Agrônomo de Campinas, 108p.
- Moraes, J. F. L., Carvalho, Y. M. C., Peche Filho, A. (2016). *Diagnóstico agroambiental para gestão e monitoramento da bacia do Rio Jundiá Mirim: Relatório Final*. Jundiá: Instituto Agrônomo de Campinas, 145p.
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., Veith, T. L. (2007). *Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations*. American Society of Agricultural and Biological Engineers [Online], 50, 885-900.
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Williams, J. R. (2011). *Soil and Water Assessment Tool: Theoretical Documentation*. Version 2009. Texas: Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Agricultural Research Service, Blackland Research Center, Texas AgriLife Research.
- QGIS Development Team, 2018. *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível: <http://qgis.org/en/site>.
- Santos, D. S. e Sparovek, G. (2011). *Retenção de sedimentos removidos de área de lavoura pela mata ciliar, em Goiatuba (GO)*. Revista Brasileira de Ciência do Solo [Online], 35, 1811-1818.
- Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumberras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A., Cunha, T. J. F., Oliveira, J. B. (2013). *Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos*. 3. ed. rev.ampli. Brasília: Embrapa, 353p.
- Thomaz E. L. e Fidalski J. (2020). *Interrill erodibility of different sandy soils increases along a catena in the Caiuá Sandstone Formation*. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 44.
- Vigiak, O., Malagó, A., Bouraoui, F., Grizzetti, B., Weissteiner, C., Pastori, M. (2016). *Impact of current riparian land on sediment retention in the Danube River Basin*. Sustainability of Water Quality and Ecology [Online], 8, 30-49.