

Influência do efeito de escala sobre a produção de sedimentos em bacias hidrográficas não instrumentadas no semiárido

Influence of the scale effect on the sediment yield in not instrumented basins in the semiarid zone

Mariana da Silva de Siqueira¹, Carlos Emanuel Moura da Silva Hugo Morais de Alcântara², George do Nascimento Ribeiro³, Paulo da Costa Medeiros⁴, João Paulo Sobral Dias Afonso⁵, Aline Carla de Medeiros⁶ e Patricio Borges Maracajá⁷

Resumo - O estudo dos efeitos das alterações de uso e ocupação do solo nos processos hidrológicos tem sido realizado por meio de manipulações experimentais em termos de sua cobertura em bacias hidrográficas. O presente trabalho teve como objetivo analisar o efeito de escala sobre a erosão e a produção de sedimentos por meio de modelagem ambiental para bacias não instrumentadas no semiárido com o intuito de subsidiar estratégias de conservação do solo. As características de uso e ocupação dos solos, tipos de solos, topografia e morfologia foram obtidas por meio da classificação supervisionada de imagens do satélite LANDSAT 5. O modelo SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) foi utilizado para a simulação dos cenários alternativos de uso e ocupação do solo, possibilitando a análise da influência de práticas conservacionistas em pequenas bacias hidrográficas e o efeito de escala na produção de sedimentos nas bacias analisadas, apresentando-se como uma importante ferramenta para o planejamento ambiental, visto que, por meio da espacialização dos resultados da produção de sedimentos podem ser identificadas as áreas críticas por sub-bacia, o que pode auxiliar o processo de tomada de decisão por parte dos diversos atores sociais que ocupam a área da bacia hidrográfica.

Palavras-chave: semiárido, erosão, efeito de escala

Abstract - The study of the effects of changes in land use on hydrological processes has been carried out through experimental manipulations in terms of their coverage in basins. The objective of this work was to analyze the scale effect on erosion and sediment yield by means of environmental modeling for not instrumented basins in the Semi-arid zone to subsidize soil conservation strategies. Soil use and occupation characteristics, soil types, topography and morphology were obtained through the supervised classification of LANDSAT 5 satellite images. The SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) model was used for the simulation of alternative land use soil scenarios, making possible the analysis of the influence of conservation practices in small basins and the effect of scale in the sediment yield in the analyzed basins, presenting itself as an important tool for the environmental planning, since, through the spatialisation of the results of sediment yield can be identified the critical areas by sub-basin, which can aid the process of decision making by the various social actors that integrate the basin.

Keywords: Semi-árid, erosion, scaling effect

¹ Graduados da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido – CDSA, Engenharia de Biosistemas, Campus de Sumé, PB. (083) 3353-1850. CEP. 58.540-000. e-mail: carlosemanuel01@hotmail.com, siqueira.s.mariana@gmail.com

^{2,3,4} Professor da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido – CDSA, Sumé, PB. (083) 3353-1850. CEP. 58.540-000. e-mail: hugo.ma@ufcg.edu.br, georgednr@hotmail.com, medeirospc@gmail.com

⁵ Mestrando da PPGSA-CCTA-UFCG – Pombal – PB e-mail: afonso.adv@hotmail.com

⁶ Doutoranda do PPGEP do CCT – UFCG – Campina Grande – PB e-mail: alinecarla.edu@gmail.com

⁷ D. Sc. da PPGSA-CCTA-UFCG – Pombal – PB e-mail: patriciomaracaja@gmail.com

INTRODUÇÃO

O estudo dos efeitos das alterações de uso e ocupação do solo nos processos hidrológicos tem sido realizado por meio de manipulações experimentais sobre a superfície do solo em termos de sua cobertura em pequenas bacias hidrográficas. Segundo Eshleman (2004), o desenvolvimento e aplicação de estudos em pequenas bacias hidrográficas iniciaram na década de 50 do século passado. Em 1970, trabalhos minuciosos conduzidos em Hubbard Brook objetivamente revolucionaram os estudos dos efeitos hidrológicos das atividades de gerenciamento de uso e ocupação do solo (HORNBECK *et al.*, 1970).

Girmay *et al.* (2009) associaram a perda de nutrientes ao escoamento e produção de sedimentos sobre diferentes condições de uso do solo em áreas experimentais em Tigray, Etiópia. Nesse estudo foi possível identificar que o escoamento em áreas sob diferentes usos do solo foi de 5, 6 e 16 vezes e a produção de sedimentos foi de 4, 5 e 27 vezes maior para áreas cultivadas, cobertas com pastagens e solo exposto quando comparadas a regiões de florestas. Juntamente com a perda de solo, os nutrientes também foram carreados. A exportação de sedimentos associado aos nutrientes como o carbono orgânico, nitrogênio, fósforo e potássio avaliável foi elevada em áreas cultivadas em relação a outras áreas com diferentes tipos de usos de solo.

A maior vantagem da aplicação de técnicas de medição em pequenas bacias hidrográficas é que os efeitos de processos importantes sobre a superfície do solo como a vazão e a evapotranspiração podem ser diretamente medidos sob relativa condição de controle. A maior limitação desta técnica é a carência de replicação: os recursos necessários para instrumentar duas pequenas bacias hidrográficas e dar continuidade a uma manipulação normalmente simples impedem a validação para obtenção de constatações probabilísticas.

No Brasil as bacias experimentais e representativas foram difundidas na região do semiárido na década de 70 do século passado pela SUDENE. Estudos experimentais foram realizados simultaneamente em diversos estados do Nordeste, mas a divulgação sistematizada dos resultados e a avaliação da necessidade de novas investigações pela comunidade científica não aconteceram de maneira organizada, resultando na desmotivação, desinteresse, falta de recursos e paralisação total ou parcial dessa importante atividade de pesquisa para a engenharia de recursos hídricos.

Em regiões Áridas, Semiáridas e Sub-úmidas secas distinguem-se várias formas de degradação do solo: compactação, contaminação, desertificação, salinização, queimadas, mudança no fluxo de gases associado ao efeito estufa e erosão. Essas formas de degradação contribuem para o comprometimento da qualidade ambiental e o aumento da vulnerabilidade dos ecossistemas.

Uma estimativa mais precisa da erosão hídrica é, portanto, importante em vários contextos ambientais, tais

como a avaliação potencial de perda de solo, da redução da capacidade de armazenamento de água em reservatórios devido à deposição de sedimentos, redução da produtividade em solos com potencial agrícola e os efeitos da erosão em diferentes regiões (XU & YAN, 2005; WEI *et al.*, 2012).

Limites de tolerância de perda de solo por erosão para solos rasos e de baixa permeabilidade foram estabelecidos para solos dos Estados Unidos variando entre 4,5 a 11,5 Ton.ha⁻¹.ano⁻¹ (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Para a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, perdas de solo de 12,0 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para solos profundos e bem drenados, e de 2,0 a 4,0 Ton.ha⁻¹.ano⁻¹ para solos rasos e de baixa permeabilidade são aceitáveis (FAO, 1965). Oliveira *et al.*, (2008) identificaram limites de tolerância de perda de solo no estado da Paraíba, Nordeste do Brasil, para os Luvisolos e Neossolos, variando entre 5,41 e 6,30 Ton.ha⁻¹.ano⁻¹.

Nesse contexto, modelos matemáticos de estimativa de perda de solo por erosão vêm sendo aplicados com eficiência, tanto no planejamento conservacionista quanto na avaliação e controle do processo erosivo em bacias hidrográficas. Entre diversos modelos conceituais ou empíricos disponíveis para a realização de simulação hidrológica e hidrossedimentológica em bacias hidrográficas destaca-se o SWAT (Soil and Water Assessment Tool), que foi desenvolvido para verificar os efeitos resultantes das modificações no uso do solo sobre o escoamento e produção de sedimentos (GASSMAN *et al.*, 2007; SANTHI *et al.*, 2006; SCHOUL *et al.*, 2008).

Neste trabalho foi utilizado o modelo SWAT para estimar o escoamento e a produção de sedimentos em três pequenas bacias hidrográficas rurais localizadas na região do Semiárido da Paraíba, Brasil, considerando quatro cenários de uso e ocupação do solo com o intuito de subsidiar estratégias de conservação e o planejamento ambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Três pequenas bacias hidrográficas integrantes da bacia experimental de Poço de Pedras, com áreas de drenagem variando de 2,93 a 11,17 km², localizadas na Bacia do rio Taperoá foram escolhidas para estimar a erosão e produção de sedimentos por meio do SWAT com uso e ocupação do solo atual.

Nos seus aspectos climáticos, a região está caracterizada por chuvas concentradas em um único período de três a cinco meses, com totais precipitados anuais variando de 82,3 mm a 1301,6 mm, com distribuição espacial e temporal muito irregular.

As temperaturas médias anuais são elevadas variando entre 23°C a 27°C, apresentando amplitudes

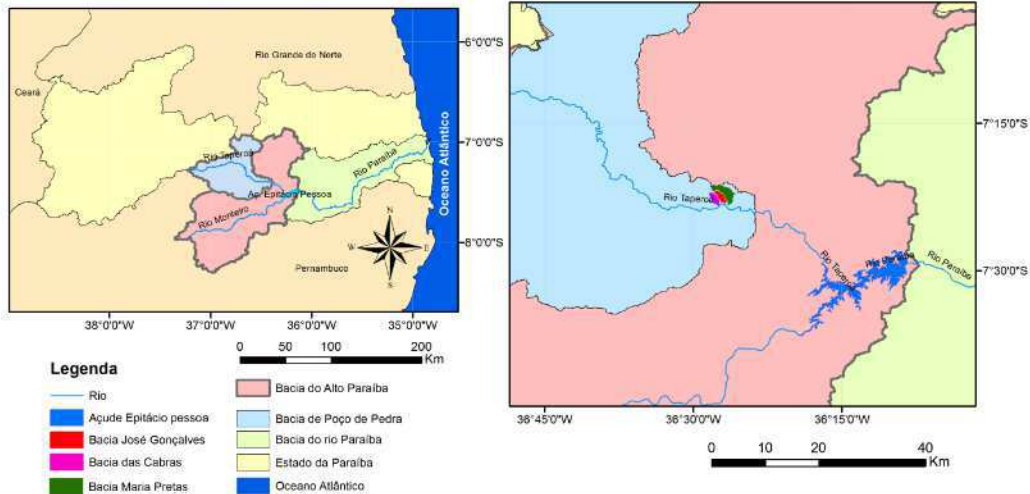
térmicas elevadas podendo chegar a 11°C em valores diários (MOURA et al., 2007). Segundo Lima & Rodrigues (2005), a insolação anual média é igual a 2800 h, a umidade relativa do ar média anual é de 50% e a evaporação média anual é de 2000 mm. São observados

períodos de seca prolongados de sete a nove meses por ano, podendo chegar até 18 meses de duração.

A caracterização das bacias hidrográficas utilizadas neste trabalho avaliou os aspectos quantitativos e qualitativos.

Na Figura 1 podemos observar a localização das bacias Riacho das Cabras, José Gonçalves e de Marias Pretas.

Figura 1 – Localização das bacias hidrográficas analisadas



Fonte: dos próprios autores

A cobertura vegetal, embora de predominância xerófila, é extremamente diversificada, identificando-se para o semiárido a formação predominante de Caatinga. Segundo a diversidade de fatores ecológicos localizados, encontram-se comunidades, tais como Cerrados, Matas Secas e Matas Ciliares.

A fauna local é predominantemente formada por animais de pequeno porte e hábitos notívagos. Sua diversidade, enquanto restrita pela adversidade climática, é estimulada pela heterogeneidade de micro habitantes existentes na região. Atualmente, além das já extintas, muitas espécies se encontram ameaçadas de extinção, fruto da caça predatória e de subsistência, dos desmatamentos e queimadas que destroem suas áreas de nidificação e alimentação, alterando profundamente seu nicho ecológico (LIMA & RODRIGUES, 2005).

A presença de animais inseridos por meio do homem nessas áreas agrava a vulnerabilidade do ambiente devido à lotação excessiva em limites superiores à capacidade de suporte do ecossistema. Em médio prazo, exerce forte pressão sobre a composição florística da vegetação nativa e sobre o solo devido ao pisoteio excessivo provocando a compactação (na época chuvosa) e desagregação (no período seco) exercendo efeitos negativos sobre as suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Em longo prazo, contribui para a irreversível degradação dos solos e da vegetação gerando áreas susceptíveis ao processo de desertificação (ARAÚJO, 2005).

A conseqüência desta combinação de fatores e do o nível tecnológico muito baixo tem sido o elevado risco da

atividade agropecuária e a contínua degradação ambiental (SAMPAIO & ARAÚJO, 2005).

Dados de entrada para o SWAT

Os dados de entrada do modelo SWAT se referem às informações de uso e ocupação do solo, tipo de solo, pedológicos e a dados climatológicos. As características de uso e ocupação do solo foram obtidas a partir da classificação supervisionada de imagens do satélite LANDSAT 5. A imagem utilizada é referente à passagem do satélite no dia 29 de julho de 2005 e foi adquirida junto a Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para este estudo foram utilizadas cinco classes de tipo de cobertura do solo, selecionadas de acordo com a resposta espectral de cada alvo.

Os dados climáticos obtidos através de monitoramento nas estações climatológicas de superfície convencional e automática da Bacia Experimental de São João do Cariri, PB, foram utilizados no intuito de realizar as análises climáticas locais e serviram de dados básicos para a realização do balanço hídrico em cada unidade de resposta hidrológica gerada por meio do SWAT.

As características físicas e morfológicas das bacias hidrográficas em estudo foram obtidas do Modelo Digital de Elevação gerado pelo projeto TOPODATA (VALERIANO, 2004), que oferece dados topográficos e suas derivações básicas em cobertura nacional, ora elaborados a partir dos dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) além de mapas topográficos

produzidos em levantamentos de campo na Bacia Representativa do Taperoá.

As classes de solos encontradas no Estado da Paraíba foram disponibilizadas por meio da AESA (PARAÍBA, 2004), foram geradas a partir do uso de imagens Landsat (escala 1:100.000) com apoio de fotografias aéreas (1:70.000) e trabalho de campo. De acordo com essas classes e baseando-se na reclassificação de solos proposta por meio da EMBRAPA (1999) as três bacias estão localizadas em uma área com apenas um tipo de solo o Luvissolo Crômico Órtico Típico.

Geração, simulação e avaliação de cenários

A parametrização do modelo para cada bacia foi realizada com base no banco de dados de parâmetros do SWAT e de calibração do mesmo modelo para a Bacia Representativa de Sumé (sub-bacia de Umburana), da mesma região hidrológica.

A partir do Modelo de Elevação Digital foi possível a obtenção da rede de drenagem, a delimitação e a discretização em sub-bacias. A sobreposição dos mapas de uso e ocupação do solo, mapa pedológico e classes de declividades definem a composição das Unidades de Resposta Hidrológica (HRUs), estas por sua vez, possuem uma única combinação de mapas e classes supracitados.

A caracterização pedológica realizada para a região indica que não há escoamento de base e desta forma os parâmetros que definem a quantidade de água que recarrega os aquíferos foram minimizados, pois como destacam Taveira (2012) e Carvalho Neto (2011), a ascensão pela franja capilar de toda a água que adentra a zona vadosa, antes que seja possível a recarga subterrânea, pode ser consumida pelos vegetais e/ou estar disponível para evaporação do solo através do processo REVAP.

Os parâmetros relacionados a este processo que foram modificados são: (a) ALPHA_BF que é o fator do fluxo de base que determina o número de dias para que o fluxo subterrâneo atinja o canal, foi adotado para este parâmetro o valor 0 anulando assim a recarga de base; (b) GW_REVAP que trata-se do coeficiente de "REVAP", foi adotado o seu valor máximo de 0,2 promovendo desta forma, uma ascensão de água conforme a evapotranspiração potencial; (c) REVAPMN, este parâmetro trabalha com o valor limite a ser superado pela lâmina que percola para favorecer o processo de

"REVAP", adotou-se portanto o valor 0 indicando que toda a água que percola está passível do processo "REVAP"; e (d) RCHRG_DP que é a fração do que percola e abastecerá o aquífero subterrâneo profundo, para este parâmetro foi adotado o valor 0.

Uma única série pluviométrica observada na estação climatológica de superfície da Estação Experimental de São João do Cariri, PB, de dezoito anos de dados, foi utilizada para a simulação da erosão e produção de sedimentos por meio do SWAT considerando o cenário atual de uso e ocupação do solo.

O SWAT utiliza um período de aquecimento que segundo Cibin *et al.* (2010) tem a finalidade de estabilizar o modelo durante seus processos iterativos iniciais minimizando as incertezas para a obtenção dos resultados. Neste trabalho o período de aquecimento utilizado foi de três anos e sendo assim, a série de resultados de erosão e produção de sedimentos estabelecida para as três bacias foi de quinze anos compreendendo o período de 1998 a 2012.

Sendo o SWAT um modelo distribuído, há a possibilidade de obter resultados espaciais dos processos de escoamento e produção de sedimentos, permitindo a identificação de áreas críticas por sub-bacia podendo auxiliar no processo de tomada de decisão por parte dos diversos atores que integram a bacia hidrográfica para subsidiar o planejamento ambiental, particularmente para conservação do solo e da água.

Os resultados parciais obtidos refletirão os processos representados pelo modelo e não necessariamente a resposta hidrossedimentológica real das bacias à série de precipitação; refletirão também as limitações em sua parametrização, visto que não existem dados observados para a realização da calibração dos parâmetros para as bacias escolhidas na estimativa da lâmina escoada e na produção de sedimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 4 podemos observar a estimativa da produção anual de sedimentos no período de 1998 a 2012 nas sub-bacias usadas para tentar identificar o efeito de escala.

Tabela 4 – Estimativa anual da produção de sedimentos no período de 2004 a 2011

Ano	Chuva (mm)	Produção de Sedimentos (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)		
		Riacho das Cabras	José Gonçalves	Marias Pretas
1998	124,9	0.00	0.00	0.00
1999	186,4	0.00	0.00	0.00
2000	887,7	3.36	2.60	1.16
2001	398,5	0.00	0.00	0.00
2002	641,8	4.62	3.56	1.60
2003	326,2	0.26	0.20	0.13
2004	745,8	5.24	4.09	3.07
2005	702,5	0.90	0.68	0.17
2006	417,2	0.22	0.17	0.09
2007	361,4	0.97	0.75	0.56
2008	789,6	9.28	7.04	5.35
2009	729,7	0.28	0.21	0.05
2010	751,1	0.76	0.59	0.16
2011	1301,6	7.37	5.70	2.91
2012	206,7	0.02	0.33	0.03

Fonte: dos próprios autores

A Bacia do riacho José Gonçalves apresenta proporcionalmente menor área ocupada por trechos com declividades acima de 6,0% e a menor estimativa da produção de sedimentos anual e mensal.

As Bacias do Riacho das Cabras e Marias Pretas apresentam proximidade nos valores de área ocupada com mesma classe de declividade, sendo a principal diferença que a classe de 0,0% a 2,0% está mais presente na Bacia do Riacho das Cabras, a bacia que apresenta menor estimativa da produção de sedimentos anual.

Entre as bacias analisadas, a Bacia Marias Pretas é a única que apresenta classes declivosas nas proximidades de sua seção final, contribuindo assim, significativamente nos elevados valores estimados de sua produção de sedimentos. Foi possível observar uma tendência do aumento da produção de sedimentos em algumas sub-bacias com declividades maiores que 6%.

Duas das três bacias analisadas possuem ordem de grandeza de aproximadamente 3,0 km² e a terceira uma ordem de grandeza de 10,0 km². Ao avaliar os resultados das simulações para a produção anual de sedimentos

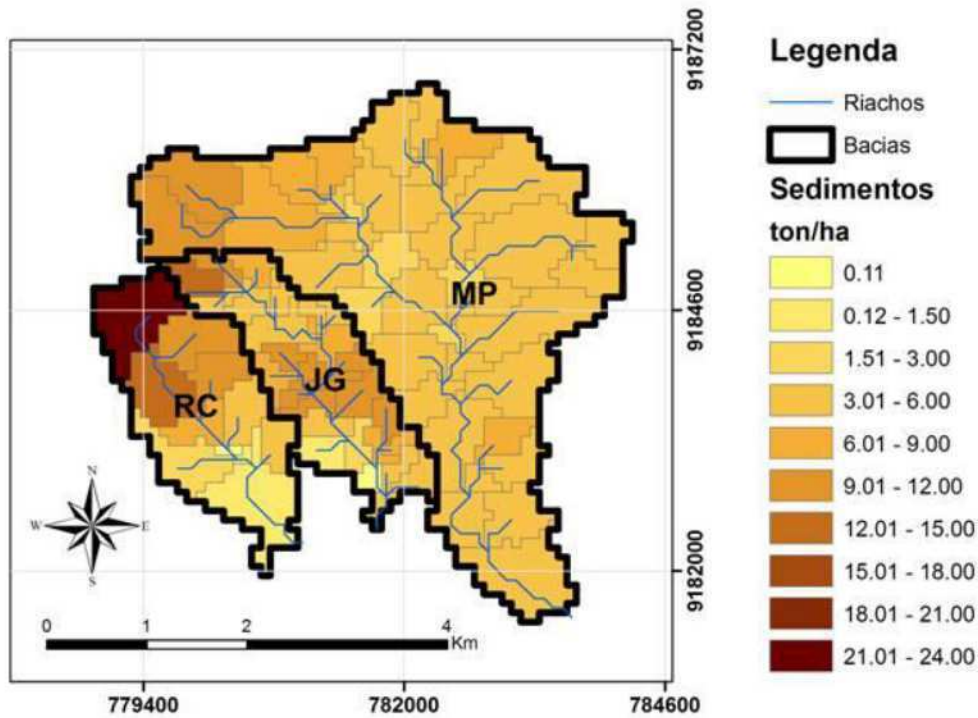
observamos que ocorre o efeito de escala, onde deve haver uma redução da produção anual de sedimentos em função do aumento da área da bacia. Isto facilmente pode ser verificado quando comparamos os resultados das bacias de Riacho das Cabras e José Gonçalves com a Bacia de Marias Pretas (Tabela 4).

A ausência de relação direta entre os totais anuais de chuva e a produção de sedimentos evidencia a influência da distribuição temporal da precipitação diária na estimativa da produção de sedimentos.

Na Figura 5 podemos observar a distribuição espacial da produção anual de sedimentos por sub-bacia no ano de 2008, um ano com total precipitado anual acima da média histórica de precipitação do município de São João do Cariri, PB. Os maiores valores de produção de sedimentos foram observados nas bacias com ordem de grandeza de 3,0 km².

Para os demais anos da série analisada o padrão de distribuição espacial é aproximadamente semelhante ao do ano de 2008, mesmo considerando anos secos, normais e chuvosos.

Figura 5 – Estimativa da produção de sedimentos nas Bacias dos riachos José Gonçalves (JG), do Riacho das Cabras (RC) e de Marias Pretas (MP)



Fonte: dos próprios autores

Os resultados da produção de sedimentos por sub-bacia indicam que algumas áreas apresentam estimativa da produção de sedimentos que ultrapassam os limites de tolerância de perda de solo estabelecidos em nível mundial por meio da FAO (1965), Oliveira et. al. (2008) e Wischmeier e Smith (1978).

Estas áreas devem ser elencadas como as preferenciais para a intervenção com práticas conservacionistas de uso e ocupação do solo, principalmente considerando a recomposição da vegetação por meio de regime de pousio ou reflorestamento.

Os produtores rurais que aceitam alterar seu modo produtivo estão localizados na área leste da bacia de Marias Pretas, que apresenta maior nível de degradação e produção de sedimentos, o que inviabiliza a manutenção da atividade da pecuária.

CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos por meio das simulações foi possível verificar que:

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, K. D. (2005). *Variabilidade temporal das condições climáticas sobre as perdas de CO₂ na encosta do açude Namorados, em São João do Cariri-PB.*

A existência de alguns eventos anuais intensos e o estado da vegetação sazonal determinam a geração do escoamento e da produção de sedimentos;

Nos casos estudados, as simulações mostram claramente que o fator principal influente na produção de sedimentos é a distribuição temporal dos eventos diários de chuva com forte dependência da condição de umidade antecedente; em seguida, a declividade e a fração de solo exposto são fatores importantes no processo de degradação dos solos. As medidas, estruturais e não estruturais, de conservação ambiental dessas bacias devem ser planejadas para mitigar a influência desses fatores.

O efeito de escala sobre produção de sedimentos nas três bacias pode ser constatado.

A modelagem ambiental pode ser utilizada como uma poderosa ferramenta de identificação das áreas críticas para a utilização de práticas conservacionistas de uso e ocupação do solo, auxiliando o processo de tomada de decisão dos diversos atores sociais na área da bacia.

Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação do Solo e Água), Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

CARVALHO NETO, J. G. (2011). *Simulação hidrossedimentológica da bacia do Riacho dos Namorados com o modelo SWAT.* Dissertação (Mestrado).

- Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.
- CIBIN, R.; SUDHEER, K. P.; CHAUBEY, I. Sensitivity and identifiability of stream flow generation parameters of the SWAT model. *Hydrological Process*, v. 24, pp. 1133-1148, 2010.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1999). *Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília. 412 p.
- ESHELMAN, K. N. (2004). Hydrological consequences of land use change: a review of state-of science. Ecosystems and Land Use Change. *Geophysical Monograph Series 153*. The American Geophysical Union. Washington, DC. 13-25.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Soil Erosion by water: some measures for its control on cultivated lands. Rome: FAO, 1965, 284p.
- GASSMAN, P. W.; REYES, M. R.; GREEN, C. H.; ARNOLD, J. G. (2007). "The soil and water assessment tool: historical development, applications, and future research directions". *Trans. ASAE*, v. 50, n. 4, pp. 1211-1250.
- GIRMAY, G.; SINGH, B. R.; NYSSSEN, J.; BORROSEN, T. Runoff and sediment-associated nutrient losses under different land uses in Tigray, Northern Ethiopia. *Journal of Hydrology*, 376, 70-80, 2009.
- HORNBECK, J. W.; PIERCE, R. S.; FEDERER, Streamflow changes after forest clearing in New England. *Water Resources Researches*, 6, 1124-1132, 1970.
- LIMA, J. R. de; RODRIGUES, W. *Estratégia de combate a desertificação*. Módulo 18. Campina Grande: Editora da UFCG/ABEAS, 2005, 55p.
- MOURA, M. S. B.; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. L.; SOUZA, L. S. B.; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F. (2007). *Clima e água de chuva no Semiárido*, in: *Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro*. (Eds.) BRITO, L. T. L.; MOURA, M. S. B.; GAMA, G. F. B. Petrolina, PE: EMBRAPA Semiárido. 181p.
- OLIVEIRA, F. P.; SANTOS, D.; SILVA, I. F.; SILVA, M. L. N. "Tolerância de Perda de Solo por Erosão para o Estado da Paraíba". *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, V. 8 n.2 p.60-71, 2008.
- PARAÍBA (2004). *Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba PERH/PB (1ª Versão)*. João Pessoa: Governo do Estado da Paraíba: SEMARH, PB.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. do S. B. (2005). "Desertificação no Nordeste do Brasil" in *Anais do XXX Simpósio da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, Recife, PE.
- SANTHI, C.; SRINIVASAN, R.; ARNOLD, J. G.; WILLIAMS, J. R. (2006). "A modeling approach to evaluate the impacts of water quality management plans implemented in a watershed in Texas". *Environmental Modelling & Software*, v. 21, pp. 1141-1157.
- SCHUOL, J.; ABBASPOUR, K. C.; YANG, H.; SRINIVASAN, R.; ZEHNDER, A. J. B. (2008). "Modeling blue and green water availability in Africa". *Water Resource Research*, v. 44.
- TAVEIRA, I. M. L. M. (2012). *Avaliação de alternativas de uso do solo através de simulação hidrossedimentológica da bacia representativa de Sumé com o modelo SWAT*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.
- TILMAN, D.; FARGIONE, J.; WOLFF, B.; D'ANTONIO, C.; DOBSON, A.; HOWARTH, R.; SCHINDLER, D.; SCHLESINGER, W.H.; SIMBERLOFF, D.; SWACKHAMER, D. (2001). "Forecasting agriculturally driven global environmental change". *Science*, v. 292, p. 281-284.
- VALERIANO, M. (2004). "Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul", in *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*, São José dos Campos, SP.
- WEI, W.; CHEN, L.; YANG, L.; FU, B.; SUN, R. Spatial scale effects of water erosion dynamics: Complexities, variabilities, and uncertainties. *Chinese Geographical Science*, 22 (2), pp. 127-143, 2012.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. *Agriculture Handbook*, 537. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, 1978. 58p.
- XU, J. X.; YAN, Y. X. Scale effects on specific sediment yield in the Yellow River basin and geomorphological explanations. *Journal of Hydrology*, v. 307, n. 1-4, pp. 219 - 232, 2005.