



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



O Modelo SWAT e suas Possibilidades de Aplicações em APL Agrícolas

Josimar Gurgel Fernandes¹, Josiclêda Domiciano Galvêncio², Maria Betânia Galvão dos Santos Freire³

¹Doutorando em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife - PE, Brasil. E-mail:

josimar.gurgel@ipa.br

²Prof. Doutora, Dep. De Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife - PE, Brasil. E-mail:

josicleda@hotmail.com

³Profa. Doutora, Dep. De Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife - PE, Brasil. E-mail: betania@depa.ufrpe.br

Artigo recebido em 18/04/2012 e aceito em 20/04/2012

RESUMO

A utilização do SWAT pode estar atrelada a vários propósitos segundo os objetivos de cada trabalho desenvolvido com essa ferramenta; uns visam avaliar o comportamento hidrológico, outros procuram quantificar a produção de sedimentos, embasados em diferentes formas de uso e manejo do solo, além de poder ser utilizado para avaliar a propagação de nutrientes, pesticidas e contaminantes. A utilização dessa ferramenta poderia auxiliar imensamente o desenvolvimento de ações em APLs agrícolas, tendo em vista suas funcionalidade e aplicações, conduzindo dessa forma a tomada de decisões mais acertada com relação à problemática de cada arranjo produtivo. O SWAT é um modelo que gradualmente vem ampliando as suas fronteiras no ambiente científico, pois detém um perfil de modelagem que possibilita englobar diferentes componentes hidrológicos e agrônômicos. Perante estudos tão promissores com a utilização do SWAT, esse modelo apresenta-se como um suporte para resultados e fundamentação científica, estimulando discussões e propostas a solução de problemas agrícolas e ambientais.

Palavra-Chave: Meio ambiente; Erosão, Produção Agrícola

The SWAT Model and its Potential Applications in Agricultural APLs

ABSTRACT

The use of SWAT can be linked to various purposes according to the objectives of each work with this tool, one seeks to assess the hydrological behavior, others seek to quantify the sediment yield, based on different forms of land use and management, in addition to be used to evaluate the spread of nutrients, pesticides and contaminants. The use of this tool could help immensely the development of APLs agricultural activities in clusters, in view of its functionality and applications, thus leading to more accurate decision making with respect to the problems of each productive arrangement. SWAT is a model that has been gradually expanding its frontiers in environmental science, as has a profile model that allows different components include hydrological and agricultural. Faced with such promising studies with the use of SWAT, this model presents itself as a support for scientific reasons and results, stimulating discussions and proposals to solve agricultural and environmental problems.

Keyword: Environment, Erosion, Agricultural Production.

1. Referencial teórico

De acordo com Srinivasan & Arnold (1994), O *Soil and Water Assessment Tool*

(SWAT) é um modelo matemático de domínio público desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA, em conjunto com a

* E-mail para correspondência: josimar.gurgel@ipa.br (Fernandes, J. G.).

Universidade A&M do Texas – TAMU. Pode-se destacar do modelo matemático seu parâmetro distribuído (quando as variáveis e parâmetros do modelo dependem do espaço e, ou, do tempo) possibilitando um número de diferentes processos físicos possam ser simulados em bacias hidrográficas com o intuito de analisar os impactos das alterações no uso do solo sobre o escoamento superficial e sub-superficial, sua produção de sedimentos e também a qualidade da água em bacias hidrográficas agrícolas não instrumentadas. O modelo trabalha em escala de tempo diário e é capaz de simular longos períodos, para computar os efeitos das variações de manejo.

Segundo (Lastres & Cassiolato, 2005), Arranjo Produtivo Local (APL) é definido como conjuntos de atores econômicos, políticos e sociais, localizados em um mesmo território, desenvolvendo atividades econômicas correlatas e que apresentam vínculos de produção, interação, cooperação e aprendizagem. Geralmente, os APLs agrícolas originam-se onde houver produção de qualquer bem ou serviço ligados a agricultura, envolvendo atividades e atores relacionados à aquisição de matérias-primas, máquinas e demais insumos, além de outros. Tais arranjos variarão desde aqueles mais rudimentares àqueles mais complexos e articulados.

A formação de arranjos produtivos locais encontra-se geralmente associada a trajetórias históricas de construção de identidades e de formação de vínculos territoriais (regionais e locais), a partir de uma

base social, cultural, política e econômica comum. A ação de políticas, tanto públicas como privadas, pode contribuir para fomentar e estimular (e até mesmo destruir) tais processos históricos de longo prazo (Lastres & Cassiolato, 2005).

2. APL da agricultura familiar no agro-pólo Assu-Mossoró/RN

A formação do arranjo produtivo local na agricultura familiar no agro-pólo Assu-Mossoró (RN) é um bom exemplo de APL agrícola, pois, apresenta evidências teóricas e empíricas acerca da agricultura familiar, suas estratégias e reinserção no espaço rural do Pólo de Desenvolvimento Integrado Assu-Mossoró (RN). Além disso, abrange suas relações no contexto regional em que se insere, a partir de determinado arranjo produtivo local, tendo em vista as transformações e impactos resultantes da globalização (Nunes et al 2006).

Essa é uma atividade relativamente recente, vem da segunda metade da década de 80 estimulada especialmente pela implantação de grandes projetos governamentais de irrigação, que continuamente tiveram na fruticultura irrigada a atividade produtiva que conduziu o principal arranjo produtivo local e colaborou fortemente com o crescimento do produto agrícola regional.

As atividades principais desenvolvidas no Pólo determinam a predominância de um caráter produtivo com forte importância do setor agropecuário, e isso tem destacado a

área do Pólo como um ambiente de irradiação do setor da agricultura irrigada atrelada a agroindústrias processadoras. O Pólo Assu/Mossoró vem se configurando num dos mais importantes espaços de introdução de inovações tecnológicas no estado, e os resultados obtidos, enquanto atividades produtivas têm extrapolado seus limites geográficos e conquistado mercados nacionais e internacionais (Nunes et al 2006).

Esse APL é apresentado como revitalizador da economia do Estado e alçada à condição de “Pólo de Dinamismo” da agropecuária do Nordeste em geral, e do Rio Grande do Norte, em particular, as suas atividades, com ênfase para a fruticultura irrigada, têm sido alvo constante e privilegiado da atenção do poder público, apontado pelo favorecimento e transferência de expressivas somas de incentivos financeiros (Nunes et al 2006). O que continua discutível, contudo, é a dimensão do retorno social, ou os reflexos socioeconômicos, deste esforço no campo da produção agropecuária e agroindustrial para a região que forma o Pólo Assu-Mossoró, tendo em vista que problemas de salinização do solo já se encontram presentes na área, em decorrência do uso inadequado da irrigação.

Essa problemática pode ser investigada com a utilização do SWAT, pois uma das suas grandes vantagens é o seu potencial de simulação mais preciso do processo de escoamento superficial, com forte contribuição das variações espaciais das

principais características do terreno como, clima, solo, vegetação e topografia (Wigmosta et al., 1994).

Alem disso, o modelo propicia uma grande flexibilidade na configuração das áreas de estudo (Peterson & Hamlett, 1988) contribuindo para a previsão das alterações no regime hídrico, qualidade da água, produção de sedimentos e cargas de poluentes em função das alterações no uso e ocupação do solo (Srinivasan & Arnold, 1994).

3. A ferramenta SWAT

O SWAT é baseado em uma estrutura de comandos para propagar o escoamento, sedimentos e agroquímicos através da bacia. Os maiores componentes do modelo incluem hidrologia, sedimentos, nutrientes, temperatura do solo, clima, crescimento de plantas, pesticidas e manejo agrícola (Arnold et al., 1998). O componente hidrológico do modelo inclui sub-rotinas do escoamento superficial, percolação, fluxo lateral sub-superficial, fluxo de retorno do aquífero raso e evapotranspiração. O modelo requer dados diários de precipitação, radiação solar, velocidade do vento, temperaturas (máxima e mínima) do ar e umidade relativa.

A utilização dessa ferramenta poderia auxiliar imensamente o desenvolvimento de ações em APLs agrícolas, tendo em vista suas funcionalidade e aplicações, conduzindo dessa forma a tomada de decisões mais acertada com relação à problemática de cada arranjo produtivo.

O modelo SWAT trabalha com uma fórmula modificada do Método da Curva Número (CN) (USDA, 1972) para calcular o escoamento superficial. O Método da Curva Número relaciona o escoamento superficial ao tipo de solo, uso da terra e práticas de manejo (Arnold et al., 1995). A produção de sedimentos é estimada pela Equação Universal de Perda de Solos Modificada (Modified Universal Soil Loss Equation - MUSLE) (Williams & Berndt, 1977).

A entrada de dados no SWAT é feita através de uma interface apropriada, os planos de informação cartográficos – PI's e dados alfanuméricos. Os PI's necessários são: Modelo Numérico do Terreno (MNT); solos e uso da terra. O MNT pode ser definido como sendo a representação matemática de uma superfície ou feição altimétrica através das coordenadas X, Y e Z. Um aspecto importante na modelagem espacial distribuída é definir o delineamento de sub-bacias e com isso a extração da rede de drenagem a partir dos MNT's. De acordo com Machado (2002), na modelagem hidrológica, o desenvolvimento de técnicas automáticas nas últimas décadas para a definição das propriedades da drenagem em bacias e sub-bacias hidrográficas, possibilitou a substituição gradual das representações cartográficas por MNT, o que facilitou muito a preparação dos dados.

Uma interface foi desenvolvida entre o SWAT e o SIG ArcView®. A interface subdivide automaticamente a bacia em sub-

bacias a partir do MNT, em seguida extrai os dados de entrada a partir dos PI's e do banco de dados relacionados para cada sub-bacia. A interface possibilita que as saídas do modelo sejam exibidas em mapas, gráficos e quadros do ArcView®. Este modelo permite a simulação de processos hidrológicos, a produção e transporte de sedimentos, e o ciclo de pesticidas e nutrientes.

A versão AVSWAT2000, está totalmente integrada ao SIG ArcView®. O software é de domínio público e pode ser acessado na Internet no endereço <http://www.brc.tamus.edu/swat/>.

A nova versão do SWAT incorpora grande parte dos avanços contidos nos modelos anteriores, e tem como objetivo prever o impacto do uso e manejo do solo sobre o ciclo hidrológico, o transporte de sedimento e a qualidade da água em grandes e complexas bacias hidrográficas, considerando longos períodos de tempo.

4. Principais características do SWAT

Como características principais do modelo SWAT, podemos destacar:

- A sua base física, pois congrega equações que descrevem a relação entre as variáveis do sistema. Requer informação específica sobre vegetação, clima, relevo, propriedades do solo e seu uso e manejo. Baseado nessas informações, o SWAT modela os processos físicos associados como o crescimento da vegetação,

movimento da água, movimento de sedimentos, qualidade da água, ciclagem de nutriente, entre outros;

- A segmentação, a bacia hidrográfica pode ser subdividida em sub-bacias de modo a refletir as diferenças de cobertura vegetal, tipo de solo, topografia e uso do solo, sendo possível a subdivisão células, cada célula representando uma sub-bacia;
- Possibilita o uso de dados disponíveis, as funções mais básicas do SWAT podem ser simuladas com um conjunto mínimo de dados disponíveis e de fácil acesso nas agências ou órgãos governamentais;
- É eficiente, pois permite a simulação de bacias em diferentes escalas e uma grande variedade de situações de uso e manejo do solo de forma rápida e eficiente computacionalmente;
- Permite simular longos períodos de forma contínua, sendo que muitos dos problemas relacionados com impactos ambientais só são percebidos quando avaliados por longos períodos de tempo.

5. Previsões de cenários utilizando o SWAT

Para a realização de simulação, o SWAT requer informações espaciais, como o modelo digital do terreno, hidrografia, vazão líquida, séries temporais de precipitação, mapa de solos, mapa de uso e ocupação do solo e de descarga sólida, umidade relativa,

velocidade do vento, temperatura mínima e máxima e dados da radiação solar. Para as informações dos solos, o SWAT requer um banco de dados com múltiplas informações, entre elas podemos destacar o número de camadas do solo e informações por camada de solo, porosidade, condutividade hidráulica saturada, capacidade de água disponível, grupo hidrológico, podendo ser agregada outras informações. O modelo também utiliza um banco de dados relativos ao uso do solo.

A utilização do SWAT pode estar atrelada a vários propósitos segundo os objetivos de cada trabalho desenvolvido com essa ferramenta; uns visam avaliar o comportamento hidrológico, outros procuram quantificar a produção de sedimentos, embasados em diferentes formas de uso e manejo do solo, além de poder ser utilizado para avaliar a propagação de nutrientes, pesticidas e contaminantes.

O SWAT é um modelo que gradualmente vem ampliando as suas fronteiras no ambiente científico, pois detém um perfil de modelagem que possibilita englobar diferentes componentes hidrológicos e agronômicos, tornando-se um modelo versátil para muitas empresas e órgãos públicos na tomada de decisões diante de situações de conflito de uso do solo que resultam em intensos processos erosivos (Vaché et al. 2002; Santhi et al. 2003; Chu et al. 2005).

No Brasil as pesquisas envolvendo a utilização de modelos hidrológicos

distribuídos ainda são limitadas em função do grande número de informações necessárias para descrever a variabilidade espacial e temporal dos sistemas naturais e da inexistência de dados detalhados referentes às variáveis de entrada nos modelos (Pessoa et al. 1997).

Contudo, em estudos realizados no país, Machado (2002) utilizou o modelo para simular o escoamento e a produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica. Baldissera (2005) usou o modelo para simular vazões líquidas mensais na Bacia do Rio Cuiabá. Algumas instituições públicas e privadas também utilizam o SWAT para prognosticar problemas relacionados à erosão e assoreamento, conforme Santos *et al.* (2005)

Machado e Vettorazzi (2003) aplicaram o SWAT para simular a carga de sedimentos produzida pela pequena bacia hidrográfica do Ribeirão dos Martins, na cidade de Piracicaba – SP, nos anos de 1999 e 2000. Os resultados encontrados na simulação da produção de sedimentos foram comparados aos dados observados em um posto hidrossedimentométrico, situado no terço superior da microbacia, usando o Coeficiente de Eficiência de Nash & Sutcliffe (COE) e o desvio dos dados simulados em relação aos observados (Dv). Para as condições da microbacia em estudo, os resultados coletados com a simulação da produção de sedimentos pelo modelo, depois da calibração, foi de 0,83 para o COE, e -3,2%, para o Dv, indicando um bom ajuste dos dados simulados

confrontados aos dados observados.

Machado et al. (2003) e Machado (2002) aplicaram o modelo SWAT na simulação de cenários alternativos de uso da terra em uma microbacia (Ribeirão dos Martins) em Piracicaba no estado de São Paulo, onde dois cenários foram simulados, encontrando-se resultados que validam o modelo. No primeiro cenário, o uso atual foi mantido com uma faixa de mata ciliar contendo 30 m em toda a extensão do talvegue, e de 50 m ao entorno das nascentes, segundo recomenda o Código Florestal, e na segunda simulação, como as pastagens ocupavam 30,9 % da microbacia, nas encostas mais inclinadas, com elevado potencial erosivo, as áreas contendo pastagens foram substituídas com vegetação florestal. As duas simulações foram comparadas com o cenário atual em termos de produção de sedimentos. Os cenários produziram diferentes padrões espaciais da produção de sedimentos com uma redução de 94,0% na produção de sedimentos obtida com a substituição da pastagem por vegetação natural nativa (2º cenário), e uma redução de 10,8 % no 1º cenário.

6. APL do Álcool em Piracicaba/SP

Considerando ainda a região de Piracicaba, podemos descortinar o Arranjo Produtivo Local do Álcool em Piracicaba que está localizado em um importante pólo regional de desenvolvimento industrial e agrícola, situa-se entre as regiões mais

industrializadas e produtivas do país, onde a dinâmica das atividades econômicas é marcada pela forte presença da indústria. A presença da cultura da cana-de-açúcar estimulou a instalação da indústria produtora de máquinas e equipamentos agrícolas, abrindo espaço para o início das atividades metalúrgicas e de metal-mecânica. A implementação do Proalcool, na década de 1970, foi decisiva para promover a especialização dessa indústria na cadeia produtiva do álcool (<http://wiki.advfn.com>)

A potencialidade apresentada pela região e o empenho do Ministério do

Desenvolvimento Indústria e Comércio e da Secretaria Municipal da Indústria e Comércio de Piracicaba, fez com que a região fosse pioneira na implantação de um APL do álcool, e dentre os principais objetivos desse APL podemos destacar o planejamento e organização do setor que passa pelo desenvolvimento de pesquisa e inovação e adoção de novas tecnologias, tais como a utilização do modelo SWAT na tentativa de minimizar as perdas de solo por erosão e com isso diminuir os gastos com fertilizantes e problemas ambientais (<http://wiki.advfn.com>)

Quadro 1. APL do Álcool em Números

10 destilarias;
80 indústrias que geram 10.000 empregos diretos;
06 Institutos ou Centros de Pesquisa e Desenvolvimento e
19 Entidades públicas e privadas.
16,7 milhões de toneladas de cana-de-açúcar colhidas por ano;
502 milhões de litros de etanol produzidos por ano;
1.380 toneladas de açúcar produzidas por ano;
172.900 MW/ano de produção de energia.

Fonte: <http://wiki.advfn.com>

7. Outras utilizações do modelo SWAT

Com relação ao uso do SWAT, Oliveira (1999), com o intuito de avaliar as alterações hidrossedimentológica do Rio de Jones – BA utilizou o SWAT e os resultados coletados, possibilitou avaliar de forma quantitativa os efeitos da alteração no solo devido à retirada da vegetação nativa para o plantio de outras culturas conferindo uma

cobertura diversa ao solo, bem como os efeitos da urbanização e a construção de barragens na bacia hidrográfica e as consequências da alteração na faixa litorânea.

Barsanti et al. (2003), estudou a erosão do solo em duas bacias (uma de grande e outra de pequena escala) na área do pantanal de Mato Grosso do Sul, com cenários de uso do solo projetados para 30 anos substituindo a

vegetação nativa por pastagens e culturas agrícolas. O uso do modelo resultou em excelentes estimativas para o manejo e uso de solo de forma correta.

Segundo Gassman *et al.* (2007), o modelo SWAT vem sendo utilizado de forma contínua após o seu desenvolvimento. Muitas aplicações foram exercidas por agências e órgãos governamentais, principalmente na Europa e nos Estados Unidos, com o intuito de avaliar mudanças climáticas, efeitos do uso do solo sobre os recursos hídricos e averiguar a capacidade do modelo para aplicações futuras.

O escoamento superficial é conhecido como o principal agente de transporte de sedimentos e de poluentes em uma bacia hidrográfica. Desse modo, Van Liew & Garbrecht (2003) procuraram avaliar o comportamento do SWAT na simulação do escoamento superficial em três sub-bacias do sudeste de Oklahoma – EUA, considerando diversas condições climáticas (normal, com deficiência e com excesso hídrico). Os resultados encontrados mostram que com o modelo foi possível simular de forma adequada o escoamento superficial em uma das sub-bacias. Para as outras, foi preciso realizar a calibração para obtenção dos resultados nas condições de clima normal e com deficiência hídrica.

Os processos representados no modelo podem ser resumidos conforme apresentado na Figura 1. Além dos componentes representados neste esquema o modelo possui

ainda um módulo de produção de nutrientes e pesticidas e outro de produção de neve. A estrutura do modelo SWAT engloba componentes relativos à produção de água; produção de sedimento; e propagação no talvegue.

Estudos realizados por Pappagallo *et al.* (2003) encontraram resultados com a qualidade da água compatíveis entre os simulados pelo SWAT e os dados observados na bacia hidrográfica de Celone Creek no sudoeste da Itália. E com isso pode concluir que o modelo é de grande importância para avaliar os impactos do uso do solo e especialmente de poluição difusa.

Isso possibilita a abertura de um vasto campo de pesquisa do desenvolvimento das atividades agrícolas, pecuárias e ambientais, com possibilidades de obtenção de resultados promissores para a ciência.

Em pesquisa realizada por Souza *et al.* (2003) utilizando o modelo SWAT na simulação da concentração total de fósforo em uma bacia hidrográfica na área rural de Darnum na Austrália e sua implicação na produção de clorofila, chegaram a resultados que refletem ao processo de eutrofização acelerada.

Baffaut *et al.* (2003) em comparação entre os resultados obtidos e os simulados com relação a poluição por coliformes fecais lançados de forma dispersa na bacia do Shoal Creek no sudoeste do Missouri – EUA, obteve resultados que dão credibilidade ao SWAT.

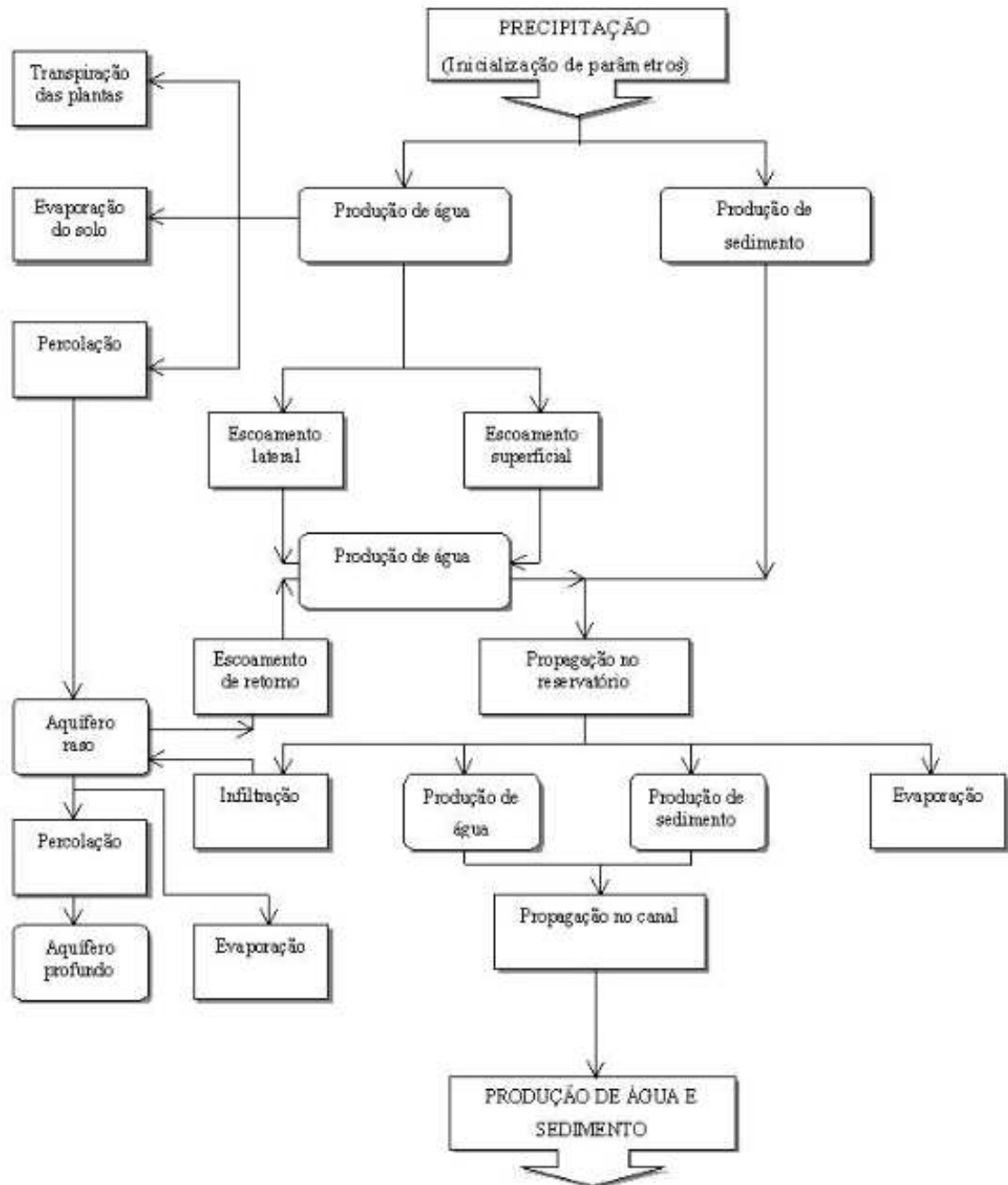


Figura 1. Fluxograma de processamento do modelo SWAT (Adriolo, et al. 2008)

8. Considerações Finais

Perante estudos tão promissores com a utilização do SWAT em diversos locais do mundo, esse modelo apresenta-se como um suporte para resultados e fundamentação científica, estimulando discussões e propostas a solução de problemas ambientais, e desponta como ferramenta de possível utilização em APLs agrícolas.

9. Bibliografia

Adriolo, M. V.; Santos, L.; Gibertoni, R. C.; Camargo, A. S. G. (2008). Calibração do modelo SWAT para a produção e transporte de sedimentos. In SIMPÓSIO SOBRE PEQUENAS E MÉDIAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS, 6. 2008. Belo Horizonte. Anais, Belo Horizonte: Comitê Brasileiro de Barragens. V. 1, p. 1-17.

- Arnold, J. G.; Williams, J. R.; Maidment, D. R. (1995). Continuous-time water and sediment-routing model for large basins. *Journal of Hydraulic engineering*, New York, v. 121, p. 171-183.
- Arnold, J.G.; Snirivasan, R.; Muttiah, R. S.; Williams, J. R. (1998). Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development. *Journal of the American Water Resources Association*, v.34, n.1, p.73-89.
- Baffaut, C.; Arnold, J. G.; Schurmacher, J. S. (2003). Fecal coliform fate and transport simulation with SWAT. 2° International SWAT Conference TWRI Technical Report 266. Baria/Italy.
- Baldissera, G. C. (2005). Aplicabilidade do modelo de simulação hidrológica SWAT (Soil and Water Assessment Tool), para a bacia hidrográfica do rio Cuiabá/MT 11p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra. Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT.
- Barsanti, P.; Disperati, L.; Marri, P.; Mione, A. (2003). Soil erosion evaluation and multi-temporal analysis in two brazilian basins. 2° International SWAT Conference TWRI Technical Report 266. Baria/Italy.
- Benites, E. T.; Mota, J. L. O.; Reynoso, D. S. F. (2000). Aplicación del modelo SWAT em La cuenca “ El tejocote”, Atlacomulco, estado do México. X Congreso Nacional de Irrigación. Simposio 4. Manejo Integral de Cuencas Hidrológicas. Chihuahua, México.
- Chu, V.T.; Shirmohammadi, A.; Mantas, H.; Abbott, L.; Sadeghi, A. (2005). Watershed level BMP ervaluation with SWAT model. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2005. Saint Joseph. (ASAE paper n. 052098)
- Disponível em: <http://wiki.advfn.com>
Consultado em 10 de janeiro de 2012.
- ESTADOS UNIDOS. Soil Conservation Service. (1972). SCS national engineering handbook: section 4. Hydrology. Washington.
- Fohrer, K.; Eckhardt, K.; Haverkamp, S.; Frede, H. G. (1999). Applying the SWAT model as a decision support tool for land use concepts in peripheral regions in Germany. Pages 24-29. 10° International Soil Conservation Organization Meeting. Purdue University and USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory.
- Gassman, P. W.; Reyes, M.; Green, C. H.; Arnold, J. G. (2007). The soil and water assessment tool: historical development applications and future directions. *Transactions of the ASABE*, St. Joseph, v 50, n 1. p. 1211-1250.
- Lastres, H. M. M. & Cassiolato, J. E. (2005). Arranjos Produtivos Locais. Disponível em: <http://redesist.ie.ufrj.br/glossario.php>
Consultado em: 12 de janeiro de 2012.

- Machado, R. E.; Vettorazzi, C. A. (Julho/Agosto. 2003). Simulação da produção de sedimentos para a microbacia hidrológica do Ribeirão dos Martins – SP Revista Brasileira de Ciência do Solo. Vol. 27, n4. Viçosa
- Machado, R. E.; Vettorazzi, C. A.; Xavier, A. C. (Julho/Agosto. 2003). Simulação de cenários alternativos de uso da terra em uma microbacia utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento. 2003. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Vol. 27, n4. p. 727-733. Viçosa.
- Machado, Ronalton Evandro. (2002). Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento. Tese de doutorado (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.
- Mishra, A.; Froebrich, J.; Gassaman, P. W. (2007). Evaluation of the SWAT model for assessing sediment control structures in a small watershed in India. Transactions of the ASABE, St. Joseph, v. 50, n.2, p.169-178.
- Nunes, E. M.; Schneider, S.; Filippi, E. E.; Mello, M. A. (2006). Arranjos Produtivos Locais em espaço do pólo de desenvolvimento integrado Assu-Mossoró (RN). Anais do *XLIV CONGRESSO DA Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural*, Fortaleza.
- Oliveira, M.Q.C. (1999). Impacto de mudanças no uso do solo nas características hidrossedimentológicas da bacia hidrográfica do rio Joanes e sua repercussão na zona costeira. Dissertação (mestrado em Geologia) – Universidade Federal da Bahia – UFBA.
- Pappagallo, G.; Lo Porto, A; Leone, A. (2003) Use of the SWAT model for evaluation of anthropic impacts on water resources quality and availability in the Celone Creek basin (Apulia – Italy) 2° International SWAT Conference TWRI Techical Report 266. Baria/Italy.
- Pessoa, M.C.P.Y.; Luchiari, A. J.; Fernandes, E.N. And Lima, M. A. (1997) Principais modelos matemáticos e simuladores utilizados para análise de impactos ambientais das atividades agrícolas. Jaguariúna, EMBRAPA/CNPMA. 83p. (EMBRAPA - CNPMA, documentos 8).
- Peterson, Jr & Hamlett, Jm. (1998). Hidrologic calibration of the SWAT model in a watershed containing fragipan soils. American Water Research Association. 34:531-544.
- Santhi, C.; Srinivasan, R.; Arnold, J. G.; Williams, J. G. (2003) A modeling approach to evaluate the impacts of water quality management plants implemented in the Big Cypress Creek watershed. In: TOTAL. Maximum Daily Load (TMDL) environmental regulations II: proceedings of

the 8-12 november 2003 conference, Albuquerque, New Mexico. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, p. 381-391 (ASAE Publication, n. 701P1503).

Santos, I.; Andriolo, M. V.; Gibertoni, R. C.; Pereira Filho, D. L. B. (2005). Projeto CGER 036 - Desenvolvimento de modelo de avaliação da qualidade de água e transporte de sedimentos para pequenas e médias centrais hidrelétricas: Modelagem da erosão e transporte de sedimentos. 91. LACTEC – Instituto de tecnologia para o desenvolvimento. Curitiba-PR. Brasil.

Sauza, M. J. M.; White, R. E.; Malcolm, B. (2003). Applying AVS2000 to predict runoff and phosphorus movement from an agricultural catchment to support the modeling of chlorophyll A production. 2° International SWAT Conference TWRI Technical Report 266. Baria/Italy.

Spruill, C. A.; Workman, S. R.; Taraba, J. L. (2000). Simulation of daily and monthly stream discharge from small watersheds using the SWAT model. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v. 13, n. 6, p. 1431-1439.

Srinivasan, R. And Arnold, J. G. (1994). Integration of the basin-scale water quality

model with GIS Water Resources Bulletin, v 30, n03, p. 453-462.

Tripathi, M. P.; Panda, R. K.; Raghuwanshi, N. S. (2003). Identification and prioritisation of critical sub-watersheds for soil conservation management using the SWAT model. Biosystems Engineering, London, v. 85, n.3, p. 365-379.

Vache, K. B.; Eilers, J. M.; Santelmann, M. V. (2002). Water quality modeling of alternative agricultural scenarios in the U.S. Corn Belt. Journal of the American Water Resources Association, Herndon, v. 38, n. 3, p. 773-787.

Van Liew, M. W.; Garbrecht, J. (2003). Hydrologic simulation of the Little Washita River experimental watershed using SWAT. Journal of the American Water Resources Association, Herndon, v. 39, n. 1, p. 977-986.

Wigmosta, M.; Vail, L.W.; Lettenmaier, D. P. (1994). A distributed hydrology-vegetation model for complex terrain. Water Resources Research, 30:1665-1679.

Williams, J. R. & Berndt, H. D. (1977). Sediment yield prediction based on watershed hydrology. *Trans. ASAE* 20(6): 1100-4.