

USO DO MODELO AVSWAT NA AVALIAÇÃO DO APORTE DE NITROGÊNIO (N) E FÓSFORO (P) AOS MANANCIAIS DE UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA CONTENDO ATIVIDADE AVÍCOLA

USE OF THE AVSWAT MODEL IN THE EVALUATION OF THE CONTRIBUTION OF NITROGEN (N) AND PHOSPHORUS (P) TO THE SOURCES OF A WATERSHED CONTENDS POULTRY ACTIVITY

FERNANDO FRACHONE NEVES

Biólogo - Universidade de São Paulo – USP. Bacharel em Direito – Universidade Paulista - UNIP.
Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental – EESC/USP

FERNANDO DAS GRAÇAS BRAGA DA SILVA

Engenheiro Civil – Faculdade de Engenharia Civil de Araraquara. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento – EESC/USP. Pós-Doutorado em Hidráulica e Saneamento – EESC/USP.
Professor Adjunto da Universidade Federal de Itajubá

SILVIO CRESTANA

Físico – Universidade de São Paulo - USP. Mestre e Doutor em Física – IFSC / USP. Pós-Doutorado na Califórnia University. Pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária. Professor Colaborador do PPG- SEA EESC-USP

Recebido: 16/11/05 Aceito: 11/07/06

RESUMO

A utilização de modelos para a quantificação da produção de sedimentos e conseqüente arraste de partículas em bacias hidrográficas é de grande importância para profissionais da área de gerenciamento e planejamento ambiental. Os resultados do modelo podem ser utilizados no diagnóstico da situação e dinâmica de contaminação de uma bacia hidrográfica, servindo como ferramenta fundamental para se tomar medidas de controle e ou preventivas. Os sedimentos gerados pelos processos erosivos podem carrear dejetos animais habitualmente utilizados como fertilizantes, atingindo águas superficiais, pelos fenômenos do escoamento superficial e também águas subterrâneas, pelo fenômeno da lixiviação. Neste contexto, aplicamos o modelo hidrossedimentológico AVSWAT (Arc View Soil and Water Assessment Tool) à Microbacia Hidrográfica do Rio Bonito (Descalvado – SP), com a finalidade de avaliar o aporte de nitrogênio (N) e fósforo (P) aos mananciais. Os resultados mostraram-se promissores de acordo com a avaliação de alguns parâmetros realizada.

PALAVRAS-CHAVE: Modelos de simulação, nitrogênio, fósforo, AVSWAT.

ABSTRACT

The use of models to the quantification of sediments production and consequent particles drag in hydrographic basins is very important to the professionals of the field of environmental management and planning. The model results can be used to diagnosis of situation and a hydrographic basin contamination, serving as a fundamental tool to take control and/or protection measures. The sediments created by erosion processes can drag the animals dejects usually used as fertilizers, reaching the superficial waters through the superficial running out phenomenon as well the table waters through the lixiviation phenomenon. In this context, we apply the hydrosedimentological model AVSWAT (Arc View Soil and Water Assessment Tool) to the Hydrographic Micro-basin of Rio Bonito (Descalvado – SP), aiming to evaluate the nitrogen (N) and phosphorus (P) entry on the springs. The results were promising according to some evaluated parameters.

KEYWORDS: Model simulation, nitrogen, phosphorus, AVSWAT.

INTRODUÇÃO

Segundo Bertolini et al (1993) *apud* Costa e Matos (1997), só no Estado de São Paulo são perdidos, anualmente, devido à erosão, cerca de 194 milhões de toneladas de terras férteis, das quais 48,5 milhões de to-

neladas chegam aos mananciais em forma de sedimentos transportados, causando assoreamento e poluição. Quando a erosão ocorre em uma área cultivada, o solo erodido carrega os nutrientes distribuídos no solo, podendo ser agroquímicos ou dejetos de animais.

Dentre os vários elementos químicos aportados aos corpos d'água, o nitrogênio (N) e o fósforo (P), merecem importante destaque em relação às atividades rurais, notadamente aquelas onde estão presentes atividades de confinamento de animais e o manejo do dejetos gerado, comumente utilizado como

fertilizante agrícola. Estes elementos ganham destaque por participarem diretamente do metabolismo dos ecossistemas aquáticos (Silva et al, 2003). O nitrogênio participa da formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa, e, quando presente em baixas concentrações, pode atuar como fator limitante na produção primária dos ecossistemas aquáticos. O fósforo também atua em processos fundamentais, como armazenamento de energia e estruturação da membrana celular. Na maioria das águas continentais, o fósforo é o principal responsável pela eutrofização desses ecossistemas (Esteves, 1988, *apud* Silva et al, 2004).

A exposição dos dejetos oriundos da avicultura, utilizados como fertilizantes do solo, ao transporte, via escoamento superficial ou lixiviação através do perfil do solo, intensificados por suscetibilidade a processos erosivos, torna-se uma fonte considerável de poluição aos recursos hídricos, sendo importante e de relevante avaliação.

Uma importante ferramenta para a análise e quantificação do problema é o modelo hidrossedimentológico AVSWAT que, dentre inúmeras funcionalidades, simula o transporte de sedimentos e substâncias, como agroquímicos e nutrientes, em decorrência dos processos hidrológicos envolvidos, avaliando os efeitos nocivos causados pela erosão.

Desta forma, objetiva o presente trabalho avaliar os resultados gerados pelo modelo em relação ao aporte de nitrogênio (N) e fósforo (P) aos mananciais da Microbacia Hidrográfica do Rio Bonito (Descalvado – SP).

METODOLOGIA

O modelo hidrossedimentológico AVSWAT (Arc View Soil and Water Assessment Tool)

O modelo hidrossedimentológico AVSWAT é um modelo matemático, desenvolvido em 1996, pelo Agricultural Research Service e pelo Texas A&M University.

O AVSWAT é um modelo matemático de parâmetro distribuído, o qual permite que diferentes processos físicos sejam simulados em bacias hidrográficas com o objetivo de analisar os impactos das alterações no uso do solo sobre o

escoamento superficial e subterrâneo, produção de sedimentos e qualidade de água em bacias hidrográficas agrícolas.

O modelo opera em passo de tempo diário e é capaz de simular longos períodos, para computar os efeitos de diferentes cenários de manejo, baseando-se em uma estrutura de comandos para propagar o escoamento, sedimentos e agroquímicos através da bacia. Os componentes mais importantes do modelo incluem hidrologia, clima, sedimentos, temperatura do solo, crescimento de plantas, nutrientes, pesticidas e manejo agrícola. O componente hidrológico do modelo inclui sub-rotinas do escoamento superficial, percolação, fluxo lateral subsuperficial, fluxo de retorno do aquífero raso e evapotranspiração. O modelo requer dados diários de, por exemplo, precipitação, temperaturas máximas e mínimas do ar, radiação solar e umidade relativa.

Para o propósito da modelagem, o AVSWAT considera a bacia dividida em sub-bacias com base no relevo, solos e uso do solo e, desse modo, preserva os parâmetros espacialmente distribuídos da bacia inteira, bem como suas características homogêneas. O processo comum, para a divisão da bacia em sub-bacias, consiste em especificar a área limite, a qual é a área mínima necessária de drenagem para um ponto, formando um canal (Tribe, 1992). Cada sub-bacia pode ser parametrizada pelo AVSWAT usando uma série de Unidades de Resposta Hidrológica (HRU's) as quais correspondem a uma única combinação de terra e solos dentro da sub-bacia.

As HRU's são partes da sub-bacia que possuem uma única combinação de uso da terra-solo-manejo. Uma ou mais combinações de uso de terra ou solo podem ser criadas para cada sub-bacia.

Um nível de sensibilidade é adotado para eliminar áreas de uso da terra menores do que o valor arbitrado.

A bacia hidrográfica do Rio Bonito (Descalvado -SP) foi dividida em 41 sub-bacias, seguindo os parâmetros (HRU's) definidos pelo modelo.

Rotina de monitoramento do nitrogênio (N) e fósforo (P) do modelo

Para os nutrientes Nitrogênio e Fósforo, o AVSWAT simula o ciclo completo. O modelo considera os

nutrientes dissolvidos na água e os adsorvidos nas partículas de sedimento, os primeiros acompanham o fluxo de água e os segundos são depositados junto aos sedimentos no fundo do canal. O AVSWAT apresenta ainda duas opções: a simulação dos nutrientes sem considerar os processos de transformações ocorridas no rio ou com a consideração de tais transformações.

Em relação à fase terrestre, o Nitrogênio é essencial para o crescimento de plantas. Apresenta-se em três formas no solo: nitrogênio orgânico no húmus, formas minerais presas a colóides e em solução. Pode ser adicionado ao solo por fertilização, fixação por bactérias e chuva, podendo ser removido pelas plantas e por lixiviação, volatilização, desnitrificação e erosão.

O AVSWAT permite fazer simulações de cinco formas do nitrogênio no solo: formas inorgânicas (NH_4^+ e NO_3^-) e formas orgânicas.

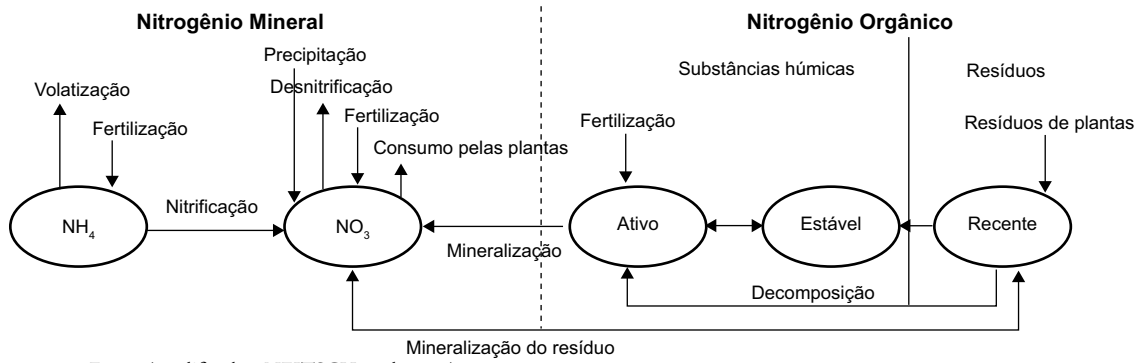
A Figura 1 demonstra esquematicamente os processos simulados pelo modelo no ciclo do nitrogênio

O AVSWAT simula os processos de mineralização, decomposição, imobilização, nitrificação, volatilização da amônia, desnitrificação, nitrogênio devido à chuva, fixação, movimento ascendente do nitrato na água e lixiviação.

Já em relação a outro nutriente de interesse para o estudo, o Fósforo, este apresenta-se como muito importante para a transferência e o armazenamento de energia pelas plantas, havendo três formas em solos minerais: Fósforo orgânico no húmus, formas insolúveis de Fósforo mineral e Fósforo em solução disponível para as plantas. O Fósforo pode ser adicionado ao solo por fertilização e removido pelas plantas e erosão. Combinado com outros íons, forma diversos compostos insolúveis que precipitam e são facilmente transportados pelo escoamento superficial.

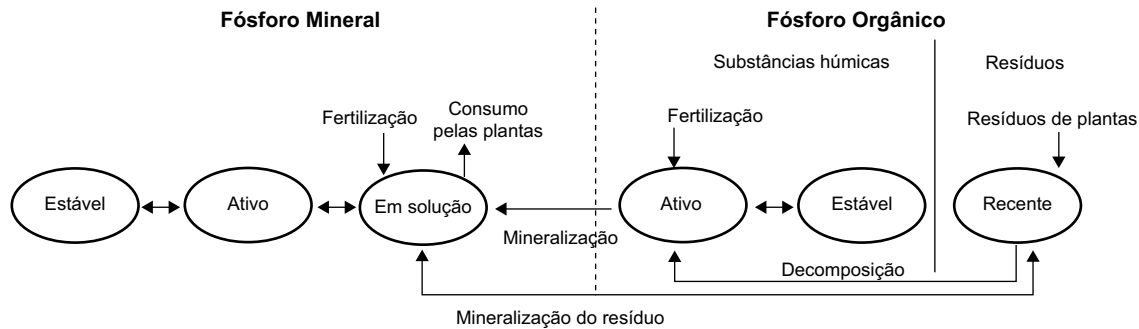
O AVSWAT permite avaliar seis formas do Fósforo no solo: três formas inorgânicas (estável, ativo e em solução) e três formas orgânicas (recente - associada a resíduos de plantas, estável e ativo - associada a substâncias húmicas). A Figura 2 demonstra esquematicamente os processos simulados pelo modelo no ciclo do Fósforo.

O AVSWAT simula os processos de mineralização, decomposição, imobilização, sorção de fósforo inorgânico e lixiviação.



Fonte: (modificado - NEITSCH et al, 2002)

Figura 1 - Formas e processos do Nitrogênio simulados pelo AVSWAT na fase terrestre



Fonte: (modificado - NEITSCH et al, 2002)

Figura 2 - Formas e processos do Fósforo simulados pelo AVSWAT na fase terrestre

Caracterização da área de estudo

A microbacia do Rio Bonito estende-se por uma área de 223 Km² entre os municípios de Descalvado (200 Km²) e Porto Ferreira (23 Km²), região centro-leste do Estado de São Paulo, sendo delimitada pelas coordenadas (em UTM) de 226200 a 244000 e de 7558000 a 7584000. A Figura 3 ilustra a hidrografia da área em estudo.

A Microbacia apresenta uma destacada e intensa atividade avícola, apresentando áreas de grande concentração de granjas (Figura 4) sendo uma das mais importantes produtoras de carnes, ovos e derivados de aves no contexto brasileiro e mundial

Dentre as 41 sub-bacias analisadas, 8 apresentam granjas avícolas inseridas em sua delimitação (Figura 5).

Em relação ao uso e tipos de solos, a Microbacia caracteriza-se conforme demonstrado pelas Figuras 6 e 7.

Cada uma das quarenta e uma sub-bacias da microbacia diferenciam-se em relação ao uso e ocupação do solo, podendo ser evidenciado que, em relação à exploração econômica da área total há predomínio da cana-de-açúcar, laranja e pastagens.

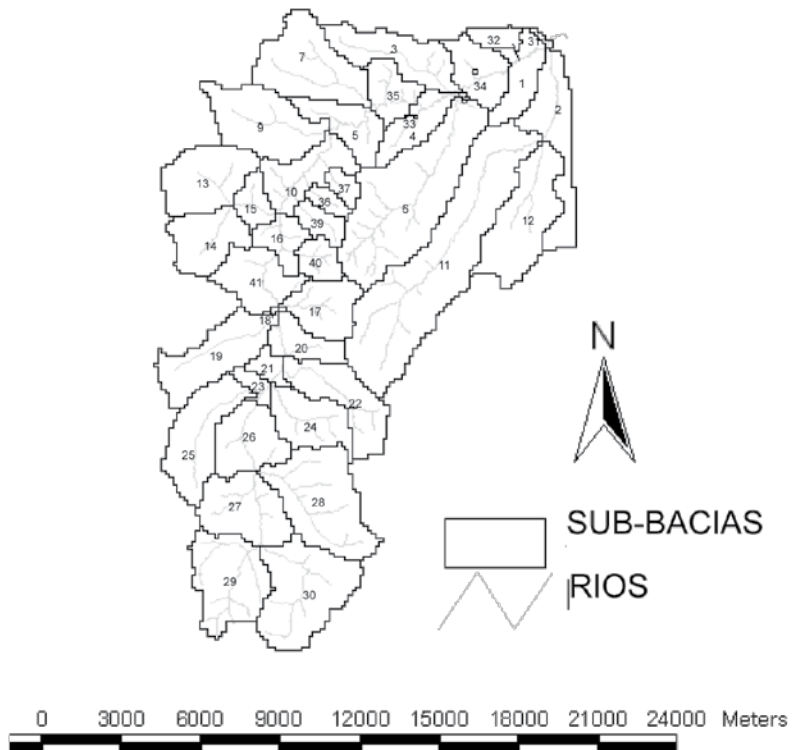


Figura 3 - Hidrografia da Microbacia Hidrográfica do Rio Bonito (Descalvado-SP) e sua divisão em 41 sub-bacias

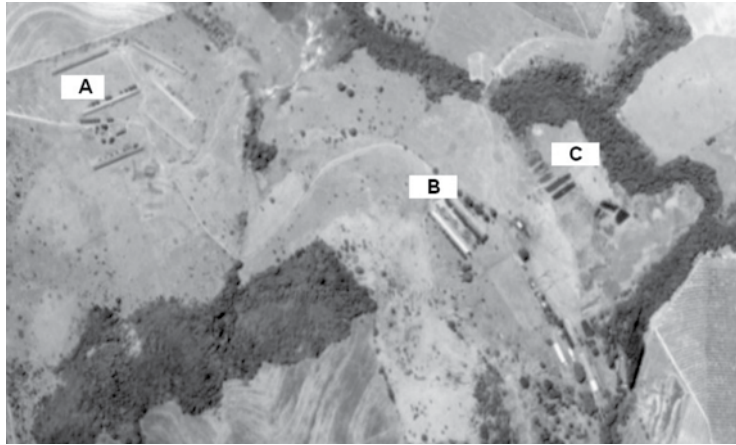


Figura 4 - Foto aérea demonstrando a concentração de granjas na Microbacia. Ponto A: granja de aves; Pontos B e C: granjas de suínos

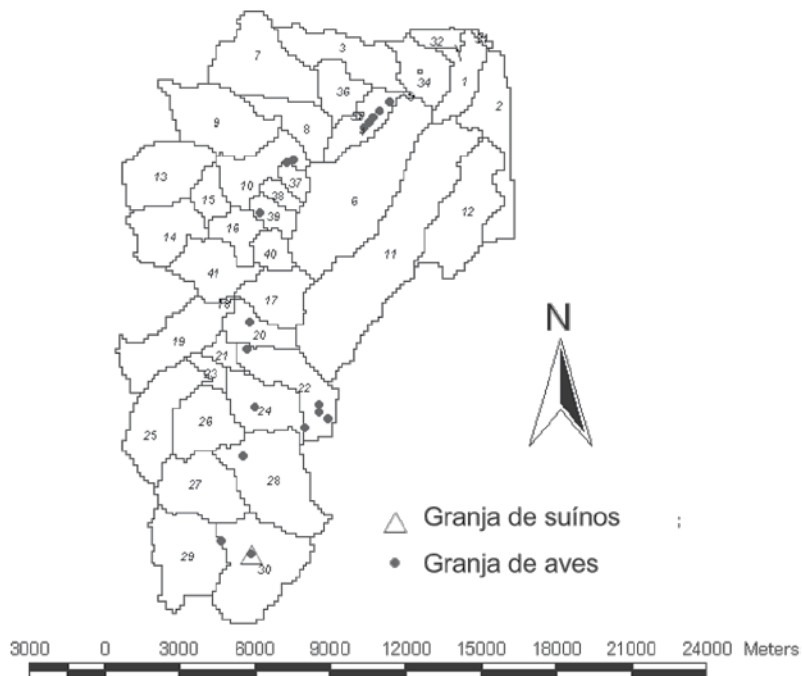


Figura 5 - Subdivisão da MBH Rio Bonito em 41 sub-bacias e localização das granjas

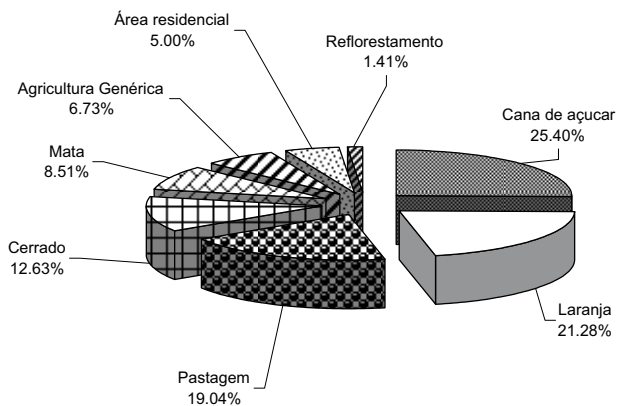


Figura 6 - Caracterização do uso dos solos da Microbacia Hidrográfica do Rio Bonito. Percentual de área de cada uso do solo em relação à área total da microbacia (227769,90 ha)

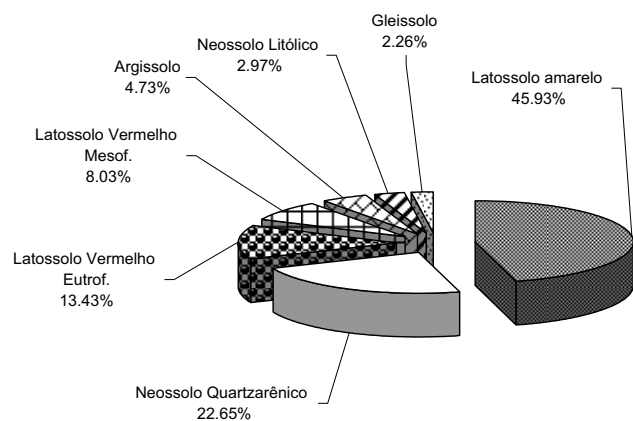


Figura 7 - Caracterização dos tipos solos da Microbacia Hidrográfica do Rio Bonito. Percentual de área de cada tipo de solo em relação à área total da microbacia (227769,90 ha)

Em relação aos tipos de solos da microbacia, há predominância do grupo dos Latossolos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Calibração do modelo e análises estatísticas

Em acordo com diversas referências consultadas Santhi et al (2001) e Machado (2002) e Garrido (2003) e alguns testes de tentativa e erro realizados pelos autores, para calibração do Modelo AVSWAT as variáveis que pareceram mais sensíveis e utilizadas para calibração foram GW_REVAP (coeficiente de água subterrânea revap, manual AVSWAT), ESCO (fator de compensação de evaporação do solo, manual AVSWAT), EPCO (fator de compensação de crescimento da planta, manual AVSWAT), SOL_AWC (capacidade de água disponível em uma camada de solo, manual AVSWAT), SOL_MIN_P (fósforo mineral úmico inicial em uma camada de solo, manual AVSWAT), SOL_ORGN (concentração de nitrogênio orgânico inicial em uma camada de solo, manual AVSWAT) e SOL_ORGP (concentração de fósforo orgânico inicial em uma camada de solo, manual AVSWAT), fatores C e K da Equação Universal de perda de solo, CN (curva número, método SCS, manual AVSWAT), ALPHA_BF (fator alfa de fluxo de base, manual AVSWAT), SOL_Z (profundidade da superfície do solo até o fim de determinada camada, manual AVSWAT), SOL_NO3 (concentração inicial de NO3 em uma camada de solo, manual AVSWAT), sendo estas quatro últimas as mais relevantes para o estudo.

De acordo com Garrido (2003) para avaliar a calibração e a verificação do modelo, podem ser considerados alguns métodos: média do erro absoluto, o coeficiente de determinação R² que indica qual a porcentagem da variação total é explicada pela regressão linear, o coeficiente de Nash Sutcliffe, diferença volumétrica entre as vazões simuladas e observadas. Neste trabalho e de acordo com Machado (2002) foram utilizados os coeficientes de eficiência de Nash e Sutcliffe, COE (Equação 1), e o desvio dos dados simulados em relação aos dados observados D_v (Equação 2); foram utilizados para a comparação dos

parâmetros nitrogênio e fósforo total obtidos na bacia.

$$COE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (E_m - E_s)^2}{\sum_{i=1}^n (E_m - \bar{E})^2} \quad (1)$$

em que E_m é o evento observado; E_s é o evento simulado pelo modelo; \bar{E} é a média do evento observado no período de simulação, e n é o número de eventos.

O desvio é apresentado pela Equação (2):

$$D_v [\%] = \frac{E - E^*}{E} * 100 \quad (2)$$

onde E é o evento observado no período analisado e E* é o evento simulado no período. Esses dois parâmetros foram usados para avaliar o desempenho do modelo.

Os resultados obtidos da simulação da produção de nitrogênio e fósforo foram comparados aos dados obtidos por Fonseca (2002). Os dados estatísticos, incluídos o coeficiente de eficiência (COE) e o desvio dos dados simulados em relação aos dados medidos D_v, foram computados para a simulação, para determinar a eficiência do modelo.

As respostas obtidas pelas simulações mostraram que o modelo teve uma boa estimativa em relação aos dados observados. O COE para o Nitrogênio foi de 0,76 e para o fósforo de 0,74; de modo geral um COE variando de 0,70 a 0,80, indica um bom ajuste (Krysanova et al 1998 citada por Machado, 2002). O D_v ficou entre os valores observados e os simulados foram de -2,8% para o nitrogênio e -2,4% para o fósforo. O valor negativo indica que as produções de nitrogênio e fósforo simuladas superaram o valor total obtido.

Volume nitrogênio (N) e fósforo (P) gerados em função dos dejetos animais

Calculou-se o volume de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) decorrente dos dejetos de aves gerados nas diferentes granjas da microbacia, levando-se em consideração a metodologia proposta por Mitchell Jr et al (1991) apud Palhares (2004).

O modelo AVSWAT considera a entrada de dados de fertilizantes por mês, fato que determinou que os valores finais de nitrogênio (N) e fósforo (P), apresentados pela Tabela 1 fossem divididos por 12 e o resultado representasse a fertilização do solo de maneira homogênea entre os meses do ano.

A adoção dessa metodologia de entrada de dados de nutrientes não influenciou nos resultados de simulação do modelo, uma vez que eles foram parametrizados em valores anuais.

Desta forma, para o propósito da modelagem dos dados de fertilizantes, a entrada dos valores foi realizada por cada HRU em cada sub-bacia onde havia presença de granja, ou seja, o volume total de dejetos gerados nas sub-bacias foi proporcionalmente distribuído em cada HRU desta mesma sub-bacia.

Para satisfação da unidade de entrada requerida pelo modelo (valores de entrada de fertilizantes expressos em quilograma por hectare - Kg/ha), o volume total de nutrientes, para cada sub-bacia, foi dividido pela área de suas respectivas HRUs, resultando-se expressos em Kg/ha.

Em ordem decrescente de grandeza, as sub-bacias que apresentaram

Tabela 1 - Dados de entrada mensais do módulo de fertilizantes do AVSWAT

Sub-bacia	Kg nutriente/mês	
	Fósforo (P)	Nitrogênio (N)
4	259,2	1500,52
10	96	555,75
20	144	833,62
22	412,8	2389,72
24	230,4	1333,8
28	52,8	305,66
30	541,5	2773,94
39	72	416,81
Totalizadores	1808,7	10109,84

maior concentração de nitrogênio (N) e fósforo (P) foram a 4, 22, 20, 24 e 30, 39, 10 e 28, conforme demonstra a Figura 8.

Simulação do aporte de nitrogênio (N) e fósforo (P) para os mananciais

Para o propósito da simulação, foram priorizados análises dos resultados obtidos para os nutrientes nitrogênio (N) e fósforo (P) na fase orgânica, uma vez que estes foram providos pelos dejetos animais "in natura".

Portanto, nos resultados apresentados para os nutrientes, em volume, não estão consideradas as formas mineralizadas resultantes dos processos bioquímicos que sofre a matéria orgânica.

Para análise do efeito da fertilização do solo com dejetos animais, foram simulados os aportes de nutrientes para os mananciais em duas fases: na primeira fase, simulou-se o aporte de nutrientes sem que houvesse sido feita entrada dos dados de dejetos, uma vez que o modelo considera na composição de cada tipo de solo, seus nutrientes característicos e próprios; na segunda fase, simulou-se o aporte de nutrientes para o canal, considerando a fertilização do solo com dejetos animais.

Neste sentido, as Tabelas 2 e 3 evidenciam os resultados médios, em quilograma de nitrogênio (N) e fósforo (P), aportados aos mananciais da microbacia, para o período dos 12 anos de simulações.

Os resultados das simulações demonstraram que o aporte de nitrogênio (N) e fósforo (P), provenientes dos dejetos animais, alcançaram, baseados em análises valores significativos nas sub-bacias 4, 20, 10 e 30 (Figuras 9 e 10).

CONCLUSÕES

A aplicação do modelo AVSWAT à Microbacia Hidrográfica do Rio Bonito (Descalvado – SP), demonstrou, muito satisfatoriamente, que o volume de nutrientes nitrogênio (N) e fósforo (P) que são anualmente aportados aos mananciais da microbacia.

A partir das análises dos resultados, fica demonstrado o risco à poluição dos recursos hídricos pelo aporte de dejetos animais que podem ser carregados por sedimentos em processos erosivos.

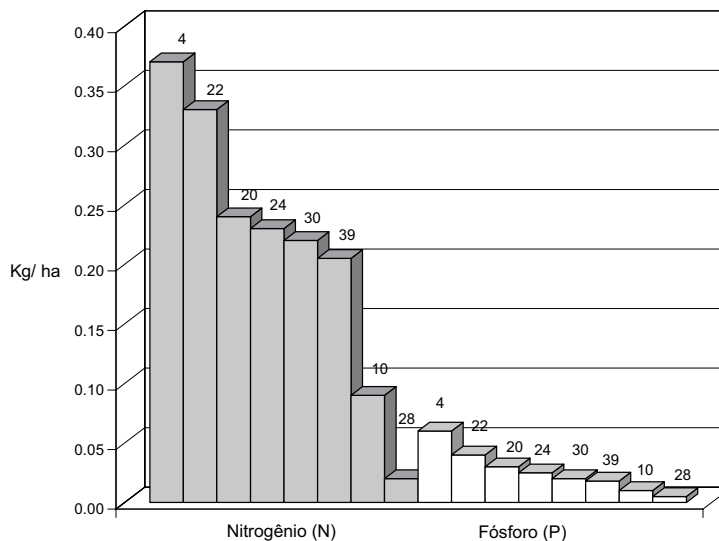


Figura 8 - Concentração de nitrogênio (N) e fósforo (P) em cada sub-bacia que contém granja

Tabela 2 - Resultados médios, em quilograma, de nitrogênio (N) aportado aos mananciais da MBHRB, para o período dos 12 anos de simulações

Sub-bacia	Quantidade de nitrogênio (N) natural na sub-bacia (Kg/ano)*	Quantidade de nitrogênio (N) simulado considerando aporte das granjas (Kg/ano)**	Incremento (N) Kg/ano
4	107800	158063,66	50.263,66
20	50610	100005,23	49.395,23
10	85430	131659,57	46.229,57
30	4875	31922,05	27.047,05
28	3028	6531,42	3.503,42
22	5210	7122,17	1.912,17
39	734,6	2162,42	1.427,82
24	4049	4569,91	520,91

Tabela 3 - Resultados médios, em quilograma, de fósforo (P) aportado aos mananciais da MBHRB, para o período dos 12 anos de simulações

Sub-bacia	Quantidade de fósforo (P) natural na sub-bacia (Kg/ano)*	Quantidade de fósforo (P) simulado considerando aporte das granjas (Kg/ano)**	Incremento (P) Kg/ano
4	17900	41580,06	23680,06
20	8318	31716,12	23398,12
10	14200	36726,55	22526,55
30	853	14019,93	13166,93
28	508	1652,69	1144,69
22	8434	1900,52	1057,12
24	6593	1165,59	506,29
39	734,6	478,85	331,75

*Nitrogênio (N)/Fósforo (P) no solo (Kg): valores simulados considerando o carreamento dos nutrientes presentes naturalmente no solo, que chegam aos mananciais por escoamento superficial. Não está considerada a fertilização com dejetos animais.

**Nitrogênio (N)/Fósforo (P) total (Kg): valores simulados considerando o somatório dos nutrientes presentes naturalmente no solo com os nutrientes provenientes da fertilização por dejetos animais.

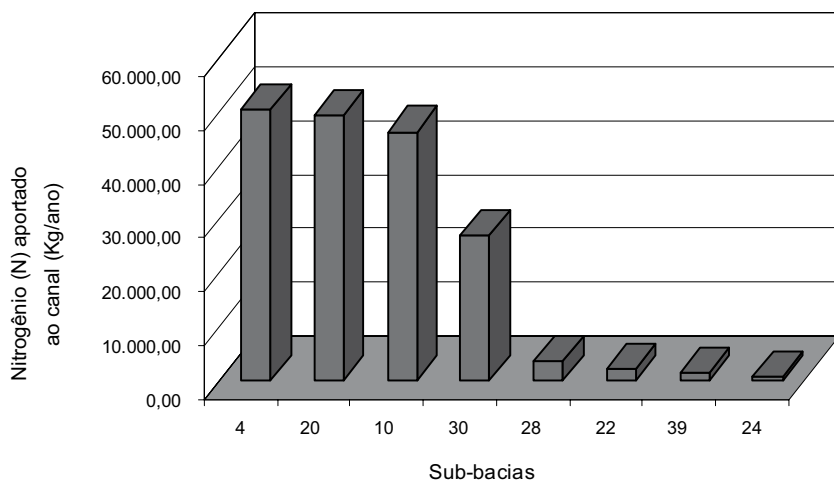


Figura 9 - Aporte de nitrogênio (N) para o canal da sub-bacia correspondente em quilogramas por ano

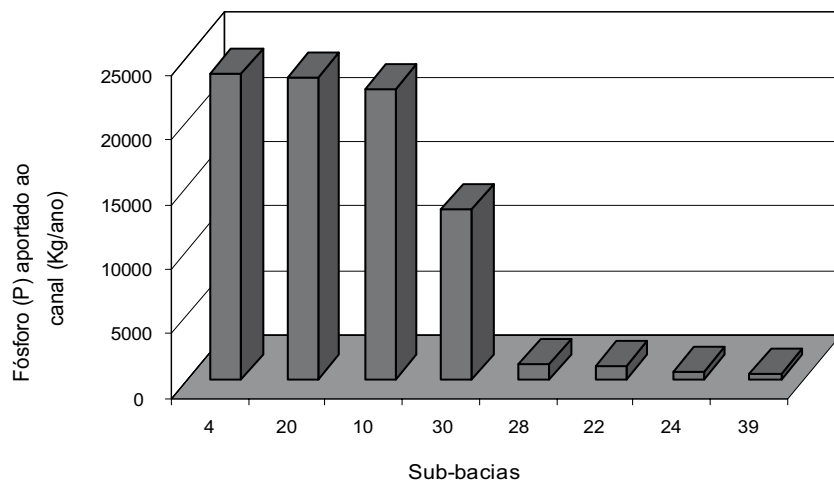


Figura 10 - Aporte de fósforo (P) para o canal da sub-bacia correspondente em quilogramas por ano

Sub-bacias com maior potencial erosivo, gerando maior carga de sedimentos, são mais preocupantes do ponto de vista do aporte de dejetos animais para os mananciais.

Os resultados foram obtidos em termos de perda de solo em processos erosivos. Apesar de não existirem estudos de campo anteriores, para validação dos resultados, avaliou-se que, para um primeiro estudo nesta microbacia, estes demonstraram-se coerentes, baseados em índices de tolerância de perda de solo, relatados na literatura, e em função das características de solos, coberturas e declividades das sub-bacias, além de algumas simulações preliminares da Equação de Universal de Perda de Solo (USLE) realizadas por Silva et al (2006).

Fica demonstrada a grande potencialidade da modelagem hidrosedimentológica em obter uma melhor compreensão dos fenômenos ocorrentes

em uma bacia hidrográfica. Recomenda-se em novos trabalhos a busca e ou aquisição de um maior quantidade de dados de qualidade da água para se calibrar, validar e testar o modelo.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos são feitos ao CNPq pela bolsa concedida ao primeiro autor, a CAPES pela bolsa PRODOC 03/02-6 (PPG-SEA-USP) concedida ao segundo autor; a Embrapa Instrumentação Agropecuária e a Embrapa Pecuária Sudeste.

REFERÊNCIAS

COSTA, L.M.; MATOS, A.T. *Impactos da Erosão do solo em recursos hídricos*. In: SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F. (eds.), Programa de Suporte Técnico à Gestão de Recursos Hídricos. Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável da Agricultura. Brasília, p. 173-189. 1997.

CRESTANA, S. *Harmonia e Respeito Entre Homens e Natureza: Uma Questão de Vida – A Contribuição da Agricultura*. In: CASTELLANO, E.G.; CHAUDHRY, F.H. (eds.), Desenvolvimento Sustentado: Problemas e Estratégias. São Carlos. EESC-USP. Cap.9, p. 169-180. 2000.

GARRIDO, J. M. *Aplicação de modelo matemático de simulação com utilização de SIG à bacia do Rio Jiquiriçá – Bahia*. Dissertação de Mestrado submetida ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. Brasília (DF). 2003.

MACHADO, R. E. *Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento*. Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba (SP). 2002.

NEITSCH, S. L. et al. *Soil and Water Assessment Tool. Theoretical Documentation*. Version 2000. Agricultural Research Service /Texas Agricultural Experiment Station, Texas, E.U.A. 2002.

PALHARES, J. C. P. *Cama de aviário: possibilidades de utilização*. In: EMBRAPA SUÍNOS E AVES. Artigo técnico. 2004.

TRIBE, A. *Automated recognition of valley lines and drainage networks from digital elevation models: a review and a new method*. Journal of Hydrology, v.139, p.263-293. 1992.

SANTHI, C. et al. *Validation of the SWAT modelo on a large river basin with point na nonpoint sources*. Journal of the American Water Resources Association. 37 (5), 1169-1188. 2001.

SILVA, F. G. B.; CRESTANA, S. *Modelos e formulações para análise de erosão de solos em bacias hidrográficas voltados ao planejamento ambiental: revisão e aplicações preliminares*. Vol 3 da Série Ciências da Engenharia Ambiental, Rima. 2004.

SILVA, F. G. B.; NEVES, F.F.; CRESTANA, S. *Geoprocessamento e uso da USLE2D para simulação da perda de solo na Região de Descalvado-S.P*. Artigo a ser submetido a Revista da Sociedade Brasileira de Ciência do solo SBCS.

Endereço para correspondência:

Fernando das Graças Braga da Silva
Instituto de Recursos Naturais
Universidade Federal de Itajubá
Campus Prof. José Rodrigues Seabra
Av. BPS nº 1303 - Pinheirinho
37500-903 Itajubá – MG - Brasil
Tel.: (35) 3629-1485
Fax:(35) 3629-1265
Email: fernandobraga@unifei.edu.br