

MODELAGEM DO CARREAMENTO SUPERFICIAL DE AGROTÓXICOS E COMPARAÇÃO COM DADOS EXPERIMENTAIS

SPADOTTO, C. A.1; AMORIM, R.S.S.2; DORES, E. F. G. C.3

1Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna (SP), spadotto@cpma.embrapa.br;

2 UFMT, Cuiabá (MT), rsamorim@cpd.ufmt.br;

3 UFMT, Cuiabá (MT), eliana@cpd.ufmt.br

RESUMO: Dados obtidos a campo e em laboratório, além das estimativas das perdas de solo e de água, foram usados para propor e testar um modelo matemático de carreamento superficial de agrotóxicos, tanto adsorvidos às partículas do solo carreado como em solução na água escoada. Para determinar a quantidade dos agrotóxicos transportados em condições de campo, foram levantados o volume de água escoada e a massa de solo transportado, em dois Latossolos em uma mesma vertente. Foram também estimadas as perdas de solo e água através da aplicação do modelo WEPP versão Hillslope. O modelo proposto apresentou uma tendência geral de superestimar as quantidades de agrotóxicos transportados superficialmente juntamente com o solo carreado, sendo esta superestimativa mais acentuada quando se utiliza o modelo WEPP para estimar as perdas de solo. As previsões do modelo são mais próximas do observado para agrotóxicos com coeficiente de sorção (K_d) entre 10 e 30 mL/g, no entanto, para produtos com K_d muito baixo (3,1 mL/g), o modelo superestima em muito a sua perda adsorvido ao solo carreado. Isto mostra a necessidade de esforço extra no teste e ajuste do modelo e as estimativas inicialmente para cada evento e, na seqüência, para todo o período considerado, podem resultar em melhores previsões. O trabalho de desenvolvimento da parte do modelo que estima a perda de agrotóxicos em solução na água de escoamento superficial não apresentou resultados consistentes, e modificações na sua concepção serão implementadas visando melhorar seu desempenho.

PALAVRAS-CHAVE: carreamento superficial, agrotóxico, solo, modelo matemático.

INTRODUÇÃO:

A presença de agrotóxicos tem sido relatada em águas superficiais, subterrâneas e em água de chuva (Buser, 1990). O carreamento superficial, quando ocorre em poucos dias após a aplicação do agrotóxico, remove em torno de 1% da quantidade presente no solo (Wauchope, 1996), sendo que picos de concentrações em águas superficiais são registrados logo após eventos de chuva de alta intensidade (Watts et al., 2000). Carter (2000) encontrou, para a classe de herbicidas, perdas com relação à quantidade aplicada de menos de 0,001% até 0,25% por carreamento superficial.

Nesse trabalho, um modelo matemático de carreamento superficial de agrotóxicos, tanto adsorvidos às partículas do solo carreado como em solução na água escoada, é proposto e testado em comparação com dados experimentais.

MATERIAL E MÉTODOS:

Coleta de amostras de sedimento e água de escoamento superficial e de solo carreado

Para avaliação da quantidade dos agrotóxicos transportados por carreamento superficial em condições de campo foram delimitadas 6 parcelas experimentais dispostas na vertente, acompanhando a curva de nível, alinhados três a três visando situá-los em dois solos diferentes. No limite inferior de cada parcela foi instalado um coletor de água de escoamento superficial, para coletar a água escoada e o solo carreado em suspensão, para em seguida serem determinados o volume de água escoada e a massa de solo transportado em cada coleta, sendo também analisados nestas amostras resíduos dos agrotóxicos aplicados.

Estimativa das perdas de solo e de água

As estimativas das perdas de solo e de água foram realizadas pela aplicação do modelo WEPP versão Hillslope. Para aplicação do WEPP foi necessária a elaboração de arquivos de clima, de solo, de manejo e uso do solo e topográfico, os quais são baseados em registros de dados locais. Todos esses arquivos foram colocados no formato específico do software WEPP for Windows versão 95/98/NT Beta 3.0.

Os arquivos de uso e manejo do solo com as informações referentes ao crescimento de plantas, condições iniciais, decomposição de resíduos e práticas de manejo do solo foram montados com base nas informações disponíveis e na base de dados disponível no WEPP. As informações referentes às datas, às seqüências e aos tipos de cultivos foram incorporadas aos arquivos de acordo com o manejo adotado nas parcelas experimentais. A base de dados de cultivo e manejo do solo, inclusa no WEPP, foi selecionada de maneira que melhor representasse as práticas de cultivo e manejo adotadas nas parcelas experimentais.

O arquivo de dados climáticos diários para entrada no modelo WEPP foi gerado com auxílio do programa CLIGEN, versão 4.3. Os parâmetros estatísticos média e desvio padrão da precipitação, coeficiente de assimetria da precipitação total diária, probabilidades mensais de ocorrência de dias com chuva após dias com chuva e de ocorrência de dias sem chuva após dias com chuva, média e desvio padrão das temperaturas máxima e mínima mensal, média e desvio padrão da radiação solar mensal e média mensal da temperatura do ponto de orvalho foram obtidos a partir de dados climáticos coletados em estações climatológicas existentes na cidade de Primavera do Leste - MT.

As probabilidades de ocorrência de dias com chuva seguidos de dia com chuva e de dias com chuva seguidos de dia sem chuva para cada mês foram estimadas a partir do número de dias chuvosos (NW) e não chuvoso (ND) do mês, do número de dias chuvosos após dias sem chuva (NWD) e do número de dias chuvosos após dia com chuva (NWW), utilizando-se as equações 1 e 2 propostas por NICKS et al. (1995).

$P(W/W) = \frac{NWW}{NW}$	(1)
$P(W/D) = \frac{NWD}{ND}$	(2)

em que

P(W/W)	=	probabilidade mensal da ocorrência de dia com chuva após dias com chuva, decimal;
NWW	=	número de dias chuvosos após dia com chuva, dias;
NW	=	número de dias chuvosos, dias;
P(W/D)	=	probabilidade mensal da ocorrência de dia com chuva após dias sem chuva, decimal;
NWD	=	número de dias chuvosos após dia sem chuva, dias; e
ND	=	número de dias sem chuva, dias.

Para a estimativa da radiação solar utilizou-se a metodologia recomendada pelo FAO para estimativa do saldo de radiação, sendo utilizadas as equações 3 e 4 para estimativa da declinação solar e da radiação solar incidente, respectivamente. A temperatura no ponto de orvalho foi calculada utilizando os dados de temperatura e umidade relativa.

$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N} \right) R_a$	(4)
--	-----

em que

d	= declinação solar, rad; e
J	= Número do dia Juliano.
$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N} \right) R_a$	(5)

em que

Rs	= Radiação solar incidente na superfície terrestre, Langleys;
as	= fração da radiação no topo da atmosfera para dias nublados;
bs	= fração da radiação no topo da atmosfera para dias claros;
n	= número de horas de brilho solar por dia, h;
N	= número máximo de horas de brilho solar do dia, h; e
Ra	= radiação no topo da atmosfera, Langleys.

Os dados referentes à média mensal da intensidade de precipitação máxima em 30 minutos, ao tempo decorrido entre o início do evento até o momento em que ocorreu a intensidade máxima, à precipitação máxima em 30 minutos e à precipitação máxima em seis horas, foram obtidos por meio de estudo realizado por Baena (2004).

Estimativa de carregamento superficial de agrotóxicos

Dados obtidos a campo e em laboratório, assim como as estimativas das perdas de solo e de água, foram usados para

desenvolver um modelo matemático de carregamento superficial de agrotóxicos, tanto adsorvidos às partículas do solo carregado como em solução na água escoada. Assim, como base para os cálculos da massa de cada agrotóxico, foram consideradas as quantidades, observada a campo e estimada pelo modelo WEPP, do solo transportado e do volume de água de escoamento superficial. O modelo proposto e inicialmente testado leva também em conta a partição de cada agrotóxico nas camadas mais superficiais dos solos.

Resultados e Discussão:

As estimativas das quantidades dos agrotóxicos transportados superficialmente juntamente com o solo carregado estão na Figura 1, onde podem ser comparados com os dados médios observados nas parcelas a campo, para cada solo.

Os valores estimados a partir dos dados de perda de solo obtidos a campo (Estimado A) mostram-se mais próximos dos resultados das análises das amostras coletadas nas parcelas (Observado), mostrando que as estimativas da perda de solo pelo modelo WEPP levaria a um erro maior na previsão das quantidades de agrotóxicos perdidos. Note-se que o modelo proposto apresenta uma tendência geral de superestimar as quantidades de agrotóxicos transportados, sendo isso mais acentuado quando se utiliza o modelo WEPP para estimar as perdas de solo (Estimado B).

As performances do modelo diferiram entre os agrotóxicos considerados. As previsões do modelo são mais próximas do observado para o diuron, com coeficiente de sorção (Kd) de 14,3 mL/g. Para o metolaclor, com Kd muito baixo (3,1 mL/g), o modelo superestima em muito a sua perda adsorvido ao solo carregado, talvez porque o modelo não considera adequadamente as perdas concomitantes por lixiviação de compostos pouco adsorvidos e mais solúveis. Por outro lado, para o clorpirifós, com valor mais alto de Kd (45,2 mL/g), as estimativas também estão acima do observado. Para o carbendazim, as estimativas a partir das perdas de solo observadas (Estimado A) subestimaram as quantidades do agrotóxico. Isso mostra a necessidade de esforço extra na parametrização do modelo. Deve-se salientar que a primeira chuva ocorreu 25 dias após a aplicação dos agrotóxicos. As estimativas para cada evento e, subseqüentemente, para todo o período considerado, podem resultar em melhores previsões. Neste contexto seria recomendável se levar em conta à degradação de cada agrotóxico.

O trabalho de desenvolvimento da parte do modelo que estima a perda de agrotóxicos em solução na água de escoamento superficial não apresentou resultados consistentes, e modificações na sua concepção serão implementadas visando melhorar seu desempenho.

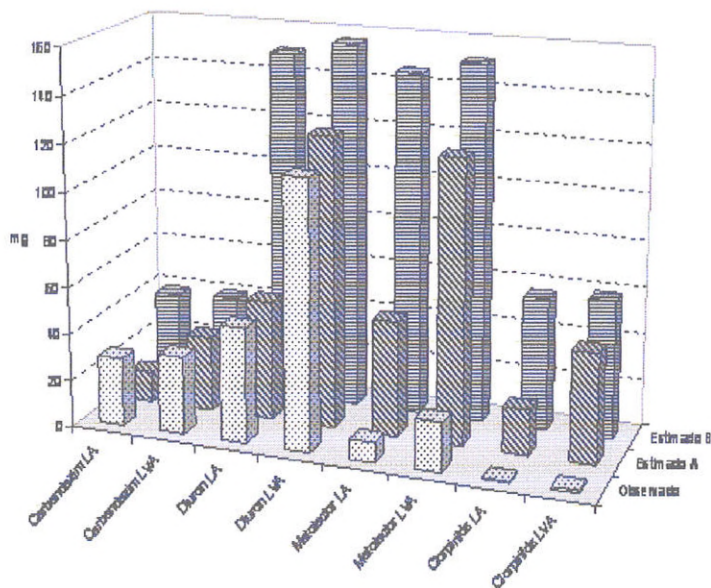


Figura 1 – Dados observados e estimados das quantidades de agrotóxicos carregados com solo. “Estimado A”: calculado a partir de dados médios observados de perda de solo a campo; “Estimado B”: a partir de dados estimados de perda de solo obtidos com o modelo WEPP.

CONCLUSÕES:

O modelo proposto apresentou uma tendência geral de superestimar as quantidades de agrotóxicos transportados superficialmente juntamente com o solo carregado, sendo isso mais acentuado quando se utiliza o modelo WEPP para estimar as perdas de solo. As previsões do modelo são mais próximas do observado para agrotóxicos com coeficiente de sorção (Kd) entre 10 e

30 mL/g.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BAENA, L.G.N., **Modelo para geração de séries sintéticas de dados climáticos.** Viçosa, MG: UFV, 2004. 154p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 2004.

Buser, H. R. Atrazine and other s-triazine herbicides in lakes and in rain in Switzerland. **Environ. Sci. Technol.**, 24:1049-1058, 1990.

Carter, A.D. Herbicide movement in soils: principles, pathways and processes. **Weed Research**, 40:113-122, 2000.

NICKS, A. D., LANE, L. J. e GANDER, G. A. Weather generator. In: USDA. **Water erosion prediction project – WEPP**. West Lafayette, 1995. Paginação irregular. (Technical documentation, NSERL, Report n. 10).

Watts, D.W.; Novak, J.M.; Johnson, M.H.; Stone, K.C. Storm flow export of metolaclor from a coastal plain watershed. **J. Environ. Sci. Health, Part B**, 35:175-186, 2000.

Wauchope, R.D. Pesticides in runoff: measurement, modeling, and mitigation. **J. Environ. Sci. Helath, Part B**, v. 31, p. 337-344, 1996.