

IV SEMINÁRIO DA  
REDE AGROHIDRO

# Água e Agricultura:

*incertezas e  
desafios para a  
sustentabilidade  
frente às  
mudanças do  
clima e do uso  
da terra*

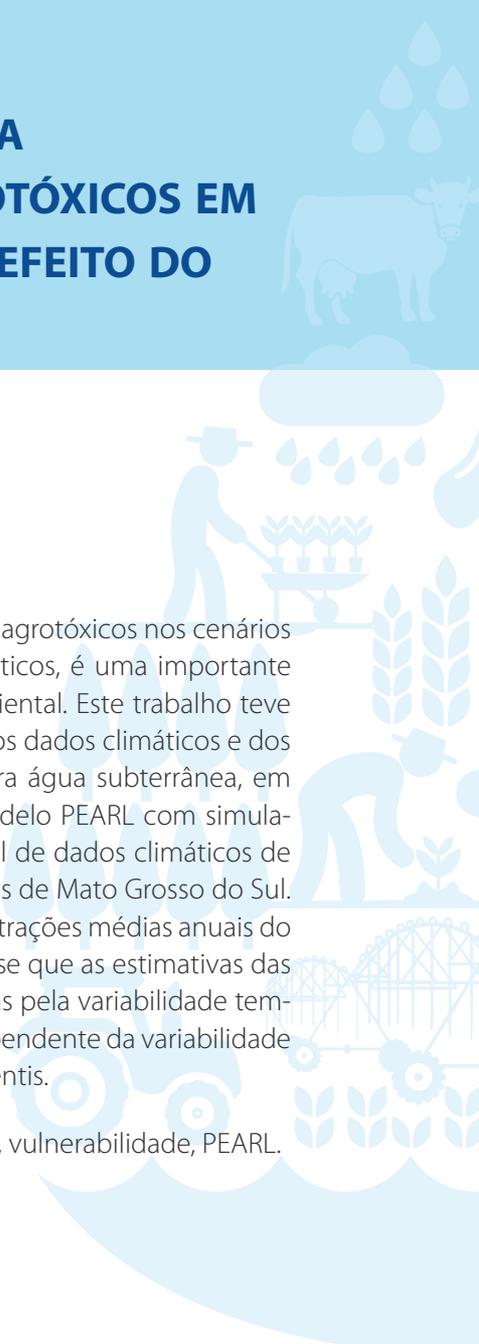
**ANAIS**

*Lineu Neiva Rodrigues  
Maria Fernanda Moura  
Raimundo Cosme de Oliveira Junior*  
Editores Técnicos

**Embrapa**



# AVALIAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA POR AGROTÓXICOS EM MATO GROSSO DO SUL: EFEITO DO CLIMA E SOLO



**RÔMULO PENNA SCORZA JÚNIOR;**  
**FÁBIO HENRIQUE CANESIN SIVIERI;**  
**FÁBIO AUGUSTO DE SOUZA SEABRA**

## RESUMO

O procedimento de estimar concentrações de agrotóxicos nos cenários de exposição, por meio de modelos matemáticos, é uma importante etapa no processo de avaliação do risco ambiental. Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da variabilidade dos dados climáticos e dos solos em possíveis cenários de exposição para água subterrânea, em Mato Grosso do Sul. Para tal, utilizou-se o modelo PEARL com simulações de três cenários com uma série temporal de dados climáticos de 35 anos para três tipos de solos representativos de Mato Grosso do Sul. Avaliou-se, além do balanço hídrico, as concentrações médias anuais do agrotóxico a 5 m de profundidade. Observou-se que as estimativas das concentrações médias anuais são influenciadas pela variabilidade temporal dos dados climáticos, que pode ser independente da variabilidade do solo para determinados intervalos de percentis.

Termos para indexação: cenários de exposição, vulnerabilidade, PEARL.



# **RISK ASSESSMENT OF GROUNDWATER CONTAMINATION BY PESTICIDES IN MATO GROSSO DO SUL STATE: WEATHER AND SOIL EFFECTS**

## **ABSTRACT**



*The procedure to estimate pesticide concentrations in exposure scenarios using mathematical models is an important step in the process of environmental risk assessment. This work had the aim to assess the effect of weather and soil variability in the possible groundwater exposure scenarios in Mato Grosso do Sul State. To do so, we used PEARL model and simulation with three scenarios composed by a 35-year temporal series of weather data and three soil types of Mato Grosso do Sul State. Besides the water balance, we also evaluated the annual average concentrations of the pesticide at 5 m depth. We observed that estimates of the annual average concentrations are influenced by temporal variability of weather data but can be independent of the soil variability for some percentile ranges.*

*Index terms: exposure scenario, vulnerability, PEARL.*

## **INTRODUÇÃO**

A avaliação da exposição dos recursos hídricos a agrotóxicos é uma importante etapa do processo de Avaliação do Risco Ambiental (ARA). Para tal, modelos matemáticos e/ou simuladores são utilizados para gerar as estimativas das concentrações no ambiente, por meio do uso de cenários de exposição de “pior caso”. No Brasil, a ARA de agrotóxicos ainda está em fase de implementação pelas autoridades brasileiras. No entanto, esta implementação necessitará da elaboração de cenários de exposição, onde a variabilidade do clima e do solo devem ser conhecidas para garantir que os critérios de vulnerabilidade sejam atendidos plenamente como, por exemplo, a vulnerabilidade total (do solo e clima) superior ao 80 percentil. Na prática, isso quer dizer que para uma determinada zona ou região, o cenário de exposição onde as decisões foram tomadas deve garantir uso seguro em 80% dos locais (variabilidade do solo) e do tempo (variabilidade dos dados climáticos). Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da variabilidade dos dados climáticos e de três tipos de solos em possíveis cenários de exposição para água subterrânea em Mato Grosso do Sul.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

As simulações da lixiviação dos agrotóxicos nos diferentes cenários foram realizadas utilizando-se o modelo unidimensional PEARL (BERG et al., 2016), que utiliza a equação de convecção-dispersão para transporte dos agrotóxicos, partição por Freundlich e cinética de primeira ordem para a degradação. Para simular o fluxo de água no solo, utiliza-se o modelo SWAP (DAM et al., 2008). Para a construção dos três cenários, denominados de A, B e C, utilizou-se uma série temporal de dados climáticos de 35 anos (1/1/1980 a 31/12/2014), obtida na Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste de Dourados, MS. Em cada cenário (A, B e C), utilizou-se solos com perfis de 5 m, representativos do estado de Mato Grosso do Sul, como segue: Latossolo Vermelho distroférico típico de textura argilosa para Cenário A, Latossolo Vermelho distrófico

típico de textura média para o Cenário B e Neossolo Quartzarênico Órtico típico para o Cenário C. Os atributos químicos e físicos, bem como as curvas de retenção de água e de condutividade hidráulica no solo estão descritas em Scorza Júnior e Silva (2007). Considerou-se apenas a simulação de um agrotóxico com características de média persistência (meia-vida de 60 dias) e de baixa sorção ( $K_{OC} = 103 \text{ L kg}^{-1}$ ), sendo realizadas três aplicações ( $1 \text{ kg ha}^{-1}$ ) anuais, diretamente ao solo (10/01; 10/02 e 10/11), e repetidas durante os 35 anos da simulação. Não foi considerada a presença de culturas nas simulações. Para análise dos resultados, considerou-se, além do balanço hídrico anual, as concentrações médias anuais do agrotóxico, a 5 m de profundidade, para um intervalo de 29 anos (1986 a 2014).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No período de simulação considerado (29 anos) e cenário A, a precipitação acumulada variou de 1.063 mm a 1.725 mm e a recarga anual a 5 m de 584 mm a 1.132 mm (Tabela 1). Já a concentração média anual do agrotóxico (CMA) a 5 m variou de 0,15 a  $1,92 \mu\text{g L}^{-1}$ . Não houve correspondência entre os anos de maior precipitação e de recarga anual para os valores da CMA. Além da dinâmica do fluxo de água no solo, outros processos interferem na lixiviação dos agrotóxicos como, por exemplo, a partição entre fase sólida e líquida, degradação, intervalo da aplicação e ocorrência das primeiras chuvas (VANDERBORGHT et al., 2011). O valor correspondente ao 80 percentil da CMA é de  $1,41 \mu\text{g L}^{-1}$  (Figura 1), e somente em seis anos (1988, 1989, 1990, 1998, 2003 e 2004) os valores das CMA foram superiores a  $1,41 \mu\text{g L}^{-1}$ . É importante salientar que este 80 percentil de CMA corresponde ao critério de vulnerabilidade temporal dos dados climáticos, ou seja, assume-se um risco da CMA ser superior a  $1,41 \mu\text{g L}^{-1}$  em 20% dos anos. Para assumir uma vulnerabilidade total de 80 percentil, por exemplo, há necessidade de considerar outros fatores como a variabilidade dos tipos de solos (ALPHEN; STOORVOGEL, 2002). A distribuição de probabilidade acumulada das estimativas das CMA para três diferentes tipos de solos (Cenários A, B e C), considerando

a mesma série de dados climáticos (29 anos), é apresentada na Figura 2. De maneira geral, observa-se que para valores de CMA superiores a 20 percentil, o incremento das probabilidades é semelhante nos três tipos de solos, embora os valores absolutos de CMA sejam diferentes. Isso indica que o efeito da variabilidade dos dados climáticos e dos tipos de solos foram independentes para os cenários considerados e CMA superiores a 20 percentil. As diferenças nos incrementos das probabilidades para CMA inferiores a 20 percentil (Figura 2) e, portanto, na forma das curvas, podem ter sido causadas por um curto período de “warm up” das simulações, considerado pelos seis anos iniciais.

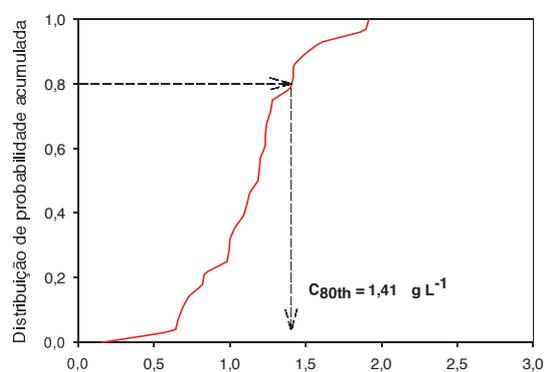
**Tabela 1.** Precipitação acumulada e simulações da recarga anual a 5 m e concentrações médias anuais do agrotóxico a 5 m de profundidade para o cenário A no período de 1986 a 2014.

1986	1.497	792	0,15
1987	1.632	1.061	1,04
1988	1.111	676	1,90
1989	1.578	879	1,92
1990	1.514	1.112	1,49
1991	1.063	584	1,24
1992	1.725	1.132	1,23
1993	1.295	721	1,27
1994	1.367	857	1,20
1995	1.261	803	1,13
1996	1.299	743	1,09
1997	1.661	1.132	1,19
1998	1.623	1.040	1,42
1999	1.154	832	1,28
2000	1.523	810	1,00
2001	1.608	988	0,82
2002	1.338	882	1,00
2003	1.228	802	1,42

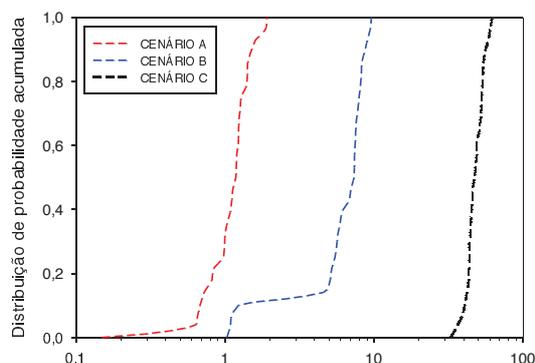
Continua.

**Tabela 1.** Continuação.

Ano	Precipitação acumulada (mm)	Recarga anual a 5 m (mm)	Concentração média anual ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )
2004	1.483	980	1,60
2006	1.164	763	1,23
2008	1.136	822	1,11
2010	1.322	980	0,83
2012	1.294	874	0,64
2014	1.366	862	0,73



**Figura 1.** Distribuição de probabilidade acumulada das estimativas das concentrações médias anuais a 5 m de profundidade para o cenário A, no período de 1986 a 2014 (29 anos).



**Figura 2.** Distribuição de probabilidade acumulada das estimativas das concentrações médias anuais a 5 m de profundidade para os cenários A, B e C (diferentes tipos de solos), no período de 1986 a 2014 (29 anos).

## CONCLUSÕES

De maneira geral, as estimativas das concentrações ambientais de agrotóxicos na água subterrânea em cenários de exposição em Mato Grosso do Sul são influenciadas pela variabilidade temporal dos dados climáticos e dos tipos de solo. No entanto, esses fatores se mostraram independentes em algumas situações. Assim, sugere-se que para criação futura de cenários de exposição real de “pior caso” em Mato Grosso do Sul, para gerar estimativas das concentrações ambientais, deve-se considerar a heterogeneidade dos dados climáticos e dos diferentes tipos de solos.

## REFERÊNCIAS

ALPHEN, B. J. van; STOOORVOGEL, J. J. Effects of soil variability and weather conditions on pesticide leaching — a farm-level evaluation. **Journal of Environmental Quality**, v. 31, n. 3, p. 797-805, May/June 2002.

BERG, F. van den; TIKTAK, A.; BOESTEN, J. J. T. I.; LINDEN, A. M. A. van der. **PEARL model for pesticide behaviour and emissions in soil-plant system**: description of processes. Wageningen UR Library, 2016. 134 p. Disponível em: <<http://edepot.wur.nl/171621>>. Acesso em: 4 maio 2016.

*Água e Agricultura: incertezas e desafios para a sustentabilidade...*

DAM, J. C. van; GROENENDIJK, P.; HENDRIKS, R. F. A.; KROES, J. G. Advances of modeling water flow in variably saturated soils with SWAP. **Vadose Zone Journal**, v. 7, n. 2, p. 640-653, May 2008.

SCORZA JÚNIOR, R. P.; SILVA, J. P. Potencial de contaminação da água subterrânea por pesticidas na Bacia do Rio Dourados, MS. **Pesticidas: revista ecotoxicologia e meio ambiente**, v. 17, p. 87-106, jan./dez. 2007.

VAN DER BORGHT, J.; TIKTAK, A.; BOESTEN, J. J. T. I.; VEREecken, H. Effect of pesticide fate parameters and their uncertainty on the selection of "worst-case" scenarios of pesticide leaching to groundwater. **Pest Management Science**, v. 67, n. 3, p. 294-306, Mar. 2011.