

**XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E XVII**  
**ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POCOS**

**SIMULAÇÃO DO TRANSPORTE DO PACLOBUTRAZOL EM UM  
ARGISSOLO NO VALE DO SÃO FRANCISCO**

Manuella Virginia Salgueiro Gondim<sup>1</sup>; Antonio Celso Dantas Antonino<sup>2</sup>; André Maciel Netto<sup>2</sup>;  
Suzana Maria Gico Lima Montenegro<sup>1</sup>; Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral<sup>1</sup> & Edevaldo Miguel  
Alves<sup>1</sup>

**RESUMO**

Os estados do nordeste brasileiro suprem a demanda de exportação de manga nos meses em que a oferta é inexistente e um dos fatores responsáveis pelo aumento da produção destes frutos é a presença de substâncias reguladoras de crescimento vegetal. Entre elas destaca-se o paclobutrazol (PBZ). Porém, este composto pode permanecer ativo no solo durante alguns anos sendo necessário estudar os destinos e as conseqüências de seu transporte no solo. Os modelos matemáticos atuam como boas ferramentas no estudo de compostos químicos no solo. O transporte do paclobutrazol foi simulado com o modelo Hydrus 1D em um solo classificado como Argissolo Amarelo numa estação experimental em Petrolina-PE, localizada na região do Vale do São Francisco. O objetivo deste trabalho foi realizar estudos de casos aproximando a aplicação do PBZ às condições reais de campo durante um período de quatro anos e analisar a capacidade de contaminação do lençol freático na profundidade de 100 cm. Observou-se uma maior mobilidade quando o PBZ foi aplicado na condição de contorno para o tempo de pulso de 7h quando comparado com a aplicação do paclobutrazol para um tempo de pulso de 687 h.

**Palavras-Chave** – Transporte de soluto, hydrus-1D, paclobutrazol

**ABSTRACT**

The Brazilian Northeast meets the demand for exporting mangoes in the months when the offer in other regions within the county is non-existent, and one of the factors responsible for increased production of these fruits are plant growth regulators. Among them stands out the paclobutrazol (PBZ). However, this compound may remain active in soil for several years and it is necessary to

---

1 Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco: R. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife-PE, CEP:50740-530, (81) 2126-7216, e-mail: manuellavirginia@yahoo.com.br; edevaldofisica@gmail.com; suzanam@ufpe.br; jcabral@ufpe.br

2 Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco, av. Prof. Luiz Freire, 1000, Cidade Universitária, Recife-PE, CEP 50740-540, (81) 2126-7973. e-mail: acda@ufpe.br; amnetto@ufpe.br

study the fate and the consequences of its transport in soil. The mathematical models emerge as tools in the study of chemical compounds in soil. Therefore, the transport of paclobutrazol was simulated with Hydrus 1D in a soil classified as Ultisol, located in São Francisco river region. The objective was to analyze case studies of close to real field conditions over a period of four years and investigate the contamination in groundwater at a depth of 100 cm. Higher mobility when the PBZ was observed applied to the boundary condition for the time pulse 7h, when compared to the time pulse of 687 h.

## 1 - INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* L.) é o fruto tropical mais produzido no mundo representando aproximadamente 50% de todos os frutos tropicais produzidos, sendo um importante produto agrícola para a economia de países em desenvolvimento (Jedele et al., 2003). Os estados do Nordeste do Brasil têm estimulado o plantio da mangueira visando o mercado externo e interno. A produção dos pomares em regiões semi-áridas, como nos pólos Petrolina/Juazeiro e Mossoró/Açu, oferece frutos precoces ou tardios, que supera qualitativamente as produções do Estado de São Paulo, e ainda, supre a demanda no exterior nos meses em que a oferta nos outros estados é inexistente (Instituto Brasileiro de Frutas, 1993).

Um dos fatores responsáveis pelo aumento da produção de frutos é o uso de substâncias reguladoras de crescimento vegetal que adquiriu grande importância na agricultura. Dentre os agroquímicos utilizados, destacam-se os xenobióticos, que são compostos químicos poluentes da biosfera, com estruturas moleculares e seqüências de ligações que não são reconhecidas pelas enzimas degradativas existentes na natureza e, portanto, resistem a biodegradação ou não são completamente metabolizadas, resultando em um acúmulo no ambiente (Silva e Fay, 1997). O Paclobutrazol, composto xenobiótico, é um regulador do crescimento vegetal, cujo modo de ação é a inibição da síntese de giberelina, o que resulta na indução floral para o incremento da produção.

O PBZ, composto da família do triazol, inicialmente aplicado como fungicida, é usado como regulador do crescimento vegetal em diferentes colheitas, induz o florescimento, melhora a qualidade e redução no tempo de maturação dos frutos. Estudos realizados apresentam como efeito do PBZ em vegetais, a inibição da biossíntese de giberelina pelo bloqueio da oxidação de caureno para ácido caurenóico e redução da divisão celular (Silva et al., 2003). Em diversos estudos, têm-se evidenciado a grande importância, na agricultura e no cultivo em mangueira, da aplicação do PBZ ao solo e subsequente absorção pelas raízes, pois resultam em efeitos mais acentuados sobre a indução do florescimento e a produção comercial, principalmente na região Nordeste, em períodos de baixa oferta do produto nos mercados interno e externo. Estudos revelam que nas condições

tropicais semi-áridas, a eficiência do uso do PBZ no manejo da produção de frutos para o primeiro semestre do ano foi diretamente proporcional às doses utilizadas (Mouco e Albuquerque, 2005). Este composto pode permanecer ativo por vários meses após a sua aplicação no solo. As águas subterrâneas nas proximidades das culturas são, portanto susceptíveis de serem contaminados pelo paclobutrazol, com o risco de promover efeitos adversos para a fauna aquática e para a saúde humana (Jonsson, 2002).

O uso incorreto de produtos químicos em áreas agrícolas representa grande ameaça ao meio ambiente, sendo necessário estudar os destinos e as conseqüências do transporte destas moléculas e seus resíduos (Mattos e Silva, 1999). Os modelos matemáticos atuam como ferramentas úteis na simulação do movimento da água e do transporte de elementos químicos no solo, ajudando a compreender o seu comportamento e visando apresentar uma resposta rápida e segura, tanto para a necessidade de planejar e de aperfeiçoar projetos em uma escala local ou regional, como para gestão da qualidade da água subterrânea. No entanto, a qualidade dos resultados obtidos por modelagem depende da disponibilidade e precisão dos parâmetros que descrevem o movimento da água e o transporte e retenção de solutos no solo (Vogel et al., 1996).

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo simular o transporte do paclobutrazol em um solo classificado com Argissolo Amarelo na estação experimental de Petrolina-PE, localizada na região do Vale do São Francisco aproximando, às condições de aplicação reais de campo durante um período de quatro anos e analisar a capacidade de contaminação do lençol freático na profundidade de 100 cm.

## **2 - MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 - O solo**

O solo usado nas simulações foram de áreas com plantio de manga (*Mangifera indica* L. cv. Tommy Atkins) irrigada na estação experimental de Bebedouro – PE pertencente a EMBRAPA Semi-Árido, localizadas no vale do São Francisco no Nordeste do Brasil. O solo foi classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico.

### **2.2 - Paclobutrazol**

Utilizou-se o paclobutrazol na formulação comercial Cultar® 250 SC da Syngenta. O Cultar® 250 SC é uma formulação branca e viscosa, constituída de 26,5% (250 g.L<sup>-1</sup>) do princípio ativo (PBZ) e 73,5% (750 g.L<sup>-1</sup>) de inertes.

## 2.3 – Simulação

### 2.3.1 - Hydrus

O programa Hydrus 1D (Simunek et al, 2008) possibilita a simulação da transferência de água, calor, vírus e colóides, bactérias e de solutos podendo ser consideradas as condições de equilíbrio e não-equilíbrio físico e químico simultaneamente ou separadamente. O programa resolve numericamente a equação de Richards (Equação 1), para fluxo de água e as equações de convecção-dispersão para o transporte de solutos.

$$C_h(h) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K(\theta) \cdot \left( \frac{\partial h}{\partial z} - 1 \right) \right] \quad (1)$$

Na qual,  $C_h$  é a capacidade capilar [ $L^{-1}$ ],  $h$  é o potencial matricial [ $L$ ] e  $K(\theta)$  é a condutividade hidráulica em função da umidade do solo [ $L.T^{-1}$ ].

O modelo de não-equilíbrio químico a dois sítios de sorção considera que a sorção em alguns sítios seja instantânea, enquanto que a sorção nos sítios restantes é governada por cinética de primeira ordem (Selim et al., 1976; Cameron; Klute, 1977). Na forma adimensional, o modelo de convecção-dispersão que representa o não-equilíbrio químico a dois sítios de sorção é dado por:

$$\beta R \frac{\partial c_1}{\partial T} + (1 - \beta) R \frac{\partial c_2}{\partial T} + \mu_1 c_1 = \frac{1}{P} \frac{\partial^2 c_1}{\partial z^2} - \frac{\partial c_1}{\partial z} \quad (2)$$

$$(1 - \beta) R \frac{\partial c_2}{\partial T} = \omega (c_1 - c_2) \quad (3)$$

Na qual,  $c_1$  e  $c_2$  são as concentrações no sítio em equilíbrio e não-equilíbrio respectivamente;  $R$  é o fator de retardo,  $T = vt/L$  é o tempo,  $z = x/L$  é a coordenada espacial adimensionalizada,  $P = vL/D$  é o número de Peclet;  $\mu_1$  é a constante de degradação;  $\beta$  é o coeficiente de partição entre os dois sítios de sorção;  $\omega$  é o número de Damköhler, representando o coeficiente de transferência de massa adimensionalizado, para o modelo de dois sítios de sorção;  $\beta$  e  $\omega$  são definidos como:

$$\beta = \frac{\theta + \rho_d f K_D}{\theta + \rho_d K_D} \quad (4)$$

$$\omega = \frac{\alpha(1-\beta)RL}{v} \quad (5)$$

Na qual,  $f$  é a fração de sítios em equilíbrio,  $\alpha$  é a taxa de cinética de primeira ordem para sítios em não-equilíbrio,  $L$  é o comprimento da coluna,  $\theta$  é a unidade volumétrica e  $v$  é a velocidade média no poro,  $\rho_d$  é a massa específica do solo e  $K_D$  é o coeficiente de partição solo-solução.

A dispersão do soluto pode ser calculada como:

$$D = \lambda\alpha + D_s \quad (6)$$

Na qual,  $\lambda$  é o coeficiente de dispersividade e  $D_s$  é o Coeficiente de Difusão do Solo.

### 2.3.2 - Dados gerais

As simulações do transporte unidimensional de água e soluto foram realizadas considerando o solo homogêneo. A discretização do perfil do solo foi uniforme com elementos ( $\Delta z$ ) de 1 cm de espessura. Para as simulações, considerou-se um lençol freático na base do perfil a 100 cm de profundidade, com nível constante, e o tempo de simulação foi de 4 anos.

Para cada simulação foi considerada uma dose de 1,65 g de PBZ para cada 2 m de diâmetro da copa da mangueira diluído em 1L de água (Vilela, 2005). A aplicação do PBZ foi realizada no dia 1 de janeiro de 2005, sendo este dia escolhido de acordo com a produção de manga para a melhor janela de mercado nacional e internacional. O intervalo de aplicação foi de 365 dias.

Foram realizadas duas simulações com diferentes fluxos de água na superfície do solo, uma com um fluxo de 0,025 cm/h e a outra com um fluxo de 2,5 cm/h.

O cálculo do PBZ adicionado ao solo leva em consideração o fluxo de água e a dose de PBZ recomendada. Considerou-se uma aplicação em torno do tronco de uma planta, em oito locais espaçados uniformemente, cada um com uma área aproximada de 400 cm<sup>2</sup> (20x20cm).

Para os fluxos de água na superfície do solo,  $q_0$ , de 0,025cm/h e 2,5cm/h e uma concentração,  $c_0$ , de 30 mg/L, os tempos de aplicação foram de 687 e 7h, respectivamente.

Para a condição inicial de água no solo, considerou-se o equilíbrio hidrostático entre o lençol freático e a superfície do solo.

### 2.3.3 - Parâmetros do fluxo de água

Os parâmetros do fluxo de água foram considerados pelas equações de van Genuchten (1980) para a curva de retenção  $h(\theta)$  e curva de condutividade hidráulica  $K(\theta)$ .

$$S_e = (\theta - \theta_r) / (\theta_s - \theta_r) = \left[ 1 + \left| \left( \frac{1}{h_g} \right) h \right|^n \right]^{-m} \quad (7)$$

$$K(S_e) = K_s S_e^{\frac{1}{2}} \left[ 1 - \left( 1 - S_e^{\frac{1}{m}} \right)^m \right]^2 \quad (8)$$

Na qual,  $S_e$  a saturação efetiva;  $\theta_r$  e  $\theta_s$  a umidade volumétrica residual e saturada, respectivamente;  $h_g$  a pressão de entrada de ar e  $n$  e  $m$  parâmetros de forma. Sendo,  $m = 1 - 1/n$ ;  $n > 1$  Mualem (1976).

Os parâmetros  $n$  e  $h_g$  foram obtidos pelo método beerkan (Souza et al., 2008) (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros  $n$ ,  $m$  e  $h_g$  da equação de van Genuchten com a hipótese de Mualem para o Argissolo

	<b>n</b>	<b>m</b>	<b><math>h_g</math> (cm)</b>
Argissolo	1,80	0,582	-54,078

A Tabela 2 apresenta os parâmetros hidráulicos ( $\theta_s$  e  $K_s$ ) do solo, obtidos por Milfont et al. (2008), por meio de ensaios de coluna para o Argissolo.

Tabela 2. Parâmetros hidráulicos do solo ( $\theta_s$  e  $K_s$ ) (Milfont et al., 2008).

Argissolo	
$\theta_s$ (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	0,38
$K_s$ (cm/h)	4,85

#### 2.3.4 - Parâmetros do transporte de soluto

Para o modelo de convecção-dispersão a dois sítios de sorção, os parâmetros de transporte do soluto, foram determinados pela curva de eluição do paclobutrazol utilizando o modelo CDE a 2 sítios de sorção por intermédio do programa CXTFIT 2.0. Os parâmetros de transporte estão apresentados na Tabela 3 (Milfont et al., 2008).

Tabela 3. Parâmetros de transporte ( $f$ ,  $\lambda$ ,  $\alpha$ ,  $K_D$  e  $\mu$ ) para o PBZ (Milfont et al., 2008).

Argissolo	
-----------	--

f	0,628
$\lambda$ (cm)	1,247
$\alpha$ (h <sup>-1</sup> )	0,106
$K_D$ (L.kg <sup>-1</sup> )	2,18
$\mu$ (h <sup>-1</sup> )	0,378
$t_p$ (h)	1,58

### 2.3.5 - Condições de contorno

A condição de contorno superior para o fluxo utilizada foi a condição atmosférica (precipitação e evaporação) e a inferior foi o potencial constante  $h(z=100, t=0)$  para o solo com nível do lençol freático na profundidade de 100 cm. A evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) foi calculada pela equação de Penman-Monteith utilizando dados climáticos de uma estação meteorológica do município de Petrolina (Lamepe/Itep). A equação é descrita como:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{(T + 273)} \cdot U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (9)$$

Na qual,  $ET_0$  é a Evapotranspiração de referência [ $L \cdot T^{-1}$ ],  $Rn$  é o saldo de radiação na superfície da cultura [ $MT^{-3}$ ],  $G$  é a densidade do fluxo de calor no solo [ $MT^{-3}$ ];  $T$  é a temperatura média diária do ar a 2m de altura ( $^{\circ}C$ ),  $U_2$  é a velocidade média do vento medida a 2 m [ $L \cdot T^{-1}$ ],  $e_s$  é a pressão de vapor a saturação [ $ML^{-1}T^{-2}$ ],  $e_a$  é a pressão de vapor atual [ $ML^{-1}T^{-2}$ ],  $\Delta$  é a inclinação da curva de pressão de vapor [ $ML^{-1}T^{-2}\theta^{-1}$ ],  $\gamma$  é a constante psicrométrica [ $ML^{-1}T^{-2}\theta^{-1}$ ], 0,408 corresponde ao inverso do calor latente de evaporação da água, igual a 2,45 MJ.kg<sup>-1</sup> a 20 $^{\circ}C$  e 900 é coeficiente para a cultura de referência, que envolve os valores constantes da equação.

Nos dias de ausência de chuva foi considerada uma irrigação igual a 6 mm/dia, distribuída durante o dia, referente a uma média da evaporação. A Figura 1 apresenta a precipitação e evaporação no município de Petrolina no ano de 2005.

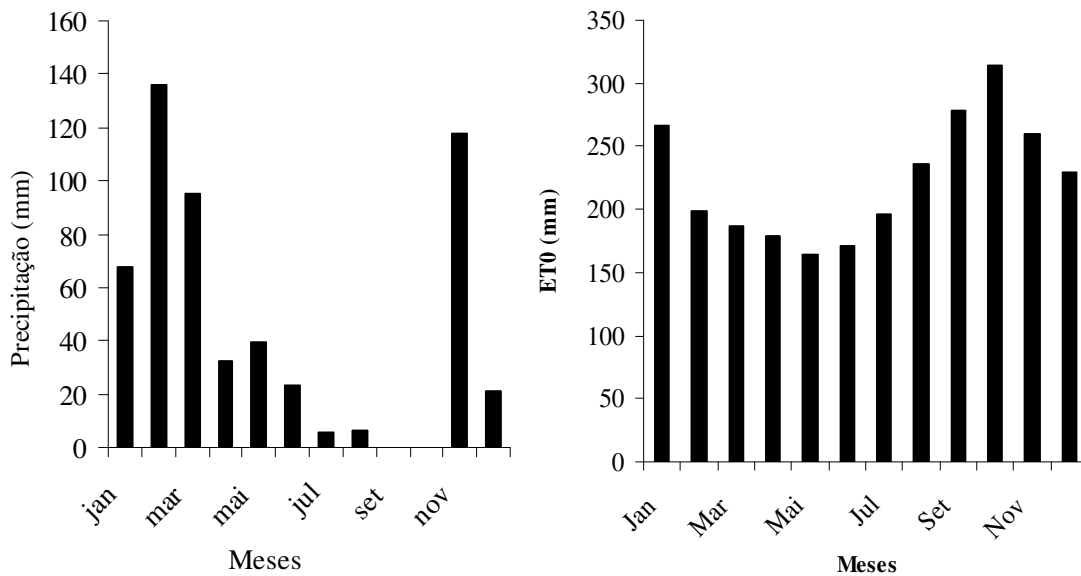


Figura 1. Precipitação mensal (a) e evaporação (b) no ano de 2005 no município de Petrolina.

Para a resolução da equação CDE é necessário conhecer a condição de fronteira de Cauchy (condições de fronteira de terceiro tipo), que pode ser usado para descrever a concentração do fluxo ao longo de uma região limite.

$$-\theta \cdot D \frac{\partial c}{\partial z} + q \cdot c = q_0 \cdot c_0 \text{ Para } z = 0 \text{ ou } z = L \quad (10)$$

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Paclobutrazol foi aplicado na superfície do solo, na concentração de 30 mg/L, sendo a profundidade do lençol freático de 100 cm, para tempos de pulso de 7 e 687 h. As Figuras 2 e 3 apresentam a evolução da concentração relativa do paclobutrazol presente na solução, nas profundidades de 1, 5, 10 e 15 cm, aplicado na condição de contorno (tempo de aplicação de 7 e 687 h) para o Argissolo e um período de 4 anos de simulação.



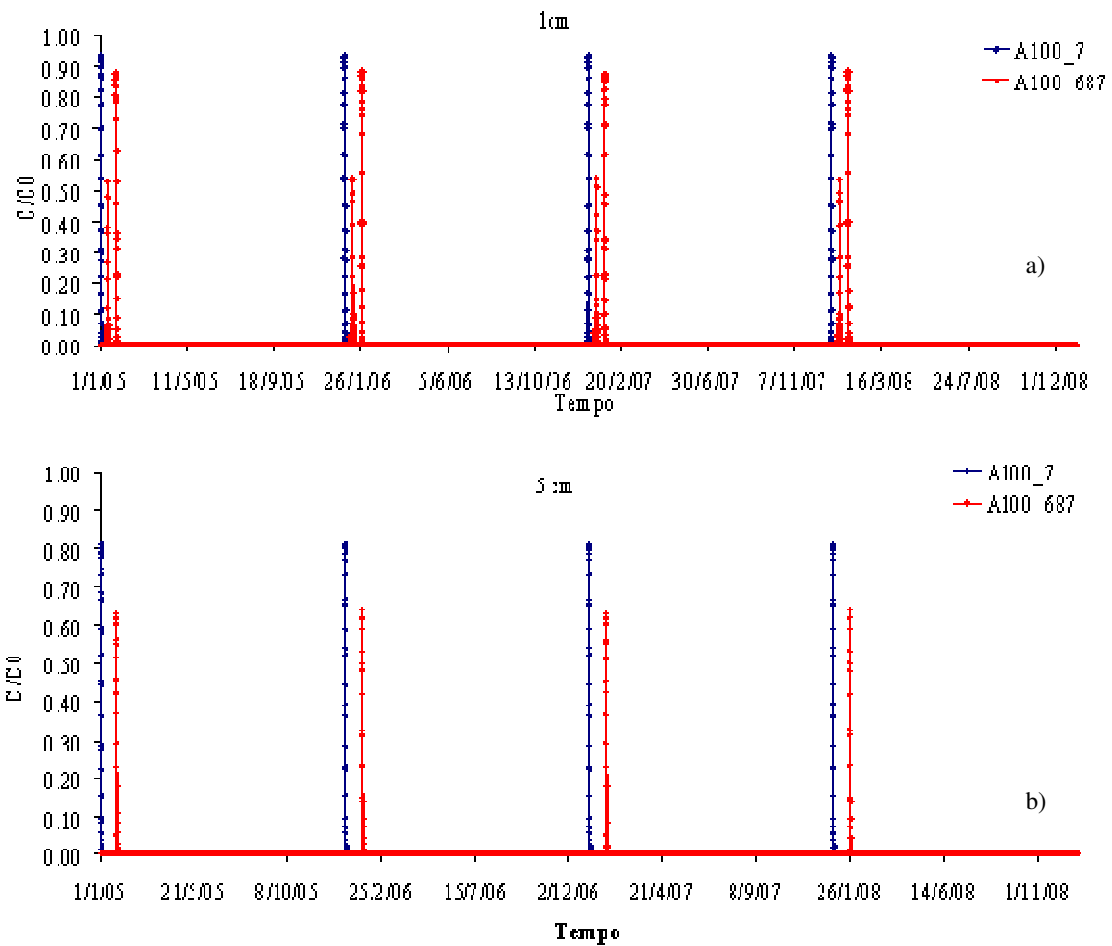
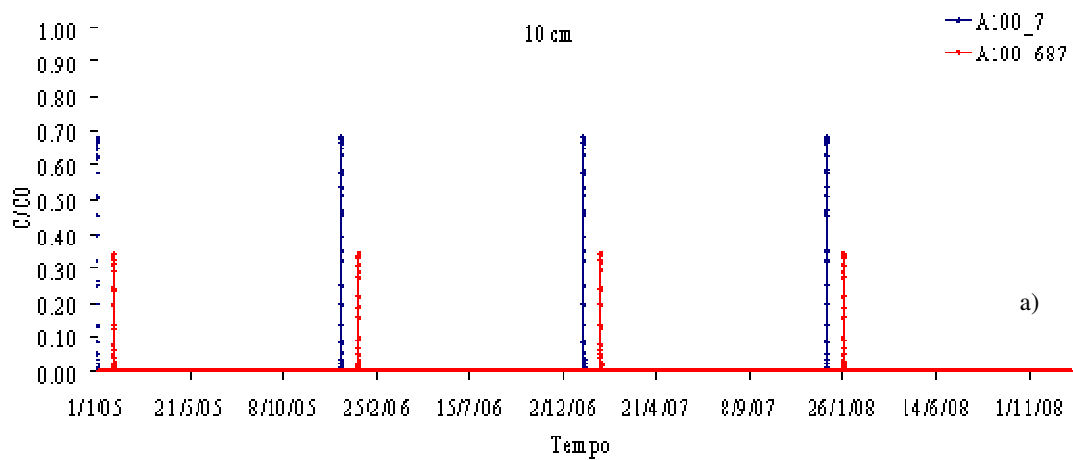


Figura 2. Evolução da concentração relativa do PBZ na solução em função do tempo nas profundidades de 1 (a) e 5 (b) cm, para o Argissolo (solo Argissolo, nível do lençol 100 cm e tempo de pulso de 7 h ou 687 h).



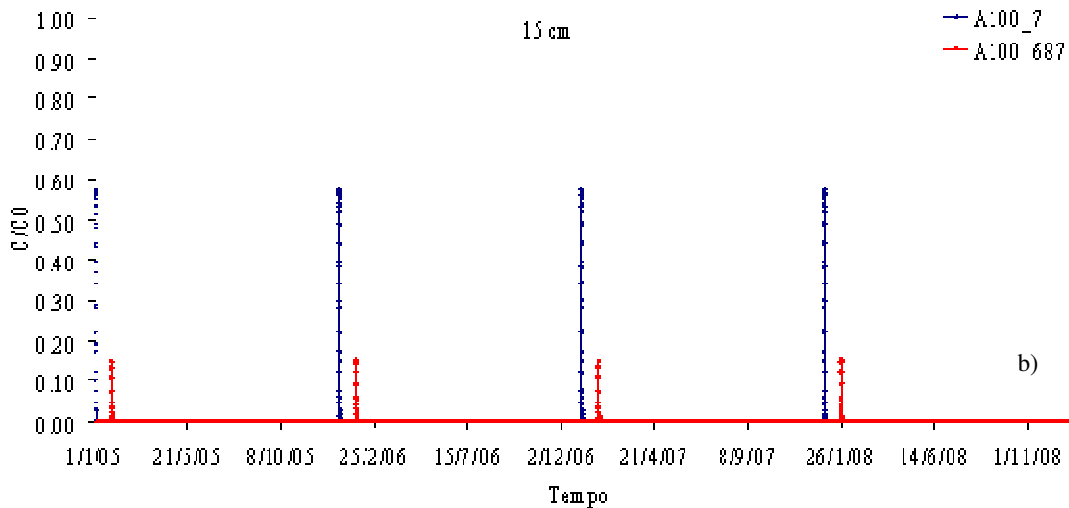


Figura 3. Evolução da concentração relativa do PBZ na solução em função do tempo nas profundidades de 10 (a) e 15 (b) cm, para o Argissolo (solo Argissolo, nível do lençol 100 cm e tempo de pulso de 7 h ou 687 h)

O comportamento do PBZ foi semelhante nos 4 anos estudados. O pico de concentração relativa do paclobutrazol presente na solução foi observado no dia 1 de janeiro, camada de 1 cm para o tempo de pulso igual a 7h e nos dias 13 e 26 de janeiro para o tempo de pulso igual a 687 h. Essa diferença nas datas em que ocorreram os picos do PBZ foi devido à maior quantidade de água aplicada no tempo de pulso de 7h facilitando assim a mobilidade do soluto. Nas camadas de 5, 10 e 15 cm houve um pico na concentração relativa do PBZ no dia 1 de janeiro atingindo aproximadamente 0,81, 0,68 e 0,57, respectivamente, para o tempo de pulso de 7 h e solo com o nível do lençol de 100 cm. O pico da concentração relativa do PBZ no dia 26 de janeiro nas camadas de 5, 10 e 15 cm foi de 0,63, 0,33 e 0,15, respectivamente, para o tempo de pulso de 687 h e solo com o nível do lençol de 100 cm.

A Figura 4 apresenta a profundidade máxima atingida pela concentração relativa do PBZ no valor de  $10^{-5}$  quando o composto foi aplicado com o tempo de pulso igual a 7 e 687 h.

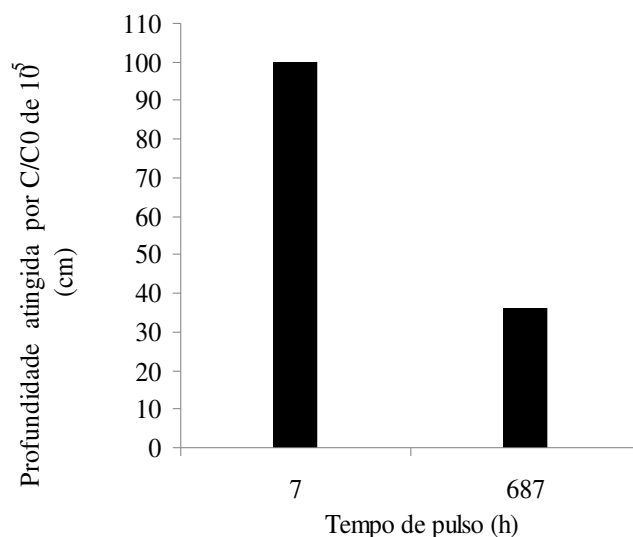


Figura 4. Profundidade atingida pela concentração relativa do paclobutrazol.

Observa-se na Figura 4 uma maior mobilidade do PBZ para o tempo de pulso de 7h atingindo o lençol freático, na profundidade de 100 cm, na concentração relativa máxima igual a  $3,7 \times 10^{-5}$  ( $1,12 \mu\text{g/L}$ ). Esta concentração é 10 vezes maior que Concentração Máxima Admissível (CMA) de qualquer pesticida em águas destinadas para consumo humano estabelecido pela Comunidade Econômica Européia que é de  $0,1 \mu\text{g/L}$  (Filizola et al., 2002)

#### 4 - CONCLUSÕES

- Ao longo dos anos, não houve aumento significativo da concentração relativa máxima do soluto.
- A maior mobilidade do paclobutrazol ocorreu para o tempo de aplicação de 7h. Neste tempo o PBZ atingiu o lençol freático, em uma concentração 10 vezes maior que Concentração Máxima Admissível (CMA) de qualquer pesticida em águas destinadas para consumo humano estabelecido pela Comunidade Econômica Européia, na profundidade de 100 cm.

#### 5 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento da pesquisa e da bolsa de mestrado ao CNPq e ao LAMEPE/ITEP pelos dados meteorológicos

#### 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMERON, D.A.; KLUTE, A. Convective-dispersive solute transport with a combined equilibrium and kinetic adsorption model. **Water Resources Research**. n. 19, p.718-724, 1977.

FILIZOLA, H. F; FERRANCINI, V. L; SANS, L. M. A.; GOMES, M. A. F.; FERREIRA, C. J. A. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guairá. **Revista agropecuária brasileira**. V. 37, n. 5, p. 659-667 maio 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. **Evolução das exportações brasileiras de frutas frescas: uma análise crítica**, São Paulo: IBRAF/DATAFRUTA, 41p, 1993.

JEDELE, S.; HAU, A. M.; VAN OPPEN, M. An analysis of the world market for mangos and its importance for developing countries. **International Agricultural Research for Development**, p. 8-10, 2003.

JONSSON, C. M.; FERRACINI V. L.; PARAÍBA L. C.; RANGEL M.; AGUIAR S. R. Alterações bioquímicas e acúmulo em pacus (*Metynnis argenteus*) expostos ao paclobutrazol. **Scientia agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, 2002.

MILFONT, M. L.; MARTINS, J. M. F.; ANTONINO, A, C. D.; GOUVEIA, E. R.; NETTO, A. M.; GUINÉ, V.; MAS, H.; FREIRE, M. B. G. S. Reactivity of the Plant Growth Regulator Paclobutrazol (Cultar) with Two Tropical Soils of the Northeast Semiarid Region of Brazil. **Journal of Environmental Quality** v. 37, p. 90-97, Jan. 2008.

MOUCO, M. A. C.; ALBUQUERQUE, J. A. S. Efeito do paclobutrazol em duas épocas de produção da mangueira. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 219-225, 2005

SELIM, H.M.; DAVIDSON, J.M.; MANSELL, R.S. Evaluation of a two-site adsorption-desorption model for describing solute transport in soils. In: Proceedings of the Summer Computer Simulation Conf., Washington, D.C. p. 444-448, July. Simulation Councils, La Jolla, CA. 1976.

SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F. Persistência e biomagnificação de moléculas xenobióticas, In: MELO, I, S, AZEVEDO, J, L. **Microbiologia ambiental**, Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, p. 67-105, 1997.

SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F.; VIEIRA, R. F. Degradação do paclobutrazol em solos tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. In: Impacto Ambiental do Regulador de Crescimento Vegetal Paclobutrazol, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1223-1227, Out, 2003.

SIMUNEK, J.; SEJNA, M; SAITO, H; SAKAI, M.; VAN GENUCHTEN.M. TH. The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple

Solutes in Variably-Saturated Media. Version 4.0 Department of Environmental Sciences University of California Riverside Riverside, California, 2008

SOUZA, E. S.; ANTONINO, A. C. D.; ÂNGULO-JARAMILLO, R.; NETTO, A. M. Caracterização hidrodinâmica de solos: Aplicação do método Beerkan. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Capina Grande, v.12, n.2, p.128 – 135, 2008

VILLELA, A. L. G. Programas Syngenta na proteção fitossanitária da mangueira e manejo da indução floral com cultar como fator de lucratividade, **I Simpósio de Manga do Vale do São Francisco**, 2005.

VOGEL, T.; HUANG, K.; ZHANG, R.; VAN GENUCHTEN, M. TH. The HYDRUS code for simulating one-dimensional water flow, solute transporte, and heat movement in variably-saturated media. **Research Report**, 1996. 131p., 140