

# 106 - ADSORÇÃO DE ATRAZINA EM TRÊS TIPOS DE SOLOS TROPICAIS NO BRASIL

*Atrazine adsorption in three types of tropical soils in Brazil*

DORNELAS DE SOUZA, M.\* (Embrapa Meio Ambiente, dornelas@cnpma.embrapa.br); FERRACINI, V.L. (Embrapa Meio Ambiente, veraf@cnpma.embrapa.br); GOMES, M.A.F ( Embrapa Meio Ambiente, gomes@cnpma.embrapa.br); BOEIRA, R.C. ( Embrapa Meio Ambiente, rcboeira@cnpma.embrapa.br); CERDEIRA, A.L. ( Embrapa Meio Ambiente, cerdeira@cnpma.embrapa.br)

**RESUMO:** Estudou-se a adsorção do herbicida atrazina em três solos de Ribeirão Preto/SP: Latossolo Vermelho-distrófico (LVd), Latossolo Vermelho-distroférrico (LVdf) e Neossolo Quartzarênico (RQ). Ajustaram-se isoterma de adsorção pelos modelos linear, Freundlich, Lambert e Langmuir, para duas profundidades: 0-10cm e 10-20cm. Nos três tipos de solo, o melhor ajuste foi obtido com o modelo de Lambert, escolhido com base nos seguintes critérios estatísticos: quadrado do coeficiente de correlação entre valores observados e preditos ( $R^2$ ), quadrado médio do erro (QME), . Os coeficientes de adsorção ( $K_d$ ),  $K_{OC}$  e  $K_{OM}$  do herbicida variaram de 0,683 a 2,446; de 70,17 a 541,9 e de 40,70 a 314,32 L kg<sup>-1</sup>, respectivamente, tendo ocorrido correlação significativa entre os valores de  $K_d$  e teor de carbono orgânico dos solos e ( $K_d$ ) com teor de argila.

**Palavras-chave:** Atrazina, solo, adsorção.

**Key words:** Atrazine, soil, adsorption.

## INTRODUÇÃO

Na situação simples de isoterma linear ( $Y = bX$ ), esta é descrita pela equação  $X/M = K_d \cdot Ce$ , onde  $X/M$  é a quantidade de herbicida adsorvido por unidade de adsorvente  $M$ ,  $Ce$  é a concentração do pesticida na solução após o equilíbrio, e  $K_d$  é o coeficiente de partição do soluto entre a solução e a superfície sólida (USEPA, 1975).

A isoterma de Lambert (Lambert, 1967) é expressa como uma função polinomial ( $Y = bX + cX^2$ ) da concentração de equilíbrio, dada pela equação:  $X/M = K_1 \cdot Ce + K_2 \cdot Ce^2$ , onde  $K_1$  e  $K_2$  são constantes. A constante  $K_1$  deste modelo é a estimativa do  $K_d$  do produto. A isoterma de Langmuir foi inicialmente descrita para estudos de adsorção de gases em superfícies homogêneas, com uma quantidade máxima adsorvida em monocamada e sem interações moleculares laterais. Sua expressão matemática é:  $\theta = bP/(a + bP)$ , onde  $\theta$  é a cobertura fracional do gás,  $P$  é a pressão do composto gasoso,  $a$  e  $b$  são constantes. Para adsorção sobre superfícies homogêneas, em fase líquida, a isoterma de Langmuir pode ser obtida por analogia com o modelo para gás. Neste caso, a quantidade de soluto adsorvida  $X/M$  é relacionada com a solução de equilíbrio  $Ce$  pela equação:  $X/M = (kK_L Ce)/(1+kCe)$ , onde  $k$  e  $K_L$  são duas constantes (Calvet, 1989). Para superfícies heterogêneas com sítios de diferentes energias de adsorção, Giles et al. (1960) sugeriram escrever o parâmetro  $k$  de Langmuir como uma função da quantidade adsorvida  $X/M$  ou da concentração da solução de equilíbrio  $Ce$ , onde  $k = wCe^\beta$ , com  $w$  e  $\beta$  como constantes. Isto gera uma isoterma expressa pela equação:  $X/M = (K_L w Ce^{(\beta+1)})/(1+wCe^{(\beta+1)})$ , que apresenta dois casos particulares. Quando  $\beta = 0$ , a equação acima corresponde à de Langmuir para baixas concentrações, tornando-se:  $X/M = (K_L \cdot w \cdot Ce)/(1+w \cdot Ce)$ , onde  $K_L$  e  $w$  são constantes do modelo e  $K_L w$  é a estimativa de  $K_d$  do produto. O outro caso particular ocorre quando  $wCe^{(\beta+1)} \ll 1$ , isto implica numa equação do tipo  $X/M = K_L w Ce^{(\beta+1)}$  que é o modelo de Freundlich (Calvet, 1989) dado por  $X/M = K_f \cdot Ce^{1/n}$ , com  $K_f = wK_L$  e  $1/n = \beta+1$ , onde  $K_f$  é a constante de Freundlich e  $1/n$  é um índice da intensidade de adsorção. Alguns autores adotam no lugar de  $1/n$  o  $N$  ( $X/M = K_f \cdot Ce^N$ ).

Segundo USEPA, (1975) valor de  $K_d$  varia muito de um a outro solo, e como existe alta correlação entre este coeficiente e os teores de carbono orgânico e matéria orgânica do solo, os dados de adsorção podem ser padronizados, para facilitar a comparação entre solos, utilizando-se os coeficientes  $K_{OM}$  e  $K_{OC}$ .  $K_{OM}$  é o coeficiente de distribuição de uma dada substância por unidade de matéria orgânica e  $K_{OC}$  é o coeficiente de distribuição de uma dada substância por unidade de carbono orgânico:  $K_{OM} = (K_d / \%MO) \cdot 100$ , onde  $\%MO$  = porcentagem de matéria orgânica do solo e  $K_{OC} = (K_d / \%CO) \cdot 100 = K_{OM} \cdot 1,724$ , onde 1,724 é o fator de Van Bemmelen e  $\%CO$  = porcentagem de carbono orgânico do solo. De acordo com a mesma fonte (USEPA, 1975) a utilização de  $K_{OC}$  reduz a variação encontrada nas características adsorptivas de diferentes solos, permitindo que se comparem adsorções relativas de herbicidas no solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Quadro 1. pH em água e em CaCl<sub>2</sub>, carbono orgânico e condutividade hidráulica do solo saturado (K<sub>sa</sub>) em Latossolo Vermelho-distroférico (LVdf), Latossolo Vermelho-distrófico (LVd) e Neossolo Quartzarênico (RQ), em duas profundidades.**

| Solo | Profundidade. | pH (H <sub>2</sub> O) | pH (CaCl <sub>2</sub> ) | Carbono orgânico | K <sub>d</sub> | K <sub>oc</sub> | K <sub>OM</sub> |
|------|---------------|-----------------------|-------------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|
|      | cm            |                       |                         |                  |                |                 |                 |
| LVdf | 0-10          | 5,4                   | 4,8                     | 18,1             | 2,446          | 135,14          | 78,38           |
|      | 10-20         | 5,9                   | 5,4                     | 17,0             | 2,4248         | 142,63          | 82,73           |
| LVd  | 0-10          | 5,7                   | 5,1                     | 11,7             | 0,821          | 70,17           | 40,70           |
|      | 10-20         | 5,9                   | 5,3                     | 10,1             | 1,5152         | 150,02          | 87,02           |
| RQ   | 0-10          | 7,3                   | 6,2                     | 2,8              | 0,683          | 243,92          | 141,48          |
|      | 10-20         | 7,3                   | 6,4                     | 2,1              | 1,138          | 541,90          | 314,32          |

**Quadro 2. Estimativas dos parâmetros para os quatro modelos empíricos ajustados e critérios estatísticos utilizados na sua avaliação, no estudo da adsorção de atrazina em três solos de Ribeirão Preto/SP: Neossolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho-distrófico (LVd) e Latossolo Vermelho-distroférico (LVdf), nas profundidades 0-10cm e 10-20cm.**

| Modelo  | Parâmetro              | RQ      |         | LVd     |         | LVdf    |         |
|---|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   |                        | 0-10cm  | 10-20cm | 0-10cm  | 10-20cm | 0-10cm  | 10-20cm |
| <b>Linear</b>   |                        |         |         |         |         |         |         |
| X/M = KdCe  | R <sup>2</sup>         | 0.960   | 0.970   | 0.970   | 0.970   | 0.960   | 0.970   |
| Ou  | QME                    | 0.142   | 0.311   | 1.427   | 0.780   | 2.660   | 2.340   |
| Y = b X   | a                      | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|   | b                      | 0.4717  | 0.8463  | 1.210   | 0.775   | 1.500   | 1.516   |
| <b>Lambert</b>  |                        |         |         |         |         |         |         |
| X/ M = K <sub>1</sub> Ce+K <sub>2</sub> Ce <sup>2</sup> | R <sup>2</sup>         | 0.990   | 0.990   | 0.980   | 0.996   | 0.990   | 0.990   |
|   | Ou                     | QME     | 0.045   | 0.172   | 1.114   | 0.099   | 0.236   |
| Y = bX + c X <sup>2</sup>                               | a                      | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
|   | b                      | 0.683   | 1.138   | 0.821   | 1.215   | 2.446   | 2.425   |
|   | c                      | -0.022  | -0.032  | 0.041   | 0.042   | -0.1002 | -0.097  |
| <b>Freundlich</b>                                       |                        |         |         |         |         |         |         |
| X/M = KfCe <sup>1/n</sup>                               | R <sup>2</sup>         | 0.980   | 0.990   | 0.670   | 0.670   | 0.980   | 0.990   |
|   | Ou                     | QME     | 0.014   | 0.009   | 0.398   | 0.464   | 0.015   |
| LnX/M   | a                      | -0.1555 | 0.3345  | 0.9646  | 0.8674  | 1.2197  | 1.2818  |
| Ou  | b                      | 0.7279  | 0.7666  | 0.6138  | 0.6885  | 0.7570  | 0.7423  |
| Y = a + b X   |                        |         |         |         |         |         |         |
| <b>Langmuir</b>   |                        |         |         |         |         |         |         |
| X/M=(K <sub>L</sub> wCe)/(1+wCe)                        | R <sup>2</sup>         | 0.027   | 0.93    | 0.809   | 0.814   | 0.990   | 0.990   |
|   | Ou                     | QME     | 1.062   | 0.018   | 0.051   | 0.079   | 0.0006  |
| ou linearizado  | a = 1/K <sub>L</sub>   | 1.1012  | 0.2950  | -0.0056 | -0.0715 | 0.0155  | 0.0356  |
| ou  | b = 1/K <sub>L</sub> w | 0.4080  | 1.1139  | 0.4428  | 0.6055  | 0.4085  | 0.3541  |
| Y = bX + a  |                        |         |         |         |         |         |         |

R<sup>2</sup>: quadrado do coeficiente de correlação entre valores observados e preditos; QME: quadrado médio do erro; a, b, c: estimativas dos parâmetros dos modelos.

Pelos critérios utilizados o modelo de Lambert apresentou-se como o mais adequado

#### LITERATURA CITADA

- CALVET, R. Adsorption of organic chemicals in soils. Environ. Health Perspect., 83:145-77,1989.
- GILES, C.H.; Mc EWANS, T.H.; NAKHWA, S.N. & SMITH, D. Studies in adsorption. Part XI. A system of classification of solution adsorption isotherms and its use in diagnosis of adsorption mechanisms and in measurement of specific areas of solids. J. Chem. Soc., 3:3973-3993, 1960.
- LAMBERT, S.M. Functional relationship between sorption in soil and chemical structure. J. Agr. Food. Chem., 15:572-576, 1967.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). Guidelines for registering pesticides in United States. Federal register, v.40, n. 123, p.26881-26888, 1975.