ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE SORÇÃO NO SOLO DE PESTICIDAS

L.C. Paraíba[1], A.J.B. Luiz[1], D.V. Pérez[2]

[1]EMBRAPA Meio Ambiente, CP 69, CEP 13820-000, Jaguariúna, SP, Brasil. E-mail: lourival@cnpma.embrapa.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver 2 modelos de regressão linear múltipla para auxiliar na estimativa da área superficial específica de solos (SE) e do coeficiente de sorção de pesticidas no solo (Kd). O modelo da SE teve como variáveis independentes os conteúdos volumétricos de argila, areia, silte e carbono orgânico. O modelo do Kd foi determinado por meio da SE, do coeficiente de partição octanol-água (LogKow), da solubilidade do pesticida (WS) e do pH do solo. Foram utilizados dados de 307 solos brasileiros para a determinação da relação entre a SE e os atributos do solo e 118 valores de Kd determinados experimentalmente para 20 pesticidas em 46 solos representativos do ambiente agrícola brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: Coeficiente de sorção, superfície específica, pesticida.

ABSTRACT

ESTIMATING THE PESTICIDE SOIL SORPTION COEFFICIENT. The objective this work was to develop 2 multiple regression models to estimate soil specific superficial area (SE) and the pesticide soil sorption coefficient (Kd). The SE model had as independent variables the clay, sand, silt and organic carbon volumetric contents. The Kd model was determined by the SE, octanol-water partition coefficient (Kow), pesticide solubility (WS) and soil pH. We used data from 307 Brazilian soil samples, to establish the relationship between the SE and soil attributes, and 118 Kd values of 20 pesticides in 46 soils representative of the Brazilian agricultural environment.

KEY WORDS: Sorption coefficient, specify surface, pesticide.

INTRODUÇÃO

A sorção de uma pesticida no solo é um fenômeno físico-químico constituído por adsorção e a absorção de moléculas do pesticida na matéria e nos espaços microscópios do solo. A natureza da sorção faz com que seu coeficiente dependa da área superficial específica do solo, da concentração de substâncias neutras ou carregadas, da matéria orgânica, da polaridade e dos materiais do solo. O objetivo deste trabalho é apresentar uma alternativa numérica para estimar o coeficiente de sorção por meio de regressão linear múltipla que relaciona o logaritmo do coeficiente de sorção, LogKd (ml/g), com o logaritmo da superfície específica, LogSE (m^2/g), o logaritmo do coeficiente de partição octanol-água, LogKow, o logaritmo da solubilidade do pesticida, LogWS (mg/l) e o pH do solo. Para tanto, é proposto um modelo de regressão múltipla entre a superfície específica (SE) e os conteúdos volumétricos de argila (AG), areia (AR), silte (SL) e carbono orgânico (CO) do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o cálculo da SE foi utilizado um conjunto de 307 dados de 130 perfis de solos. Os resumos das estatísticas dos dados estão resumidos na Tabela 1. Na determinação do modelo da SE foi necessário impor que a soma dos coeficientes do modelo fossem menores ou iguais à unidade e que $a_1 > a_2 > a_3 > a_4 > 0$, onde os a_{is} são os coeficientes de CO, AG, SL e AR, respectivamente. As fontes de dados, tipos de solos, pesticidas e número total de valores de Kd usados para determinar o modelo de LogKd estão indicadas na Tabela 2. Os valores de LogKow e LogWS da Tabela 3 para todos os pesticidas da Tabela 2 foram coletados do '*Pesticide Manual*' (TOMLIN, 2000). As análises estatísticas foram realizadas usando-se o SAS (1989).

[2]Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Tabela 1 - Estatística descritiva dos dados de areia (AR), silte (SL), argila (AG) e carbono orgânico (CO) usados nos cálculos da regressão linear múltipla para a superfície específica SE.

Referências	Estatística	SE (m^2/g)	AR	SL	AG	CO	Tipo de solos: nº amostras
GROHMANN, 1970	Máximo	224	0,94	0,41	0,71	0,030	Latossolos, Argisssolos,
	Mínimo	10	0,17	0,00	0,05	0,001	Nitossolos, Neossolos: 41
	Média	70	0,57	0,12	0,31	0,009	
	Desvio Padrão	54	0,26	0,12	0,18	0,008	
CORDEIRO, 1977	Máximo	98	0,85	0,17	0,77	0,027	Latossolos, Argissolos: 19
	Mínimo	30	0,13	0,01	0,13	0,002	
	Média	57	0,53	0,10	0,37	0,009	
	Desvio Padrão	24	0,26	0,05	0,23	0,008	
LOPES, 1977	Máximo	107	0,59	0,33	0,72	0,051	Latossolos, Argissolos: 20
	Mínimo	58	0,07	0,14	0,25	0,002	
	Média	83	0,23	0,20	0,57	0,011	
	Desvio Padrão	12	0,15	0,05	0,14	0,012	
MONIZ, 1980	Máximo	108	0,80	0,19	0,74	0,031	Latossolos, Nitossolos,
	Mínimo	17	0,19	0,01	0,12	0,000	Luvissolos, Plantossolos: 53
	Média	59	0,47	0,05	0,47	0,008	
	Desvio Padrão	26	0,21	0,04	0,19	0,006	
EMBRAPA, 1988	Máximo	148	0,70	0,25	0,88	0,010	Latossolos: 14
	Mínimo	37	0,03	0,06	0,24	0,001	
	Média	96	0,22	0,14	0,64	0,004	
	Desvio Padrão	33	0,19	0,06	0,17	0,002	
RODRIGUES, 1984	Máximo	169	0,16	0,24	0,85	0,036	Latossolos: 20
	Mínimo	97	0,03	0,11	0,65	0,003	
	Média	137	0,06	0,16	0,78	0,017	
	Desvio Padrão	22	0,03	0,04	0,06	0,011	
BARRETO, 1986	Máximo	165	0,82	0,29	0,89	0,066	Latossolos: 14
	Mínimo	15	0,04	0,06	0,12	0,001	
	Média	90	0,28	0,14	0,58	0,015	
	Desvio Padrão	41	0,23	0,07	0,23	0,018	
GAMA, 1986	Máximo	34,2	0,10	0,57	0,72	0,039	Nitossolos, Luvissolos,
	Mínimo	12,1	0,02	0,25	0,36	0,002	Neossolos: 13
	Média	24,1	0,05	0,39	0,56	0,010	
	Desvio Padrão	6,6	0,02	0,10	0,12	0,010	
PALMIERI, 1986	Máximo	18,5	0,24	0,32	0,86	0,069	Latossolos, Neossolos
	Mínimo	10,2	0,02	0,12	0,44	0,001	Nitossolos: 20
	Média	13	0,09	0,17	0,75	0,012	
	Desvio Padrão	2,3	0,06	0,05	0,11	0,015	
REGO, 1986	Máximo	17	0,72	0,44	0,77	0,005	Neossolos, Latossolos: 5
	Mínimo	3	0,04	0,10	0,18	0,000	
	Média	8,2	0,34	0,24	0,42	0,002	
	Desvio Padrão	5,8	0,28	0,13	0,22	0,002	
SANTOS, 1986	Máximo	13,6	0,64	0,21	0,69	0,019	Latossolos, Argisolos: 14
	Mínimo	6	0,26	0,04	0,20	0,002	
	Média	9,7	0,36	0,10	0,54	0,009	
	Desvio Padrão	1,8	0,11	0,05	0,15	0,007	
EMBRAPA, 1988	Máximo	12,5	0,75	0,21	0,87	0,009	Latossolos, Argissolos: 24
	Mínimo	2,5	0,03	0,06	0,18	0,001	
	Média	8,5	0,28	0,11	0,60	0,004	
	Desvio Padrão	2,8	0,21	0,05	0,20	0,002	

Referências	Estatística	SE (m^2/g)	AR	SL	AG	CO	Tipo de solos: nº amostras
ANJOS, 1991	Máximo	21,4	0,81	0,31	0,37	0,017	Latossolos, Neossolos,
	Mínimo	3	0,35	0,09	0,10	0,002	Espondossolos: 14
	Média	9,6	0,65	0,17	0,18	0,006	
	Desvio Padrão	5,4	0,13	0,08	0,07	0,005	
PEREZ, 1990	Máximo	10,9	0,89	0.41	0,82	0,038	Argissolos, Nitossolos: 36
	Mínimo	2,5	0,08	0,03	0,07	0,001	
	Média	5,9	0,52	0,16	0,33	0,009	
	Desvio Padrão	2,4	0,21	0,09	0,18	0,008	

Tabela 2 - Fonte, tipo de solo, pesticida e o número de coeficientes de sorção utilizados na determinação do modelo de regressão múltipla para o coeficiente de sorção Kd.

Referências	Tipos de solos	Pesticidas: número total de K_D
SOUZA *et al.* 2000	Latossolo Vermelho distroférrico Neossolo Quartzarênico	Tebutiurom: 3
SOUZA *et al.* 2001	Latossolo Vermelho distroférrico Neossolo Quartzarênico	Diurom: 3
LAABS *et al.* 2002	Latossolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Quartzarênico	Alacloro, Atrazina, Cloropirifós, Cialotrina, Deltametrina, alfa-Endosulfam, Metolacloro, Monocrotofós, Simazina, Trifluralina: 20
OLIVEIRA *et al.* 2001	Latossolo Vermelho Neossolo Quartzarênico Argissolo Vermelho-Amarelo	Alacloro, Atrazina, Dicamba, Heazinona, Imazetapir, Nicossulfurom, Metsulfurom-metil, Simazina, Sulfometurom-metil: 54
REGITANO *et al.* 2001	Gleissolo Háplico Latossolo Vermelho Neossolo Quartzarênico	Clorotalonil: 3
REGITANO *et al.* 2000	Neossolo Quartzarênico Nitossolo Vermelho Latossolo Vermelho distrófico Latossolo Vermelho ácrico Vertissolo Argilúvico Gleissolo Háplico	Imazaquim: 11
ROCHA *et al.* 2002	Latossolo Vermelho Latossolo Vermelho ácrico Nitossolo Vermelho	Imazaquim: 24

Tabela 3 - Estatística descritiva das características dos 20 pesticidas da Tabela 2.

Estatística	LogKow	LogWS mg/L	LogKd mL/g
Mínimo	-1,47	-3,7	-0,98
Máximo	6,9	6,0	3,68
Média	2,25	1,61	0,28
Desvio padrão	2,18	2,32	0,99

LogKow = coeficiente de partição octanol-água; WS = solubilidade em água; Kd = coeficiente de sorção.

Tabela 4 - Estatística descritiva dos atributos dos solos da Tabela 2.

Estatística	AG	AR	CO	SL	pH	SE m^2/g
Mínimo	0,06	0,06	0,003	0,02	3,2	21,1
Máximo	0,82	0,90	0,078	0,30	7,7	192
Média	0,50	0,36	0,018	0,13	5,3	91,3
Desvio padrão	0,21	0,26	0,015	0,08	1,3	38,9

AG = argila; AR = areia; CO = carbono orgânico; SL = silte; SE = superfície específica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo de regressão obtido para a superfície específica (SE) foi: Equação 1 -SE = 1313,78CO + 117,00AG + 116,90SL + 5,15AR

Onde $R^2 = 0,82$ e $p < 0,05$, indicando uma relação linear entre a variável dependente (SE) e as variáveis independentes (CO, AG, SL e AR).

Com o modelo dado pela equação 1 e com os dados dos solos da Tabela 3 foram determinados 46 valores de SE (LogSE) que, juntamente com os valores de WS, LogKow e LogKd dos pesticidas da Tabela 4, foram usados para determinar o modelo dado por Equação 2 - LogKd = 1,5556LogSE + 0,2869LogKow - 0,2326LogWS - 0,1678pH -1.7123, onde $R^2 = 0,81$ e $p < 0,01$, indicando uma relação linear entre a variável dependente e as variáveis independentes do modelo. (Tabela 4)

CONCLUSÕES

Os modelos de regressão dado pelas equações 1 e 2 podem auxiliar nas estimativas da superfície específica de solos (SE) e no coeficiente de sorção de pesticidas (Kd), respectivamente.

Referências Bibliográficas

Anjos, L.H.C. *Identification, characterization, and genesis of 'Plintossolos' developed from the Itapecuru formation in Maranhão State, Brazil.* West Lafayette: 1991. 226p. [Thesis (Ph.D.) - Purdue University, West Lafayette].

Barreto, W.O. *Electrical double layer capacity of soils with variable charge colloids.* Itaguaí: 1986. 273p. [Thesis (Ph.D.) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí].

Cordeiro, J.C. *Physico-hydrical characteristics of Latosols under Cerrado cover from Central Brazil.* Itaguaí: 1977. 122p. [Thesis (M.Sc) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí].

Embrapa. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA, 3., 1988, Rio de Janeiro, Brasil. *Proceedings.* Rio de Janeiro: 1988a. p.425.

Embrapa. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8., 1988, Rio de Janeiro, Brasil. *Proceedings.* Rio de Janeiro: 1988b. p.285.

Gama, J.R.N.F. *Characterization and formation of soils with high clay activity of the State of Acre.* Itaguaí: 1986. 150p. [Thesis (M.Sc.) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro].

Grohmann, F. *Specific surface and its correlation to soil physical and physico-chemical properties.* Piracicaba: 1970. 52p. [Thesis (Ph.D.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"].

Laabs, V.; Amelung, W.; Pinto, A.; Altsaedt, A.; Zech, W. Fate of pesticides in tropical soils of Brazil under field conditions. *J. Environ. Qual.*, v.31, p.256-268, 2002.

Lopes, O.F. *Characterization of dark red latosols from North Minas Gerais State.* Viçosa: 1977. 89p. [Thesis (M.Sc.) - Universidade Federal de Viçosa].

Moniz, A.C. *Formation of an Oxisol-Ultisol transition in São Paulo, Brazil.* Raleigh: 1980. 290p. [Thesis (Ph.D.) - North Caroline State University, Raleigh].

Oliveira, R.S.; Koskinen, W.C.; Ferreira, F.A. Sorption and leaching potential of herbicides on Brazilian soils. *Weed Res.*, v.41, p.97-110, 2001.

Palmieri, F. *A study of a climosequence of soils derived from volcanic rock parent material in Santa Catarina and Rio Grande do Sul States, Brazil.* West Lafayette: 1986. 259p. [Thesis (Ph.D.) - Purdue University, West Lafayette].

Perez, D.V. *Electrochemical properties of soils with B argillic and low activity clays.* Itaguaí: 1990. 144p. [M.Sc. Thesis - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro].

Regitano, J.B.; Alleoni, L.R.F.; Vidal-Torrado, P.; Casagrande, J.C.; Tornisielo, V.L. Imazaquin sorption in highly weathered tropical soils. *J. Environ. Qual.*, v.29, p.894-900, 2000.

Regitano, J.B.; Tornisielo, V.L.; Lavorenti, A.; Pacovsky, R.S. Transformation pathways of ^{14}C-chlorothalonil in tropical soils. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, v.40, p.295-302, 2001.

Rego, R.S. *Characterization and genesis of soils with plynthite from Marajó Island, PA.* Itaguaí: 1986. 156p. [Theisis (M.Sc.) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro].

Rocha, W.S.D.; Regitano, J.B.; Alleoni, L.R.F.; Tornisielo, V.L. Sorption of imazaquin in soils with positive balance of charges. *Chemosphere*, v.49, p.263-270, 2002.

Santos, H.G. dos. *Soils intermediate between Red-Yellow Latosol and Red-Yellow Podzolic with low activity clay: deffinition and differentiation.* Itaguaí: 1986. 293p. [Thesis – (Ph.D.) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro].

Souza, D.M.; Boeira, R.C.; Gomes, M.A.F. Adsorção e desorção de diuron em solos tropicais. *Pesticidas: Rev. Ecotoxicol. Meio Ambiente*, v.10, p.113-124, 2000.

Souza, M.D.; Boeira, R.C.; Gomes, M.A.F.; Ferracini, V.L., Maia, A.H.N. Adsorção e lixiviação de tebuthiuron em três tipos de solos. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.25, p.1053-1061, 2001.

Tomlin, C.D.S. *The pesticide manual.* Farnham: British Crop Protection Council, 2000. p.1250