

Quantificação e Adsorção do Fungicida Metalaxil em Solos Brasileiros

Andrea Maria Spessoto; Itamar Soares de Melo e Vera Lúcia Ferracini

Introdução

Processos importantes determinam o destino dos agrotóxicos no solo, suas perdas para as águas superficiais e subterrâneas e para o ar. Entre esses processos temos a volatilização; sorção pela matéria orgânica e mineral; transformações químicas e biológicas; transporte na fase líquida, sólida e gasosa e absorção pelas plantas e animais. Todos esses processos são influenciados pelo comportamento do composto, o que inclui as propriedades físico-químicas (ex. solubilidade, pressão de vapor), pelo solo e condições ambientais (temperatura, umidade e pH do solo), formulação e método de aplicação do pesticida.

Dentre os fenômenos mais intrinsecamente relacionados à dissipação do metalaxil, a adsorção é o foco de grande interesse e vários estudos têm apontado que este fungicida tem ampla afinidade pelas partículas do solo influenciando diretamente sua biodegradação, transporte e potencial de contaminação para solos e águas (SHAROM & EDINGTON, 1986; SUKOP & COGGER, 1992; PENG et al., 1995; SHARMA & AWASTHI, 1997).

O fenômeno da adsorção foi definido por CHENG (1990) como conseqüência de interações entre o pesticida e a superfície das partículas de solo ou de componentes do solo. É o processo pelo qual a molécula do composto é transferida da fase móvel (líquida ou gasosa) para a fase estacionária (sólida). A adsorção é reversível e pode seguir ambas as direções: adsorção ou dessorção. É considerado um processo chave no destino dos agrotóxicos no solo e está diretamente relacionado à persistência, mobilidade e bioatividade (LUCHINI, 1987).

A sorção dos agrotóxicos é comumente quantificada usando o coeficiente de partição linear ou coeficiente de adsorção (K_d), o qual é a relação da concentração do composto adsorvido no solo ($\mu\text{g g}^{-1}$) com a concentração presente na solução do solo ($\mu\text{g mL}^{-1}$). Altos valores de K_d podem agir de forma a diminuir a ação tóxica do composto para a microbiota presente ou mesmo inibir a ação dos microrganismos ou a atividade das enzimas extracelulares no processo de biodegradação (ALEXANDER, 1999). Quanto maior a força de ligação entre a molécula e as partículas do solo, menor sua biodisponibilidade para a microbiota.

Na avaliação do potencial de contaminação de alguns agrotóxicos em solo australiano, DI & AYLMORE (1997) detectaram a presença de fenamifós, simazina, metribuzin, linurom, fenarimol e metalaxil em concentrações acima de 0,01%, na profundidade de 300 cm. Kookana et al. (1995) relacionaram as taxas de degradação e lixiviação do metalaxil durante 6 meses em diferentes perfis de solo arenoso. O composto foi detectado na profundidade de 18 cm e a meia-vida do fungicida ficou em torno de 70 dias, indicando alto potencial de contaminação de águas subterrâneas.

Para os solos brasileiros, poucos são os relatos envolvendo o comportamento e destino do fungicida metalaxil (MUSUMECI & RUEGG, 1986; OSTIZ & MUSUMECI, 1989; PAPINI & ANDRÉA, 2000). Assim, o presente estudo quantificou as taxas de recuperação desse composto em quatro solos diferentes, bem como determinou os valores do coeficiente de adsorção (K_d) do mesmo, nos solos estudados.

Amostras de quatro tipos de solos com diferentes características física e químicas (Tabelas 3.1 e 3.2) foram coletados nos municípios de Aguaí, Estiva Gerbi e Jaguariúna, no estado de São Paulo, e no município de Petrolina, em Pernambuco. Três deles apresentavam histórico da aplicação do metalaxil para o controle de fitopatógenos, enquanto, o solo de Jaguariúna foi coletado em área de floresta sem histórico da utilização do fungicida.

Tabela 3.1. Propriedades físico-químicas das amostras dos solos

Solos Região	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	H + Al Mmol _c dm ⁻³	SB	CTC	V %
Aguai	5,3	22	75	4,6	54	35	31	93,6	124,6	75
Estiva Gerbi	5	17	37	1,7	35	11	20	47,7	67,7	70
Jaguariúna	3,6	30	6	1,6	1	2	121	4,6	125,6	4
Petrolina	6,15	0,43	25	0,15	1	0,3	0,83	1,5	2,33	64,5

M.O. (matéria orgânica); P (fósforo); K (potássio); Ca (cálcio); Mg (magnésio); H + Al (hidrogênio + alumínio); SB (soma de bases); CTC (capacidade de troca catiônica); V (saturação por bases)

Tabela 3.2. Textura, tipo de cobertura e histórico de aplicação do fungicida das amostras de solo

Solos Região	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Textura	Cultura	Última aplicação
Aguai	58	6	36	Argiloso	Citros	Jan/99
Estiva Gerbi	82	4	14	Arenoso	Citros	Jan/98
Jaguariúna	52	6	42	Argiloso	Floresta	*
Petrolina	88.5	3.5	8	Franco Arenoso	Uva	Ab/ 99

* Sem histórico de aplicação.

Determinação da dissipação do metalaxil

Em laboratório, os solos foram suplementados com 3 e 30 µg de metalaxil g⁻¹ de solo, mantendo-se a umidade ajustada para 70% da capacidade de campo. Após 0, 2, 4, 7, 14, 21, 28 e 32 dias de incubação, foram retiradas amostras para quantificação dos resíduos do fungicida.

Determinação da dissipação do fungicida metalaxil: sub-amostras compostas de 200 g (peso seco) de cada solo receberam suplementação do fungicida (3 e 30 μg i.a. g^{-1} de solo), em uma única vez. Os controles foram efetuados com sub-amostras de solo, previamente esterilizadas em autoclave por 3 dias consecutivos, e suplementadas com o fungicida nas doses testadas. A umidade, em todos os tratamentos, foi ajustada para 70% da capacidade de campo. Os solos foram incubados durante 32 dias a temperatura de 28°C. Para as análises, foram retiradas amostras (20 g) nos intervalos de 2, 4, 7, 14, 21 e 32 dias de incubação. A quantificação dos resíduos fungitóxicos, realizada a partir de segundo dia, foi conduzida por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), utilizando-se coluna de fase estacionária C_{18} -Bondesil – (25 cm x 4,6 mm, x 5 μm) Varian, fase móvel acetonitrila:água (70:30 v/v); pressão 137 psi; fluxo 1 mL min^{-1} ; *loop* de injeção de 50 μL ; absorvância 210 nm. O tempo de retenção do fungicida metalaxil foi de aproximadamente 5 min. (Fig. 3.1)

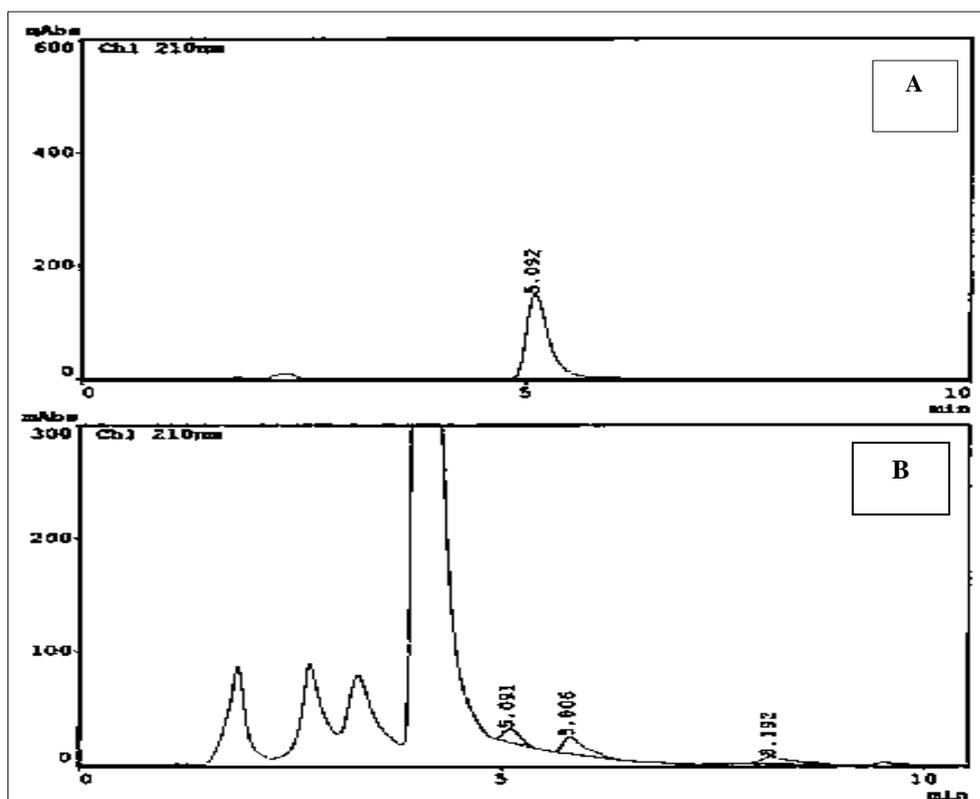


Fig. 3.1. Análise do metalaxil por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). (A) Tempo de retenção em solução padrão de 20 μg a.i. mL^{-1} e (B) nas amostras de solo provenientes de Petrolina, suplementadas com 30 μg i.a. g^{-1} solo, após 32 dias de incubação.

Os resultados apresentados na Tabela 3.3 demonstram a recuperação do fungicida metalaxil após 24 horas de sua suplementação. Os valores variaram de 89,3 a 97,5%, demonstrando a eficiência do método de extração.

Tabela 3.3. Porcentagens de recuperação de metalaxil após 24 horas da suplementação dos solos.

Solos	Recuperação ¹ (%)
Aguai	90,3 (±0,26)
Estiva Gerbi	95,0 (±0,28)
Jaguariúna	89,3 (±0,60)
Petrolina	97,5 (±0,48)

¹ Os valores apresentados são médias de três repetições. Coeficiente de variação 4,2%.

Em todos os solos foram observadas expressivas porcentagens de dissipação do composto. Dentre eles, o solo argiloso de Aguai, quando exposto à menor concentração do fungicida ($3 \mu\text{g g}^{-1}$) foi responsável pelas menores taxas de dissipação. As porcentagens de recuperação obtidas após os 32 dias de incubação foram de aproximadamente 10 % para Aguai, 30 % para Estiva Gerbi, 31 % para Jaguariúna e 38 % para Petrolina (Fig. 3.2). No caso do tratamento com a dose dez vezes maior do que a recomendada em campo, quase não houve alteração nos valores de recuperação para o solo arenoso de estiva Gerbi, mas para Petrolina (30 %) houve uma leve diminuição. Ficou caracterizado o aumento da taxa de dissipação para os solos de Aguai (25 %) e Jaguariúna (45 %) (Fig. 3.3).

Solos que apresentam histórico de aplicação de agrotóxicos têm sido relatados como capazes de dissipar mais facilmente estas moléculas pelo fato de apresentarem populações microbianas que se caracterizam por um curto período de aclimação e rápida fase exponencial de crescimento (ALEXANDER, 1999). Vários autores relataram que, em solos onde existe histórico de aplicações constantes de metalaxil foram observadas as maiores taxas de dissipação do fungicida (BAILEY & COFFEY, 1986; DROBY & COFFEY, 1991). Mas, neste estudo, não foi possível correlacionar as taxas de recuperação e o histórico de aplicação, uma vez que a amostra de solo de Jaguariúna, sem histórico de aplicação do fungicida, apresentou taxas de dissipação similares aos solos de Estiva Gerbi e Petrolina.

Pelos resultados obtidos pode ser observado que, ao longo do período experimental, as porcentagens de recuperação de metalaxil, nas duas concentrações testadas, foram diminuindo em função do tempo de incubação. No entanto, no solo esterilizado não foi observado este comportamento, o que indica a importância da ação microbiana no processo de dissipação.

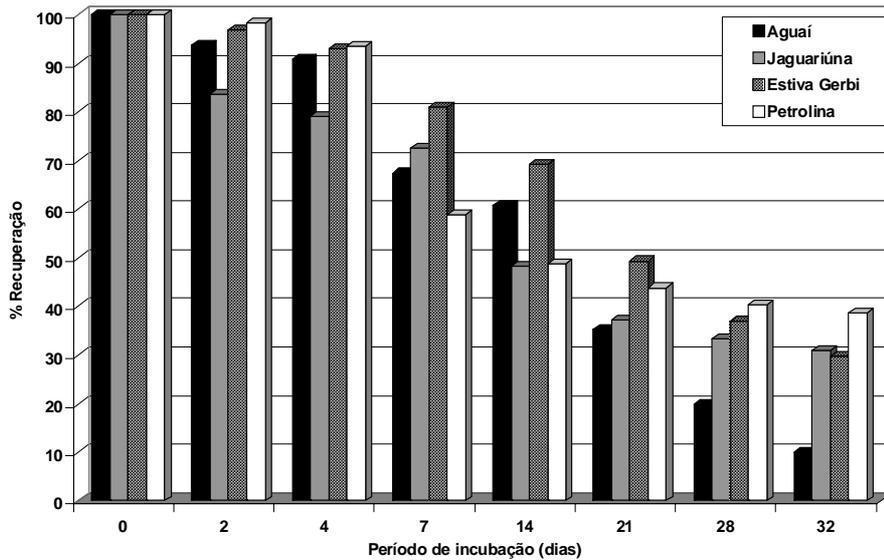


Fig. 3.2. Porcentagens de recuperação de metalaxil nos solos suplementados com $3 \mu\text{g i.a. g}^{-1}$ do fungicida. Dados obtidos por CLAE, no intervalo de 32 dias de incubação, média de três repetições.

Quantificação e Adsorção do Fungicida Metalaxil em Solos Brasileiros

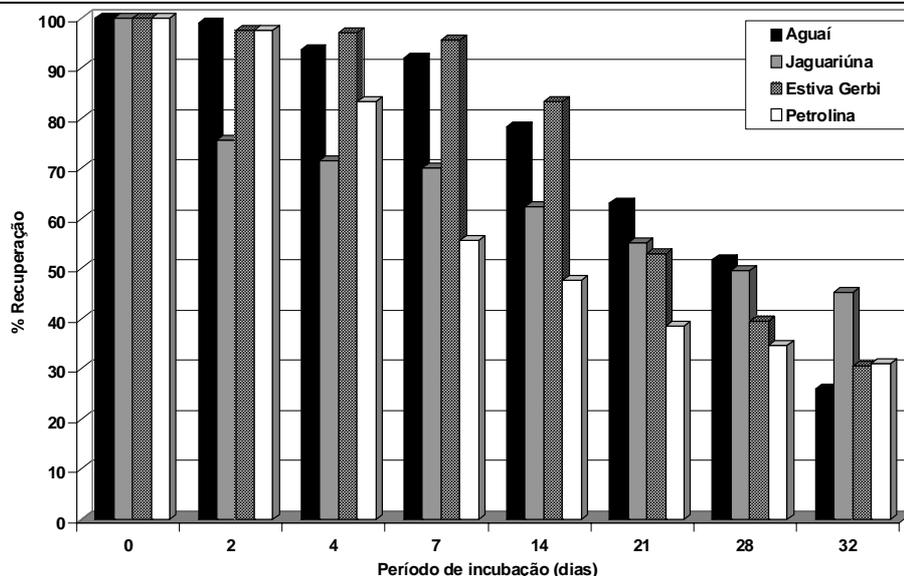


Fig. 3.3. Porcentagens de recuperação de metalaxil nos solos suplementados com $30 \mu\text{g i.a. g}^{-1}$ do fungicida. Dados obtidos por CLAE, no intervalo de 32 dias de incubação, média de três repetições

Determinação do coeficiente de adsorção

Os valores de K_d , para os quatro solos estudados, foram determinados de acordo com a metodologia descrita por ALVAREZ-BENEDI et al. (1998).

Determinação da adsorção: foi adicionado a cada sub-amostra (1g) de solo, suplementada com metalaxil (3, 5, 10, 20 e $30 \mu\text{g i.a. g}^{-1}$ de solo), 5 mL da solução de CaCl_2 0,01 M. O tratamento testemunha constou de solos com adição da solução de CaCl_2 , sem a suplementação do fungicida. Simultaneamente foram preparadas amostras brancas contendo apenas a solução de CaCl_2 0,01 M suplementado com as diferentes concentrações de metalaxil. Após 24 horas sob agitação orbital à temperatura de 28°C , as amostras foram centrifugadas a 2500 rpm, por 10 min. Do sobrenadante foram retirados 3 mL, os quais foram novamente centrifugados a 1200 rpm por 15 min. Posteriormente, foi retirado 2,5 mL do sobrenadante para extração e quantificação dos resíduos fungitóxicos. Após a quantificação por CLAE, os resultados foram aplicados na seguinte equação:

$$K_d = \frac{(1-C/c_0)}{C/c_0} \frac{L}{S}$$

onde:

K_d = coeficiente de adsorção;

S = massa (g) de solo;

L = 5 mL de solução de CaCl_2 0,01 M;

C/c_0 = relação entre a concentração do pico da amostra (c) e a concentração inicial da solução (c_0) menos a concentração do branco em $\mu\text{g g}^{-1}$.

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 3.4 e demonstram que os valores de Kd variaram em função da dose de metalaxil aplicada e das características do solo.

Tabela 3.4. Valores do coeficiente de adsorção (Kd) do fungicida metalaxil, em diferentes tipos de solos.

Solos	Valores de Kd ¹ (mL g ⁻¹)				
	Concentração de metalaxil (µg i.a. mL ⁻¹)				
	3	5	10	15	30
Aguai	10,94 (±0,32)	10,02 (±0,28)	9,03 (±0,25)	8,32 (±0,34)	7,90 (±0,30)
Estiva Gerbi	3,00 (±0,24)	1,77 (±0,20)	0,85 (±0,07)	0,81 (±0,09)	0,69 (±0,02)
Jaguariúna	14,65 (±0,96)	16,19 (±1,34)	24,30 (±1,97)	33,54 (±1,19)	41,11 (±1,54)
Petrolina	0,27 (±0,03)	0,28 (±0,04)	0,30 (±0,03)	1,15 (±0,11)	2,00 (±0,15)

¹ Os valores apresentados são médias de três repetições. Coeficiente de variação 1,97%

Nas amostras de solos argilosos, os valores encontrados foram mais altos, embora as de Aguai tenham demonstrado uma discreta diminuição do Kd em função do aumento da concentração. No solo de Jaguariúna esta variação foi significativa, tendo os valores de Kd variado em função da concentração testada. Houve correlação positiva entre a dose aplicada de ingrediente ativo e os valores de Kd. Nos solos arenoso e franco-arenoso, foram observados os menores valores de adsorção. Amostras provenientes de Estiva Gerbi apresentaram decréscimo acentuado nos valores de Kd com o aumento da concentração aplicada de metalaxil. No entanto em Petrolina o aumento do valor de Kd foi proporcional a dose aplicada. Estes dados demonstram que a capacidade adsortiva do metalaxil pode variar em função das características do solo avaliado e das doses aplicadas do fungicida. PENG et al. (1995) estudando a mobilidade de metalaxil em solos arenosos verificaram que a quantidade do composto adsorvido no solo foi proporcional a dose aplicada.

Nos solos argilosos, era esperado que os valores de Kd fossem os maiores, uma vez que, segundo TRIEGEL & GUO (1994) as duas características mais importantes e determinantes na adsorção do pesticida são a presença de partículas argilosas, matéria orgânica e a solubilidade do composto. Além disso, o pH também influencia indiretamente o movimento de alguns pesticidas no solo, afetando fortemente a adsorção. Em geral, a adsorção é fraca em pH neutro e

básico, o que causa um aumento de mobilidade e, como conseqüência maiores taxas de degradação (SOMASUNDARAM & COATS, 1990). Segundo PETROVIC et al. (1998) altos valores de pH favorecem a hidrólise mais rápida do metalaxil em solos. Assim, o pH ácido dos solos de Estiva Gerbi, Aguai e Jaguariúna (5, 5,3 e 3,6, respectivamente), estaria favorecendo uma maior afinidade da molécula do fungicida à fase sólida do solo.

A alta solubilidade em água (TOMLIN, 1995) e os valores do coeficiente de adsorção obtidos para o fungicida metalaxil sugerem uma grande afinidade da molécula à fase sólida dos solos argilosos. Estudos realizados por SUKUL & SPITELLER (2000) sobre a adsorção de metalaxil em solos indianos, demonstraram que este composto é fortemente ligado às partículas do solo, não desorvendo facilmente. Em contrapartida, segundo PETROVIC et al. (1998), por ser altamente solúvel em água e com baixa afinidade para ligação na matéria orgânica ($K_{oc} = 50$) o metalaxil apresenta grande potencial de lixiviação em solos arenosos. Alguns autores como ZAVIEZO et al. (1993); Starret et al. (1996); DI et al. (1998); relataram a movimentação vertical do fungicida em solos com alta porcentagem de areia, facilitando seu deslocamento para regiões mais profundas no perfil do solo. Os baixos valores de K_d obtidos neste estudo para os solos arenoso e franco arenoso de Estiva Gerbi e Petrolina, sugerem que a molécula de metalaxil pode permanecer dissolvida na solução do solo, favorecendo o processo de lixiviação, antes mesmo que ocorra uma significativa degradação do fungicida.

A presença da matéria orgânica pode incrementar a capacidade de dissipação do metalaxil (STARRETT et al., 1996; SHARMA & AWASTHI, 1997). Este incremento, muitas vezes é relacionado com aumento da atividade microbiana em função da presença da matéria orgânica no solo, ou ainda, devido à capacidade que esta matriz possui em adsorver moléculas com caráter hidrofóbico. Segundo BEIGEL et al. (1999) o aumento da matéria orgânica pode aumentar a atividade microbiana por prover substrato para o co-metabolismo. Neste estudo, embora os solos argilosos apresentem os maiores valores de K_d e teores de matéria orgânica, estes resultados não puderam ser relacionados, uma vez que a molécula do metalaxil apresenta caráter hidrofílico, indicando alta afinidade pela fase sólida da matriz do solo. A menor taxa de recuperação obtida nos solos argilosos pode ser explicada pela capacidade adsortiva deste tipo de matriz de solo ou pelo aumento na atividade microbiana, em função da presença da matéria orgânica. Além disso,

a presença de matéria orgânica e elevados teores de argila são capazes de reter parte do fungicida e impedir que seja extraído da matriz por solventes orgânicos. A importância da presença de matéria orgânica no solo para a adsorção de pesticidas já vem sendo discutida por muitos autores (ARIENZO et al., 1994; RÜTTERS et al., 1999; WANG & LIN, 1999) especialmente quando se trata de compostos hidrofóbicos.

Este estudo sugere que no caso dos solos com altas porcentagens de areia, a capacidade de retenção da molécula do metalaxil nessas matrizes seria bem menor quando comparado com os solos argilosos. No caso de Petrolina, os dados aqui apresentados sugerem que a lixiviação seria a principal via de dissipação da molécula na região. Assim, a facilidade do fungicida em percolar pelo perfil desta matriz, tornaria o processo de biodegradação pouco relevante em campo, uma vez que a molécula não estaria disponível à ação microbiana. Em regiões mais profundas, onde a presença de microrganismos é escassa e onde se localizam grandes reservas hídricas, estas estariam propensas a um acúmulo do fungicida.

Conclusão

A capacidade de retenção da molécula de metalaxil diminuiu em função do aumento no teor de areia do solo, isto é, os solos arenosos de Petrolina e Estiva Gerbi apresentaram menor capacidade de retenção quando comparados aos solos argilosos de Aguai (maiores valores de Kd). Em especial, no caso de Petrolina, os dados obtidos comparados aos parâmetros como solubilidade e pH do solo, indicaram a possibilidade de lixiviação da molécula para regiões mais profundas do perfil do solo, tornando o metalaxil um potencial poluente para os lençóis de água presentes na região. Os resultados obtidos demonstraram a necessidade de monitorar o comportamento do metalaxil, em face de sua importância no controle fitossanitário de diversas culturas de interesse comercial.

Referências

ALEXANDER, M. *Biodegradation and bioremediation*. 2. ed. New York: Academic Press, 1999. 453 p.

- ÁLVAREZ-BENEDI, J.; CARTON, A.; FERNANDEZ, J. C. Sorption of tribenuron-methyl, chlorsulfuron, and imazamethabenz-methyl by soils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 46, p. 2840-2844, 1998.
- ARIENZO, M.; CRISANTO, T.; SÁNCHEZ-MARTÍN, M. J.; SÁNCHEZ-CAMAZANO, M. Effect of soil characteristics on adsorption and mobility of ¹⁴C diazinon. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 42, p. 1803-1808, 1994.
- BAILEY, A. M.; COFFEY, M. D. Characterization of microorganisms involved in accelerated biodegradation of metalaxyl and metolachlor in soils. *Canadian Journal of Microbiology*, v. 32, p. 562-569, 1986.
- BEIGEL, C.; CHARNAY, M. P.; BARRIUSO, E. Degradation of formulated and unformulated triticonazole fungicide in soil: effect of application rate. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 31, p. 525-534, 1999.
- CHENG, H. H. *Pesticides in the soil environment: processes, impacts, and modeling*. Madison: Soil Science Society of America, 1990. 530 p.
- DI, H. J.; AYLMORE, L. A. G. Modeling the probabilities of groundwater contamination by pesticides. *Soil Science Society of America Journal*, v. 61, n. 1, p. 17-23, 1997.
- DI, H. J.; AYLMORE, L. G. A.; KOOKANA, R. S. Degradation rates of eight pesticides in surface and subsurface soils under laboratory and field conditions. *Soil Science*, v. 163, n. 5, p. 404-411, 1998.
- DROBY, S.; COFFEY, M. D. Biodegradation process and the nature of metabolism of metalaxyl in soil. *Annals of Applied Biology*, v. 118, n. 3, p. 543-553, 1991.
- KOOKANA, R. S.; DI, H. J.; AYLMORE, L. A. G. A field study of leaching and degradation of 9 pesticides in a sandy soil. *Australian Journal of Soil Research*, v. 33, n. 6, p. 1019-1030, 1995.
- LUCHINI, L. C. *Adsorção-dessorção dos herbicidas paraquat, diuron e 2,4-D em seis solos brasileiros*. 1987. 91 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MUSUMECI, M. R.; RUEGG, E. F. Degradation and residues of trifluralin and metalaxyl in soils treated with ¹⁴C-trifluralin and ¹⁴C-metalaxyl, under laboratory conditions. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 21, p. 1023-1029, 1986.
- MUSUMECI, M. R.; PIMENTEL, C. P. V.; RUEGG, E. F. Degradation in vitro of metalaxyl by pure cultures of plant pathogenic fungi. *Fitopatologia Brasileira*, v. 11, n. 4, p. 957-961, 1986.
- OSTIZ, S. B.; MUSUMECI, M. R. Effect of agrotoxics in biological activity of two soils in laboratory experiments. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 24, p. 19-25, 1989.
- PAPINI, S.; ANDRÉA, M. M. Enhanced degradation of metalaxyl in gley humic and dark red latosol. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 469-474, 2000.
- PENG, G.; WANG, H.; QI, M. *Studies on environmental behaviour of ¹⁴C metalaxyl in soil*. Beijing: China Nuclear Information Center, 1995. 12 p.
- PETROVIC, A. M.; BARRET, W. C.; LARSSON-KOVACH, I.; REID, C. M.; LISK, D. J. Downward migration of metalaxyl fungicide in creeping bentgrass sand lysimeters as affected by organic waste, peat and zeolite amendments. *Chemosphere*, v. 37, n. 2, p. 249-256, 1998.
- RÜTTERS, H.; HÖLLRIGL-ROSTA, A.; KREUSIG, R.; BAHADIR, M. Sorption behavior of prochloraz in different soils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 47, p. 1242-1246, 1999.
- SHARMA, D.; AWASTHI, M. D. Adsorption and movement of metalaxyl in soils under unsaturated flow conditions. *Plant and Soil*, v. 195, p. 293-298, 1997.

- SHAROM, M. S.; EDGINGTON, L. V. Mobility and dissipation of metalaxyl in tobacco soils. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 66, n. 3, p. 761-771, 1986.
- SOMASUNDARAM, L.; COATS, J. R. Influence of pesticide metabolites on the development of enhanced biodegradation. In: RACKE, K. D.; COATS, J. R. *Enhanced biodegradation of pesticides in the environment*. Washington: ACS Press, 1990. p. 128-140. (ACS Symposium Series).
- STARRETT, S. K.; CHRISTIANS, N. E.; ALAUSTIN, T. Movement of pesticides under two irrigation regimes applied to turf grass. *Journal of Environmental Quality*, v. 25, n. 3, p. 566-571, 1996.
- SUKOP, M.; COGGER, C. G. Adsorption of carbofuran, metalaxyl and simazine: Koc evaluation and relation to soil transport. *Journal of Environmental Science and Health*, v. 27, n. 5, p. 565-590, 1992.
- SUKUL, P.; SPITELLER, M. Sorption study on metalaxyl in soils of different physicochemical properties. *Fresenius Environmental Bulletin*, v. 9, n. 11-12, p. 701-710, 2000.
- TOMLIN, T. *The pesticide manual*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1995.
- TRIEGUEL, E. K.; GUO, L. Overview of the fate of pesticides in the environment, water balance; runoff vs. leaching. In: HONEYCUTT, R. C.; SCHALACKER, D. J. *Mechanisms of pesticide movement into groundwater*. Boca Raton: CRC Press, 1994. p.1-13.
- WANG, Q.; LIN, W. Correlation of imazapyr adsorption and desorption with soil properties. *Soil Science*, v. 164, p. 411-416, 1999.
- ZAVIEZO, T.; LATORRE, B. A.; TORRES, R. Effectiveness of 3 phenylamide fungicides against *Phytophthora cryptogea* isolated from kiwi and their mobility in soil. *Plant Disease*, v. 77, n. 12, p. 1239-1243, 1993.