

## Persistência de inseticidas e parâmetros microbiológicos em solo sob sistemas de manejo

### Persistence of insecticides and microbiological attributes in a soil under different management systems

Irzo Isaac Rosa Portilho<sup>I</sup> Rômulo Penna Scorza Júnior<sup>II\*</sup> Júlio Cesar Salton<sup>II</sup>  
Ieda de Carvalho Mendes<sup>III</sup> Fábio Martins Mercante<sup>II</sup>

#### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a degradação dos inseticidas bifentrina, permetrina e tiametoxam em um solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária (SILP), plantio direto (SPD) e convencional (SC), e sua relação com atributos microbiológicos (carbono da biomassa microbiana, respiração basal e atividade das enzimas  $\beta$ -glucosidase e fosfatase ácida). O experimento foi realizado utilizando solos incubados (0-10cm) com umidade a 75% da capacidade de campo e 28°C por 51 dias. Além de aumentos de matéria orgânica, biomassa e atividade microbiana, o sistema SILP também favoreceu a degradação mais rápida dos três inseticidas no solo, em comparação aos outros sistemas avaliados. Dentre os inseticidas avaliados, o tiametoxam apresentou degradação lenta no solo, com valores de meia-vida ( $TD_{50}$ ) entre 46 e 89 dias. Os valores de  $TD_{50}$  para bifentrina ficaram entre 14 e 44 dias e para permetrina entre 9 e 47 dias, considerando todos os sistemas avaliados.

**Palavras-chave:** degradação, meia-vida, integração lavoura-pecuária, plantio direto.

#### ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the degradation of bifenthrin, permethrin and thiamethoxam insecticides in a soil under crop-livestock integration (CLIS), no-tillage (NTS) and conventional (CS) systems and its relationship with microbiological attributes (microbial biomass C, basal soil respiration and activities of  $\beta$ -glucosidase and acid phosphatase). The experiment was carried out using incubated soil (0-10cm) with moisture content about 75% of field capacity at 28°C for 51 days. Besides the increase in soil organic matter content, biomass and microbial activity, CLIS system also favored a faster degradation of the three insecticides in soil compared to the others. Among the evaluated insecticides, thiamethoxam showed the slowest degradation in soil with half-life ( $DT_{50}$ ) values between 46 and 89

days. Bifenthrin  $DT_{50}$  values were between 14 and 44 days and for permethrin between 9 and 47 days.

**Key words:** degradation, half-life, crop-livestock integration, no-tillage.

#### INTRODUÇÃO

O uso de agrotóxicos para a produção de alimentos, fibras e energia tem provocado acúmulo em alguns compartimentos ambientais, com destaque para o solo e água. Quando no solo, o agrotóxico está sujeito à degradação, que é de grande importância para minimizar seus resíduos e, conseqüentemente, os possíveis impactos ambientais. Os processos degradativos estão diretamente relacionados com as características físico-químicas dos agrotóxicos, práticas de manejo e características do solo, principalmente textura, pH, matéria orgânica e atividade biológica (PAL et al., 2006). A biomassa microbiana, respiração basal e atividade enzimática destacam-se como os atributos mais utilizados para caracterizar o componente biológico dos solos e sua relação com a degradação dos agrotóxicos (CHOWDHURY et al., 2008).

Os inseticidas piretroides bifentrina e permetrina e o neonicotinoide tiametoxam têm sido comumente usados para o controle de insetos-praga na cultura da soja, aplicados no solo e parte aérea das plantas, como também em tratamento de sementes. Os inseticidas bifentrina e permetrina possuem

<sup>I</sup>Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Dourados, MS, Brasil.

<sup>II</sup>Embrapa Agropecuária Oeste, 79804-970, Dourados, MS, Brasil. E-mail: romulo.scorza@embrapa.br. \*Autor para correspondência.

<sup>III</sup>Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, Brasil.

alta toxicidade aos organismos aquáticos e baixa mobilidade e persistência nos solos (MOREIRA et al., 2012). Já o tiametoxam, apresenta alta persistência e mobilidade em solos (SCORZA JÚNIOR & RIGITANO, 2012).

Solos sob manejos conservacionistas apresentam condições que favorecem o acúmulo de matéria orgânica com conseqüente melhoria nas propriedades químicas, físicas e biológicas, pois ocorre um estímulo à proliferação de microrganismos, com aumento da biomassa e atividade microbianas. Esse fato tem sido observado tanto em solos sob plantio direto (SPD) (MENDES et al., 2003) como em solos sob sistemas de integração lavoura-pecuária (SILP) (ACOSTA-MARTINEZ et al., 2010). No entanto, ainda não se quantificou se as elevadas atividades microbianas no SILP podem refletir em degradação mais rápida dos agrotóxicos no solo, quando comparada a outros sistemas de manejo.

Considerando a importância dos microrganismos na degradação enzimática dos agrotóxicos, neste trabalho, avaliou-se a hipótese de que o SPD e SILP propiciam condições no solo com maior potencial para a degradação de agrotóxicos por microrganismos quando comparados ao sistema convencional (SC), com revolvimento do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a degradação dos inseticidas bifentrina, permetrina e tiametoxam em um solo sob SC, SPD e SILP, e sua relação com parâmetros microbiológicos do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo para caracterização química, física e microbiológica e para os ensaios de degradação, em condições controladas, foram coletadas em agosto de 2012 no campo experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados, MS (22°14' LS e 54°49' LW), em um experimento de longa duração (18 anos), composto por três sistemas de manejo (SILP, SPD e SC). Os sistemas foram implantados em Latossolo Vermelho distroférrico típico de textura argilosa (AMARAL et al., 2000). O SILP constitui-se na rotação, em plantio direto, entre pastagem (*Brachiaria decumbens* Stapf) e lavouras, com a seqüência soja/aveia-preta/soja, em ciclos de dois anos. No momento da coleta das amostras de solo, a área que se encontrava com a fase de lavoura foi denominada de ILP-a, enquanto a que se encontrava na fase de pastagem foi denominada de ILP-b. O SPD é constituído por lavouras em plantio direto com rotação de culturas, tendo no verão a soja e o milho. Durante o outono-inverno e primavera,

são semeadas as culturas de trigo para produção de grãos e nabo e aveia-preta para produção de palha, mantendo-se a seqüência nabo/milho/aveia-preta/soja/trigo/soja. O SC constitui-se no monocultivo de soja/aveia-preta, utilizando o preparo do solo com aração e gradagem. No momento de coleta das amostras do solo, tinha-se a presença da aveia-preta no ILP-a, SPD e SC. Solo de um fragmento de floresta semidecídua (FS) foi incluído no experimento como referencial da condição original do solo para as análises microbiológicas. Também foi considerado um tratamento com solo estéril (SE), que foi obtido em autoclave a 121 °C e pressão de 1 atm por 40min, sendo este processo repetido por três vezes consecutivas. De cada sistema, foram realizadas amostragens na profundidade de 0-10cm, sendo coletada uma amostra composta, proveniente de 50 subamostras retiradas de forma aleatória em cada parcela. As amostras foram destorroadas e peneiradas em malha de 2mm. A caracterização química e granulométrica do solo foi realizada conforme CLAESSEN (1997). O solo apresentou valores de matéria orgânica (g kg<sup>-1</sup>), areia (g kg<sup>-1</sup>), argila (g kg<sup>-1</sup>) e pH (CaCl<sub>2</sub>), respectivamente, iguais a 62, 177, 640 e 5,4 para o ILP-a, 41, 77, 706 e 5,2 para o ILP-b, 45, 177, 656 e 5,7 para o SPD e 33, 160, 673 e 4,9 para o SC.

Para incubação, 50g de solo foram adicionados em béqueres com alíquotas da solução de trabalho dos três inseticidas, separadamente, para fornecer uma concentração de cada inseticida igual a 3µg g<sup>-1</sup> de solo. Após a fortificação, as amostras foram homogeneizadas e seu teor de umidade ajustado com água ultrapura para 75% da CC, sendo, em seguida, incubadas em incubadoras tipo BOD a 28°C e ausência de luz. A umidade do solo foi mantida constante, pesando-se as amostras de solo diariamente e repondo-se as perdas com adição de água ultrapura. O experimento foi conduzido por 51 dias, em triplicata, sendo as amostras retiradas das incubadoras aos 0, 7, 14, 21, 28, 40 e 51 dias após a fortificação. Para extração e quantificação simultânea dos três inseticidas, as amostras dos diferentes tratamentos (50g) foram transferidas para erlenmeyers com tampa, onde adicionaram-se 150mL da mistura de diclorometano + acetona (1:1) deixando-as em mesa agitadora a 216rpm por uma hora. Após o término da agitação, as amostras foram colocadas em decantação por uma hora. Em seguida, parte da fração líquida (30mL) foi retirada e concentrada em rotaevaporador até total secura. Na etapa de purificação dos extratos, utilizou-se método de extração em fase sólida, adaptado de PESSINI (2003). As amostras foram filtradas em filtro PTFE

de 0,22 $\mu$ m e armazenadas diretamente em frascos de vidro a -20°C até injeção no cromatógrafo líquido de alta eficiência, modelo Varian 920-LC, equipado com pré-coluna e coluna de fase reversa C-18 Polaris (25cmx4,6mmx5 $\mu$ m) e detector UV/VIS com arranjo de diodos. A fase móvel foi em gradiente, com: 70% acetonitrila (ACN) e 30% água ultrapura (H<sub>2</sub>O) v/v de 0 a 5min; 100% ACN de 5 a 15min e 70% ACN e 30% H<sub>2</sub>O v/v de 15 a 22min. Para o tiametoxam, o gradiente utilizado foi: 50% ACN e 50% H<sub>2</sub>O v/v de 0 a 6min; 100% ACN de 6 a 10min e 50% ACN e 50% H<sub>2</sub>O v/v de 10 a 20min. O fluxo foi de 1mL min<sup>-1</sup> e volume de injeção de 20 $\mu$ L. Os padrões analíticos de bifentrina, permetrina e tiametoxam possuem purezas de 97, 94, 99%, respectivamente. Os testes de eficiência do método analítico indicaram recuperações entre 88 e 106% para a bifentrina, 88 a 103% para a permetrina e 75 a 95% para o tiametoxam. Os limites de quantificação do método foram de 0,19 $\mu$ g g<sup>-1</sup> de solo para a bifentrina, 0,21 $\mu$ g g<sup>-1</sup> para permetrina e 0,17 $\mu$ g g<sup>-1</sup> para o tiametoxam.

As determinações do carbono da biomassa microbiana do solo foram realizadas pelo método fumigação-extração (VANACE et al., 1987) e a quantificação do carbono, conforme BARTLETT & ROSS (1988). Para a atividade microbiana, utilizou-se o método da respirometria (evolução de CO<sub>2</sub>) modificado por DE-POLLI & GUERRA (1999), com incubação das amostras por sete dias. As atividades enzimáticas de beta-glucosidase (EC 3.2.1.21) e fosfatase ácida (CE 3.1.3.2), relacionadas ao ciclo de C e P, foram determinadas conforme os métodos de TABATABAI (1994), que se baseiam na determinação colorimétrica do p-nitrofenol (coloração amarela), formado após adição de substratos incolores específicos para cada enzima avaliada. Para cada amostra de solo coletada no campo, foram realizadas três repetições analíticas no laboratório. A atividade enzimática do solo é expressa em  $\mu$ g p-nitrofenol liberado por hora por grama de solo seco. O

experimento de degradação foi conduzido utilizando-se um delineamento inteiramente casualizado, em um esquema fatorial onde os fatores foram os diferentes sistemas e tempos, em três repetições. Os dados da concentração remanescente aos 51 dias dos três inseticidas nos diferentes sistemas foram submetidos à análise de variância. Em seguida, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. As quantidades remanescentes dos inseticidas, em função do tempo, para cada sistema de manejo do solo foram ajustadas ao modelo de cinética de primeira ordem (FOCUS, 2006). A qualidade do ajuste dos dados observados foi feita com base na análise visual, no coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e no Erro- $\chi^2$ . Para avaliações dos atributos microbiológicos, utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, em um esquema fatorial em que os fatores foram os diferentes sistemas e tempos em três repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5%. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

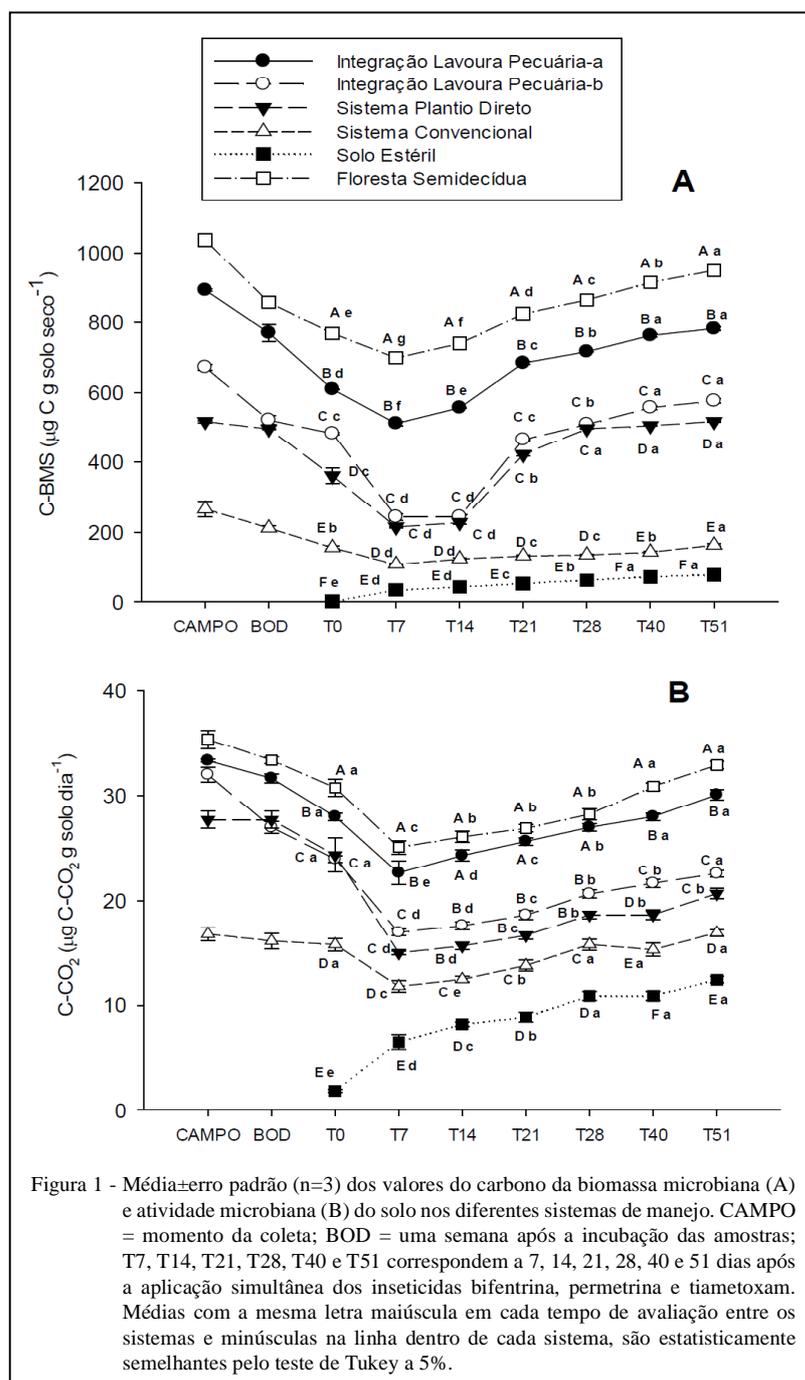
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas de manejo conservacionistas ILP-a, ILP-b e SPD apresentaram os menores valores das quantidades remanescentes dos três inseticidas após 51 dias, diferindo estatisticamente (P<0,05) do SC e SE (Tabela 1). O não revolvimento do solo, o maior aporte de restos vegetais, a maior diversidade de plantas e o acúmulo de resíduos na superfície do solo no ILP-a, ILP-b e SPD propiciam melhores condições físicas e químicas (SILVA et al., 2011), que favorecem as comunidades microbianas do solo. Esse efeito pode ser evidenciado através dos maiores valores de C-BMS, respiração basal (evolução do C-CO<sub>2</sub>) e atividade enzimática nos sistemas ILP-a, ILP-b e SPD em comparação ao SC e SE (Figura 1 e Tabela 2).

Tabela 1- Quantidade remanescente média(%)  $\pm$  erro padrão de bifentrina, permetrina e tiametoxam após 51 dias da aplicação, em solos incubados a 28°C e umidade correspondente a 75% da capacidade de campo, em diferentes sistemas de manejo do solo.

Sistemas de manejo	Bifentrina	Permetrina	Tiametoxam
ILP-a	12,9 $\pm$ 0,1 b E	8,2 $\pm$ 0,1 c E	44,9 $\pm$ 0,2 a E
ILP-b	25,8 $\pm$ 0,2 b D	24,3 $\pm$ 0,1 c D	50,8 $\pm$ 0,3 a D
SPD	32,3 $\pm$ 0,1 b C	31,3 $\pm$ 0,1 c C	55,5 $\pm$ 0,1 a C
SC	47,2 $\pm$ 0,1 b B	47,2 $\pm$ 0,1 c B	61,7 $\pm$ 0,3 a B
SE	70,3 $\pm$ 0,2 b A	52,1 $\pm$ 0,1 c A	73,3 $\pm$ 0,2 a A

CV=0,72%; ILP-a = Integração Lavoura-Pecuária A, ILP-b = Integração Lavoura-Pecuária B, SPD = Plantio Direto; SC = Convencional, SE = solo estéril. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).



Considerando a importância dos microrganismos para o processo de degradação dos agrotóxicos no solo, esses resultados sugerem que, ao favorecerem as comunidades microbianas do solo, os sistemas ILP-a, ILP-b e SPD favoreceram a maior degradação dos inseticidas avaliados nesses sistemas. Também deve ser destacado que, embora os sistemas ILP-a e ILP-b apresentem o mesmo sistema de manejo

com rotação de culturas ao longo tempo, o sistema ILP-a apresentou os maiores valores dos atributos microbiológicos do solo. Esse resultado reflete o efeito temporal da rotação de culturas, uma vez que dois meses antes da coleta dos solos houve, nesse tratamento, a incorporação de *Brachiaria decumbens* Stapf ao solo, o que pode favorecer o aumento da matéria orgânica e a atividade e desenvolvimento dos

Tabela 2- Atividade da  $\beta$ -glucosidase e fosfatase ácida ( $\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ ) do solo (0-10cm) sob os sistemas integração lavoura-pecuária (ILP-a e ILP-b), plantio direto (SPD), convencional (SC) e solo estéril (SE). CAMPO = momento da coleta; BOD = uma semana após a incubação das amostras; T7 e T51 = sete e 51 dias, respectivamente, após a aplicação simultânea dos inseticidas bifentrina, permetrina e tiametoxam.

Sistemas	----- $\beta$ -glucosidase-----				----- fosfatase ácida-----	
	CAMPO	BOD	T 7	T51	CAMPO	BOD
ILP-a	356 $\pm$ 4,1*	351 $\pm$ 2,0	225 $\pm$ 4,0	356 $\pm$ 0,5	1206 $\pm$ 6,8	1184 $\pm$ 6,3
ILP-b	282 $\pm$ 15,3	326 $\pm$ 18,4	197 $\pm$ 3,6	310 $\pm$ 8,1	649 $\pm$ 4,1	789 $\pm$ 11,1
SPD	188 $\pm$ 2,8	193 $\pm$ 8,0	142 $\pm$ 9,3	187 $\pm$ 11,2	612 $\pm$ 13,6	671 $\pm$ 3,0
SC	99 $\pm$ 7,8	170 $\pm$ 5,8	65 $\pm$ 4,6	100 $\pm$ 19,0	291 $\pm$ 14,5	396 $\pm$ 2,3
SE	-	49 $\pm$ 29,5	29 $\pm$ 22,0	98 $\pm$ 27,9	-	189 $\pm$ 13,2

\*Médias $\pm$ erro padrão (n=3).

microrganismos. Entre os quatro sistemas de cultivo avaliados, o solo proveniente do tratamento SC foi o que apresentou os menores valores de C-BMS, respiração basal e da atividade enzimática (Tabela2), e os maiores valores da quantidade remanescente dos três inseticidas após 51 dias de avaliação (Tabela1), caracterizando uma degradação lenta nesse sistema. Entre os fatores que explicam a redução dos parâmetros biológicos no SC, destacam-se a menor diversidade de espécies vegetais (sucessão soja/aveia-preta) e o revolvimento do solo. O tratamento SE foi o que apresentou a maior quantidade remanescente dos três inseticidas, evidenciando a importância dos microrganismos na degradação desses inseticidas. A principal rota de decomposição dos agrotóxicos no solo envolve sua utilização como fonte de C, N e energia pelos microrganismos, o que explica a rápida degradação desses produtos em solos não-estéreis com alta atividade biológica (PAL et al., 2006).

Como o estabelecimento de diferentes agroecossistemas influencia diretamente a biota do solo e os processos realizados por ela, esses resultados corroboram os de outros estudos, que também evidenciam a importância da caracterização do componente microbiológico nos estudos envolvendo avaliação da qualidade dos solos agrícolas, detectando as alterações que ocorrem nesse ambiente, em função do seu uso e manejo, seja ele mantenedor, melhorador ou degradador da qualidade (PEIXOTO et al., 2010).

Observa-se um bom ajuste ao modelo de cinética de primeira ordem dos dados das quantidades remanescentes dos três inseticidas no solo, em função do tempo, em todos os sistemas avaliados (Tabela 3). Os valores dos  $R^2$  para os diferentes inseticidas variaram de 0,88 a 0,98 e os valores do Erro- $\chi^2$  de 1,2 a 7,4%. O tiametoxam foi o inseticida que apresentou as maiores quantidades remanescentes no solo com valores de meia-vida ( $TD_{50}$ ) entre 46 (ILP-a) e 84 dias (SC),

indicando sua maior persistência, quando comparado à bifentrina e permetrina. Esses valores de  $TD_{50}$  são menores que os observados por SCORZA JÚNIOR & RIGITANO (2012) ( $TD_{50}$  entre 96 e 618 dias) em solos provenientes de SC em Mato Grosso do Sul e incubados em laboratório. Os valores de  $TD_{50}$  da bifentrina variaram de 14 (ILP-a) a 44 dias (SC). Estudos sobre a degradação de bifentrina em solos têm mostrado valores de  $TD_{50}$  entre 3 e 96 dias (FENOLL et al., 2011). MANOJ & GAJBHIYE (2008) relatam que fatores como umidade, matéria orgânica e temperatura do solo favorecem o desenvolvimento de microrganismos, refletindo em maiores taxas de degradação de piretroides, com redução de sua persistência em menos de 20 dias, conforme observado para o ILP-a neste estudo. A permetrina apresentou valores de  $TD_{50}$  entre 9 (ILP-a) e 47 dias (SC).

A aplicação dos três inseticidas no solo dos diferentes sistemas de manejo reduziu a atividade enzimática da  $\beta$ -glucosidase, conforme observado sete dias após a aplicação (Tabela 2). A aplicação dos inseticidas também reduziu o C-BMS e a respiração basal, cujos valores foram estatisticamente inferiores ( $P < 0,05$ ) nas avaliações T0 (dia da fortificação das amostras de solo com os inseticidas), T7 (sete dias após a aplicação) e T14, quando comparados aos T21, T28, T40 e T51 (Figura 1). No entanto, para os três parâmetros, houve uma recuperação, sendo que, no final do experimento de incubação, os valores foram semelhantes aos encontrados à época da coleta das amostras no campo (Figura 1 e Tabela 2), indicando que o efeito dos inseticidas na comunidade microbiana do solo foi temporário. Com exceção dos agentes de fumigação, a maioria dos agrotóxicos quando aplicados ao solo nas doses recomendadas, apresenta efeitos temporários, sem afetar significativamente a comunidade microbiana (PERUCCI et al., 1999; PAL et al., 2006). Deve ser destacado que, apesar

Tabela 3- Parâmetros do modelo de degradação de cinética de primeira ordem dos três inseticidas nos diferentes sistemas de manejo do solo. ILP-a = integração lavoura-pecuária A, ILP-b = integração lavoura-pecuária B, SPD = plantio direto; SC = convencional, SE = solo estéril. TD<sub>50</sub> = meia-vida.

Inseticidas	Sistemas	-----Cinética de primeira ordem-----				
		Erro- $\chi^2$ (%)	Co (%)	k (dia <sup>-1</sup> )	TD <sub>50</sub> (dia)	R <sup>2</sup>
Bifentrina	ILP-a	4,4	103,5±4,5 <sup>a*</sup>	0,048±0,004 <sup>*</sup>	14	0,96
	ILP-b	4,7	104,2±4,7 <sup>*</sup>	0,027±0,003 <sup>*</sup>	25	0,93
	SPD	7,4	109,9±7,4 <sup>*</sup>	0,027±0,005 <sup>*</sup>	25	0,88
	SC	4,6	109,4±4,7 <sup>*</sup>	0,016±0,003 <sup>*</sup>	44	0,89
Permetrina	ILP-a	4,1	96,7±4,2 <sup>*</sup>	0,074±0,006 <sup>*</sup>	9	0,97
	ILP-b	3,7	97,7±3,7 <sup>*</sup>	0,033±0,003 <sup>*</sup>	21	0,95
	SPD	6,7	104,5±6,7 <sup>*</sup>	0,031±0,004 <sup>*</sup>	22	0,88
	SC	2,3	99,3±2,3 <sup>*</sup>	0,015±0,001 <sup>*</sup>	47	0,95
Tiametoxam	ILP-a	2,1	102,1±2,2 <sup>*</sup>	0,015±0,001 <sup>*</sup>	46	0,96
	ILP-b	1,2	100,5±1,3 <sup>*</sup>	0,012±0,001 <sup>*</sup>	56	0,98
	SPD	1,3	100,6±1,3 <sup>*</sup>	0,011±0,001 <sup>*</sup>	60	0,97
	SC	1,2	97,8±1,2 <sup>*</sup>	0,008±0,001 <sup>*</sup>	84	0,96

<sup>a</sup> Erro padrão; <sup>\*</sup>Significativo pelo teste t a 5%.

das variações observadas ao longo do tempo de incubação, o sistema ILP-a se manteve sempre com os maiores valores dos atributos microbiológicos do solo entre os sistemas de manejo avaliados, indicando maior atividade microbiana durante todo o período experimental (Figura 1 e Tabela 2). No contexto da agricultura moderna, esses resultados indicam claramente que a adoção de sistemas de manejo como o ILP-a e ILP-b, que maximizam a rotação de culturas e o retorno de resíduos vegetais ao solo, minimizando o seu revolvimento, resultou em solos biologicamente mais ativos, com condições favoráveis para uma degradação mais rápida dos inseticidas bifentrina, permetrina e tiametoxam.

## CONCLUSÃO

O tiametoxam apresentou uma degradação lenta no solo dos diferentes sistemas de manejo avaliados, em comparação à bifentrina e permetrina. O SILP favoreceu incrementos da MOS, C-BMS e atividade microbiana e propiciou a degradação mais rápida dos três inseticidas no solo, em comparação aos outros sistemas avaliados, evidenciando mais um benefício do SILP, relacionado à diminuição da persistência de agrotóxicos.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado do primeiro autor

no programa Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais (PGRN) da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) e pelas bolsas de produtividade de I.C. Mendes e F.M. Mercante. Aos laboratoristas Klerisson S. Duro da Embrapa Agropecuária Oeste, Clodoaldo A. Souza e Lucas F. S. Rolim da Embrapa Cerrados, pelo apoio técnico na realização do trabalho.

## REFERÊNCIAS

ACOSTA-MARTÍNEZ, V. et al. Long-term soil microbial community and enzyme activity responses to an integrated cropping-livestock system in a semi-arid region. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.137, p.231-240, 2010. Disponível em: <<http://www.journals.elsevier.com/agriculture-ecosystems-and-environment>>. Acesso em: 03set. 2013. doi:10.1016/j.agee.2010.02.008.

AMARAL, J.A.M. et al. Levantamento semidetalhado dos solos do campo experimental de Dourados, da Embrapa Agropecuária Oeste, Município de Dourados, MS. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 68p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 22; Embrapa Solos. Documentos, 15).

BARTLETT, R.J.; ROSS, D.S. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Science Society of America Journal**, v.52, p.1191-1192, 1988. Disponível em: <<https://www.agronomy.org/publications/sssaj/tocs/52/4>>. Acesso em: 10set. 2012. doi:10.2136/sssaj1988.03615995005200040055x.

CHOWDHURY, A. et al. Impact of pesticides on soil microbiological parameters and possible bioremediation strategies. **Indian Journal Microbiology**, v.48, p.114-127, 2008. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3450207/>>. Acesso em: 01set. 2013. doi: 10.1007/s12088-008-0011-8.

- CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 1997. 212p. (Embrapa-CNPq. Documentos, 1).
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.389-411.
- FENOLL, A.J. et al. Reduction of the movement and persistence of pesticides in soil through common agronomic practices. **Chemosphere**, v.85, p.375-82, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/aip/00456535>>. Acesso em : 01ago.2013. doi:10.1016/j.chemosphere.2011.07.063.
- FOCUS. **Guidance document on estimating persistence and degradation kinetics from environmental fate Studies on pesticides in EU registration:the final report of the Work Group on Degradation Kinetics of FOCUS: Sanco/10058/2005, version 2.0**. Brussels-BE, 2006. 434p.
- MANOJ, V.B.; GAJBHIYE, V.T. Effect of rate of application and moisture regimes on persistence of bifenthrin in soil under laboratory conditions. **Pesticide Research Journal**, v.20, p.287-291, 2008. Disponível em: <<http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:prj&volume=20&issue=2&article=034>>. Acesso em: 23ago. 2013.
- MENDES, I.C. et al. Propriedades biológicas em agregados de um LE sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 435-443, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n3/16661.pdf>>. Acesso em: 28 jul.2014
- MOREIRA, J.C. et al. Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.17, n.6, p.1557-1568, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232012000600019>>. Acesso em: 23set. 2013. doi: 10.1590/S1413-81232012000600019.
- PAL, R. et al. Degradation and effects of pesticides on soil microbiological parameters – A review. **International Journal of Agricultural Research**, v.1, p.240-258, 2006. Disponível em: <<http://scialert.net/abstract/?doi=ijar.2006.240.258>>. Acesso em: 20set. 2012.doi: 10.3923/ijar.2006.240.258.
- PEIXOTO, R.S. et al. A decade of land use contributes to changes in the chemistry, biochemistry and bacterial community structures of soils in the Cerrado. **Antonie van Leeuwenhoek**, v.98, p.403-413, 2010. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s10482-010-9454-0>>. Acesso em: 18set. 2013. doi:10.1007/s10482-010-9454-0.
- PERUCCI, P. et al. Rimsulfuron in a silty clay loam soil: effects upon microbiological and biochemical properties under varying microcosm conditions. **Soil Biology & Biochemistry**, v.31, p.195-204, 1999. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00380717/31/2>>. Acesso em: 21fev. 2014. doi: 10.1016/S0038-0717(98)00087-X
- PESSINI, M.M. O. **Resíduos de acetamiprid e thiamethoxam em tomate estaqueado (*Lycopersicon esculentum* Mill.), em diferentes modalidades de aplicação**. 2003. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Curso de Pós-graduação em Ciências, Universidade de São Paulo, SP.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2012.
- SCORZA JÚNIOR, R.P.; RIGITANO, R.L.O. Sorção, degradação e lixiviação do inseticida tiametoxam em dois solos de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.564-572, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000500013>>. Acesso em: 01set. 2013. doi: 10.1590/S1415-43662012000500013.
- SILVA, F.S. et al. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.277-1283, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000023>>. Acesso em: 02set. 2013.doi: 10.1590/S0100-204X2011001000023.
- TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W.et al.(Eds.). **Methods of soil analysis: Microbiological and biochemical properties**, 2. Madison: Soil Sci Soc Am J, 1994. p.775-833. (SSSA, Book Series, 5).
- VANCE, E.D. et al. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, p.703-707, 1987. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90052-6](http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717(87)90052-6)>. Acesso em: 19set. 2012. doi:10.1016/0038-0717(87)90052-6.