

Anais da I Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental



Documentos 35

Anais da I Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental

Levy de Carvalho Gomes
José Jackson Bacelar Nunes Xavier
Marcos Vinícius Bastos Garcia
Eduardo Lleras Pérez
Luadir Gasparotto
Adônis Moreira

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Amazônia Ocidental

Rodovia AM-010, km 29, Estrada Manaus/Itacoatiara

Caixa Postal 319

Fone: (92) 621-0300

Fax: (92) 3621-0320 / 3621-0317

www.cpa.embrapa.br

sac@cpaa.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: José Jackson Bacelar Nunes Xavier

Membros: Adauto Maurício Tavares

Cíntia Rodrigues de Souza

Edsandra Campos Chagas

Francisco Célio Maia Chaves

Gleise Maria Teles de Oliveira

José Clério Rezende Pereira

Maria Augusta Abtibol Brito

Maria Perpétua Beleza Pereira

Paula Cristina da Silva Ângelo

Raimundo Nonato Vieira da Cunha

Sebastião Eudes Lopes da Silva

Revisor de texto: Maria Perpétua Beleza Pereira

Normalização bibliográfica: Maria Augusta Abtibol Brito

Diagramação e arte: Gleise Maria Teles de Oliveira

Capa: Doralice Campos Castro

1ª edição

Todos os direitos reservados.

**A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).**

**Cip-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Amazônia Ocidental.**

Gomes, Levy de Carvalho et al.

Anais da I Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental / (editado por) Levy de Carvalho Gomes et al.

- Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2004.

137 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos; 35).

ISSN 1517-3135

1. Pesquisa. 2. Ciência. I. Título. II. Série.

CDD 501

Efeito de herbicidas sobre a fauna do solo

Mirne Passos Santana⁽¹⁾, Terezinha Batista Garcia⁽²⁾ e Marcos Vinicius Bastos Garcia⁽²⁾

⁽¹⁾Bolsista Pibic/CNPq. E-mail: mirne@cmaa.embrapa.br; ⁽²⁾Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, km 29, Zona Rural, Caixa Postal 319, 69010-970. Manaus - AM. E-mail: tgarcia@cmaa.embrapa.br, mgarcia@cmaa.embrapa.br

Resumo - O uso de agrotóxicos faz parte da rotina da agricultura praticada nas várzeas amazônicas. Diagnósticos sobre o uso de agrotóxicos nessas áreas mostraram que estes têm sido usados de modo inadequado. O impacto de produtos químicos aos organismos do solo tem sido alvo de preocupação, já que a manutenção dos processos biológicos do solo é fundamental para o uso agrícola em longo prazo. Neste estudo foi avaliada a toxicidade dos herbicidas glifosato e oxadiazon à fauna do solo em condições tropicais (i.e. 28 °C, solo artificial tropical, solo natural (aluvial) e espécies da fauna local). O organismo indicador foi a minhoca (*Eisenia fetida*). Adicionalmente o efeito de glifosato foi testado em isópodos (*Porcellionides pruinosus*). Os resultados dos testes de toxicidade em solo artificial e de várzea mostram que o glifosato não tem efeito letal para *E. fetida* e *P. pruinosus*. O oxadiazon também não foi tóxico para *E. fetida*, em ambos os substratos, mas causou redução da biomassa dos indivíduos. O glifosato não teve efeito sobre o comportamento (repelência) de *E. fetida*, enquanto para o oxadiazon foi significativo. Apesar da baixa toxicidade aguda do glifosato e oxadiazon, o efeito crônico (subletal) desses herbicidas precisa ser avaliado para organismos do solo.

Termos para indexação: ecotoxicologia, solo artificial, pesticidas.

Effects of herbicides on soil fauna

Abstract - Pesticides have been often used by farmers in Amazonian floodplains (várzeas). Survey about the use of agrochemicals in these areas showed that they have not been appropriately managed. The impact of chemical products on soil organisms has become an issue of great concern, since the maintenance of biological processes in soil is crucial for a long-term land use. In this study the toxicity of glyphosate and oxadiazon on soil fauna were evaluated in tropical conditions (i.e. 28 °C, tropical artificial soil, natural soil (alluvial) and local soil fauna species). The earthworm *Eisenia fetida* was selected as standard test organism. Additionally, the effect of glyphosate was tested in Isopods (*Porcellionides pruinosus*). The results showed that the glyphosate had no lethal toxicity for *E. fetida* and *P. pruinosus* in both soil substrates. Likewise, the oxadiazon did not show acute toxicity for *E. fetida*, but decreased the biomass of the earthworms. The glyphosate did not affect the behavior (avoidance) in *E. fetida*, whereas for oxadiazon it was significant. In spite of the low acute toxicity of glyphosate and oxadiazon, the chronic (sublethal) toxicity of these herbicides should be evaluated for soil organisms.

Index terms: ecotoxicology, artificial soil, pesticides.

Introdução

Vários fatores têm sido apontados como risco à diversidade biológica das regiões tropicais, mas o efeito de poluentes químicos sobre a biodiversidade do solo tem sido pouco considerado. Devido à complexidade biológica e às diferenças climáticas existentes nos trópicos, os estudos sobre toxicologia ambiental não podem ser meramente

baseados nos conhecimentos existentes para as regiões temperadas. Tais diferenças são razões suficientes para que estudos de ecotoxicologia tropical tenham nova abordagem (Lacher & Goldstein, 1997).

A atividade agrícola na Amazônia, em geral, requer o uso intensivo de produtos químicos em razão das condições climáticas e da grande diversidade de pragas e doenças. Embora a agricultura nessa região seja, em

maioria, baseada na agricultura familiar, o uso de agrotóxicos, sobretudo inseticidas e herbicidas, faz parte da rotina dos sistemas de cultivo. Além disso, boa parte da atividade agrícola se concentra nas margens de rios, nas várzeas periodicamente inundadas.

Dados estatísticos sobre uso de agroquímicos na Região Amazônica são escassos. Waichman et al. (2002) e Nina (2002) realizaram um diagnóstico em diversas comunidades do Rio Solimões, no Município de Manacapuru, e relataram que herbicidas têm sido usados de modo inadequado devido ao menor custo em relação à capina manual.

O efeito tóxico direto de herbicidas aos organismos do solo tem sido difícil de demonstrar em estudos de campo. Contudo, Salminen et al. (1996, 1997) observaram que os herbicidas têm efeitos diretos aos artrópodos do solo, e a toxicidade pode variar conforme as diferentes vias de exposição e interações tróficas entre os organismos. Segundo Liebhardt & Werner (1991), os efeitos toxicológicos indiretos dos herbicidas foram causados principalmente pela diminuição da produção primária, redução da matéria orgânica e da cobertura vegetal.

Estudos toxicológicos de herbicidas, bem como de outros agrotóxicos, sobre a biota do solo são bases para a elaboração de uma análise de risco ambiental.

Neste estudo foi testada, em laboratório, a toxicidade aguda dos herbicidas glifosato e oxadiazon para minhocas (*Eisenia fetida*) e do glifosato para isópodos (*Porcellionides pruinosus*), bem como a capacidade de *Eisenia fetida* reagir a solos contaminados com esses herbicidas em diferentes concentrações (testes de repelência).

Material e Métodos

Seleção de substratos

Solo Artificial: Os testes de toxicidade foram feitos em solo artificial tropical (Garcia, 2004) cuja formulação (Tabela 1) foi baseada no Protocolo Internacional n°. 207 (OECD, 1984).

Tabela 1. Composição do substrato de solo artificial tropical.

Componente do solo	Conteúdo baseado na % de massa seca
Pó da casca de coco triturada (seco ao ar)	10
Argila branca (caulim) seca ao ar	20
Areia fina (seca ao ar)	70
Carbonato de cálcio (CaCO ₃) para ajustar o pH para 6,0 ± 0,5.	0,3 - 1,0

Solo Natural: Testes foram realizados em solo tipo Glei Pouco Húmico, presente em áreas de várzea da Região Amazônica. A classificação textural desse solo é franco-siltoso (Tabela 2).

Tabela 2. Composição do solo tipo Glei Pouco Húmico.

Areia grossa	Areia fina	Areia total	Silte	Argila
2,00 - 0,20 mm 0,1 %	0,20 - 0,05 mm 12,2 %	2,00-0,05 mm 12,3 %	0,05 - 0,002 mm 70,4 %	> 0,002 mm 17,3 %

Seleção de espécies e procedimentos de cultivo

a) *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) (Oligochaeta, Lumbricidae)

Espécie de minhoca usada em testes padronizados de toxicidade de substâncias químicas para o solo, em regiões temperadas (OECD, 1984) e tropicais (Ibama, 1990). Foram utilizadas culturas de *E. fetida* estabelecidas no laboratório de Entomologia da Embrapa Amazônia Ocidental, as quais foram adquiridas de criadores de minhocas nos arredores de Manaus. Estas foram mantidas em caixas de plástico (25 x 36 cm de área, 12 cm de altura) com um substrato que consiste na mistura de solo artificial tropical com esterco bovino (70:30, v/v) e mantidas à temperatura ambiente (25 a 30 °C; média = 28 °C), umidade relativa do ar próximo de 80% e expostas a um ciclo luminoso natural (12h luz /12h escuro). As minhocas foram alimentadas uma a duas vezes por semana com esterco bovino seco, triturado e livre de qualquer contaminação por substâncias químicas.

b) *Porcellionides pruinosus* (Brandt, 1833) (Isopoda, Porcellionidae)

Crustáceo de hábito terrestre, muito difundido em regiões tropicais. Foram utilizadas culturas de *P. pruinosus* estabelecidas no laboratório de Entomologia da Embrapa Amazônia Ocidental, a partir de exemplares coletados em um canteiro de compostagem de uma propriedade rural. As colônias foram mantidas em caixas de plástico (25 x 36 cm de área, 12 cm de altura) contendo uma camada de húmus (de culturas de minhocas) e alimentadas com folhas secas da leguminosa *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth., e ração para peixes do tipo Tetramin®. Esse crustáceo tem o hábito de entrar no substrato, quando este não está compactado, e com isso tem maior contato com o contaminante químico.

Seleção das substâncias químicas

Testes de toxicidade foram feitos com glifosato e oxadiazon, herbicidas de largo espectro, não seletivos, muito utilizados em diversos cultivos agrícolas e florestais. O glifosato tem ação sistêmica e é recomendado como pós-emergente, enquanto o oxadiazon não tem ação sistêmica e atua como pré ou pós-emergente no controle de ervas em diversas culturas.

Procedimento experimental

O sistema para determinação da toxicidade aguda de herbicidas para *Eisenia fetida* foi baseado nos Protocolos Internacionais OECD no. 207 (OECD, 1984) e ISO 11268-1 (1993). Estes descrevem um método para a determinação de toxicidade aguda para *E. fetida*, via cutânea e por ingestão, usando solo artificial.

As diferentes concentrações dos herbicidas foram preparadas com base na massa seca (ms) do substrato, isto é, cada concentração representará a quantidade do ingrediente ativo em mg por kg do substrato (Ex.: 3,16 mg i.a./kg). Em cada réplica experimental, o ingrediente ativo foi diluído em água destilada, adicionado e misturado em 500 g (ms) de substrato, em frasco de vidro (vol.1,3 L) com tampas de plástico

perfuradas. A umidade do substrato foi ajustada para $35 \pm 5\%$ (ms). Após a contaminação em diferentes concentrações, amostras foram retiradas para cálculo da umidade e pH do substrato, em uma réplica de cada tratamento. Em seguida 10 indivíduos de *E. fetida* pesando entre 300 a 600 mg foram colocados sobre a superfície do substrato e incubados à temperatura de $28 \pm 2^\circ\text{C}$ e sob fotoperíodo de 12h/12h. Após 7 dias foi feita uma avaliação da mortalidade e mudança na biomassa. Aos 14 dias de incubação, essa avaliação foi repetida.

Testes com *P. pruinosus* seguiram procedimentos similares àqueles aplicados para *E. fetida*, diferindo nos seguintes aspectos: (1) caixas de plástico (área de 11 x 15,5 cm, 6 cm de altura), com tampas de plástico, perfuradas, foram usadas como recipientes; (2) cada réplica recebeu 250 g (ms) do substrato e 10 indivíduos pesando entre 20 a 30 mg; (3) a umidade do substrato foi ajustada para $25 \pm 5\%$ (ms).

Experimento I: Testes preliminares

Para se definir uma faixa de concentrações, testes preliminares foram feitos em 5 concentrações (e.g. 0,1 / 1 / 10 / 100 / 1000 mg/kg) e controle em apenas uma réplica. Dados de mortalidade em cada concentração permitiram o cálculo da concentração letal mediana (CL_{50}). Com base no valor da CL_{50} preliminar foram definidas duas concentrações acima e duas abaixo para uso no teste de toxicidade aguda.

Experimento II: Toxicidade aguda

a) Teste de toxicidade aguda de glifosato e oxadiazon para *Eisenia fetida* em solo artificial tropical e em solo natural.

Neste experimento, com base nos resultados dos testes preliminares, foram definidas cinco concentrações em quatro réplicas por tratamento. Estes ensaios tiveram a mesma duração e os mesmos parâmetros de avaliação que nos testes preliminares. Os resultados foram expressos pelos parâmetros: CL_{50} (concentração letal

efeito observado) e CNEO (concentração de nenhum efeito observado). As CL_{50} , com seus respectivos intervalos de confiança a 95%, foram utilizadas em cálculos para comparação da toxicidade entre os herbicidas, substratos ou espécies de organismos.

b) Teste de toxicidade aguda de glifosato para *Porcellionides pruinosus* em solo artificial tropical.

Nesses testes foi usado o mesmo desenho experimental descrito para *E. fetida* (Exp. II).

Experimento III: Teste de repelência

As minhocas possuem células quimio-receptoras em seu tegumento, especialmente nos segmentos anteriores do corpo. Tais estruturas as tornam muito sensíveis às mudanças químicas no ambiente. Essa sensibilidade, aliada à sua capacidade de locomoção, permite que elas possam evitar áreas contaminadas (Stephenson, et al., 1998). Portanto, o teste de repelência, uma alternativa para rápida avaliação da toxicidade, baseada na resposta comportamental destes organismos, tem sido proposta por Yeardeley et al. (1996), Slimak (1997), Stephenson et al. (1998), Hund-Rinke and Wiechering (2001) e Hund-Rinke et al. (2003). O princípio deste teste é a exposição simultânea das minhocas ao solo que se quer avaliar (contaminado) e ao solo controle, permitindo a migração entre ambos. Após um curto período de 2 a 3 dias a localização dos indivíduos é determinada. Esses testes têm sido recomendados na avaliação de solos contaminados que estejam em processo de remediação.

Foram feitos testes de repelência usando *E. fetida* em 6 concentrações dos herbicidas, em 4 réplicas, em solos artificial e natural. Caixas de plástico (área de 11 x 15,5 cm, 6 cm de altura) foram preenchidas com 250 g (ms) de solo em cada metade, uma com substrato contaminado e outra com não contaminado. Durante o preenchimento, foi usada uma lâmina divisória para evitar a mistura dos substratos. Após a retirada da lâmina, dez indivíduos de *E. fetida*, pesando entre 300 a 600 mg, foram colocados na

região central do recipiente sobre o substrato. Em seguida foram incubados por 48h a 28 ± 2 °C, na ausência de luminosidade. Ao término da incubação cada recipiente foi cuidadosamente examinado e, separando-se as seções (controle e tratamento), foram

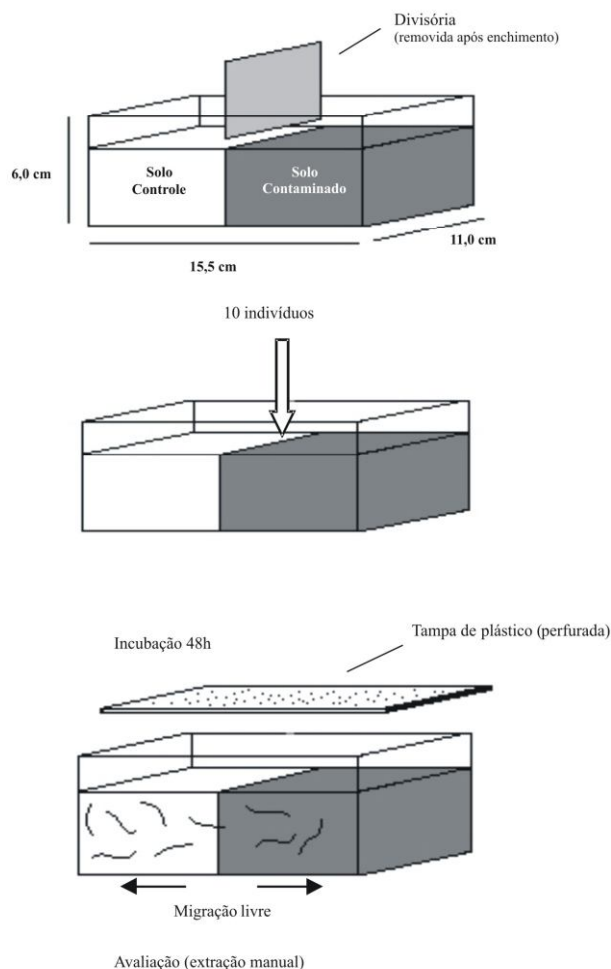


Figura 1. Esquema de procedimento para teste de repelência (modificado de Hund-Rinke & Wiechering 2001).

A resposta de repelência foi quantificada pela diferença entre as proporções de indivíduos em cada uma das seções. Tais resultados permitiram o cálculo da CE_{50} (concentração de efeito mediana) e seus respectivos intervalos de confiança.

Desenho experimental e análises estatísticas

Os experimentos com teste de toxicidade aguda foram feitos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Para os testes de toxicidade aguda, foi usada a Análise de Variância

(ANOVA), seguida pelo teste de Dunnett, para comparação das médias dos tratamentos com o controle. Nos testes de repelência foi usado o Teste t para comparação das médias do número de indivíduos entre as seções contaminadas e de controle.

Resultados e Discussão

Conforme citado por Monsanto (2001), o glifosato é considerado pouco ou mesmo não tóxico para *Eisenia fetida*, i.e., a concentração letal mediana (CL₅₀) é maior que 1.250 mg/kg de solo, em solo artificial e condições de clima temperado (solo artificial OECD, pH = 6, temperatura de 20°C e *E. fetida* de origem européia). Segundo Bayer (2002), o herbicida oxadiazon é pouco tóxico para minhocas (CL₅₀ não determinada). Neste estudo, os resultados dos testes de toxicidade em condições tropicais (solo artificial tropical modificado, pH = 6, temperatura 28°C e *E. fetida* de origem tropical) confirmaram que o glifosato e oxadiazon não têm efeito tóxico para esta espécie em solo artificial (CL₅₀ maior que 1.000 mg/kg de solo) (Tabelas 3, 4 e 9, 10,

respectivamente). O solo natural de terra-firme (Argissolo) não foi um substrato adequado para testes de toxicidade para *E. fetida*, em decorrência da alta mortalidade observada no controle. A alta acidez (pH = 3,5 - 4,0) desse solo é, provavelmente, o fator limitante para sobrevivência de *E. fetida*. Posteriormente observou-se que essa espécie pode sobreviver em um solo natural de várzea, cujo pH variou de 4,4 a 5,1. Portanto, nesse solo, os testes de toxicidade foram válidos e os resultados mostraram que ambos os herbicidas não têm efeito tóxico direto sobre *E. fetida* (i.e. CL₅₀ maior que 1.000 mg/kg) (Tabelas 7, 8 e 11, 12, respectivamente). Resultados de testes de toxicidade para *P. pruinus* em solo artificial mostram que o glifosato não tem ação tóxica direta para esses artrópodos (Tabelas 5 e 6). O efeito de oxadiazon não foi avaliado para a espécie.

Embora ambos os herbicidas não tenham efeito direto na mortalidade de *E. fetida*, os indivíduos expostos à concentração de 1.000 mg/kg de oxadiazon em solos artificial e natural sofreram significativa perda de biomassa ($P < 0,01$; Teste de Dunnett) (Tabelas 10 e 12).

Tabela 3. Toxicidade aguda de glifosato para *E. fetida* em solo artificial (teste preliminar).

Tratamento	Mortalidade (%) 14º Dia	Biomassa (mg) 1º Dia	Biomassa (mg) 14º Dia	% do peso inicial 14º Dia	Umidade do solo (%)	PH
Controle	0,0	445,3 ± 84,8	333,9 ± 54,0	75,0	36,7	5,4
0,1 mg/kg	0,0	426,4 ± 57,8	329,4 ± 45,2	77,3	34,4	5,2
1 mg/kg	0,0	423,2 ± 86,7	331,5 ± 66,0	78,3	36,3	5,2
10 mg/kg	0,0	469,1 ± 70,0	341,4 ± 51,9	72,8	34,6	5,2
100 mg/kg	0,0	437,3 ± 64,0	339,3 ± 46,2	77,6	35,9	5,2
1.000 mg/kg	0,0	398,1 ± 74,7	320,1 ± 57,4	80,4	36,2	5,2

Tabela 4. Toxicidade aguda de glifosato para *E. fetida* em solo artificial (teste limite).

Tratamento	Mortalidade (%) 14º Dia	Biomassa (mg) 1º Dia	Biomassa (mg) 14º Dia	% do peso inicial 14º Dia	Umidade do solo (%)	PH
Controle	0,0	422,9 ± 20,2	319,4 ± 8,3	75,5	35,0	5,9
1.000 mg/kg	5,0	419,6 ± 20,9	316,3 ± 28,8	75,4	35,0	6,1

Tabela 5. Toxicidade aguda de glifosato para *P. pruinosus* em solo artificial (teste preliminar).

Tratamento	Mortalidade (%) 14° Dia	Umidade do solo (%)	PH
Controle	10,0	38,2	5,3
0,1 mg/kg	20,0	39,3	5,3
1 mg/kg	20,0	37,9	5,2
10 mg/kg	0,0	39,2	5,2
100 mg/kg	20,0	39,6	5,2
1.000 mg/kg	20,0	38,9	5,3

Tabela 6. Toxicidade aguda de glifosato para *P. pruinosus* em solo artificial (teste limite).

Tratamento	Mortalidade (%) 14° Dia	Umidade do solo (%)	PH
Controle	20,0	36,2	6,0
1.000 mg/kg	22,5	37,3	6,1

Tabela 7. Toxicidade aguda de glifosato para *E. fetida* em solo de várzea (teste preliminar).

Tratamento	Mortalidade (%) 14° Dia	Biomassa (mg) 1° Dia	Biomassa (mg) 14° Dia	% do peso inicial 14° Dia	Umidade do solo (%)	PH
Controle	0,0	315,1 ± 39,8	223,2 ± 31,0	70,8	27,8	4,9
0,1 mg/kg	0,0	349,3 ± 68,6	232,2 ± 57,2	66,5	29,1	4,6
1 mg/kg	0,0	365,8 ± 56,2	255,3 ± 45,8	69,8	28,1	4,6
10 mg/kg	0,0	323,6 ± 42,3	223,1 ± 29,4	68,9	31,6	4,4
100 mg/kg	0,0	331,7 ± 73,6	234,5 ± 63,2	70,7	29,5	4,5
1.000 mg/kg	0,0	376,7 ± 74,8	267,3 ± 63,4	71,0	31,3	4,5

Tabela 8. Toxicidade aguda de glifosato para *E. fetida* em solo de várzea (teste limite).

Tratamento	Mortalidade (%) 14° Dia	Biomassa (mg) 1° Dia	Biomassa (mg) 14° Dia	% do peso inicial 14° Dia	Umidade do solo (%)	PH
Controle	0,0	346,5 ± 30,7	242,2 ± 42,7	69,9	32,5	4,4 - 4,9
1.000 mg/kg	0,0	345,3 ± 15,6	218,5 ± 7,5	63,3	32,6	4,4 - 4,9

Tabela 9. Toxicidade aguda de oxadiazon para *E. fetida* em solo artificial (teste preliminar).

Tratamento	Mortalidade (%) 14° Dia	Biomassa (mg) 1° Dia	Biomassa (mg) 14° Dia	% do peso inicial 14° Dia	Umidade do solo (%)	PH
Controle	0,0	360,6 ± 93,0	306,9 ± 77,5	85,1	38,4	5,7
0,1 mg/kg	0,0	370,4 ± 66,0	318,5 ± 118,0	86,0	38,5	5,9
1 mg/kg	0,0	388,1 ± 103,4	343,4 ± 84,3	88,5	38,4	5,8
10 mg/kg	0,0	397,0 ± 77,9	333,5 ± 60,4	84,0	37,3	5,8
100 mg/kg	0,0	373,2 ± 76,0	263,3 ± 69,9	70,6	40,3	5,9
1000 mg/kg	0,0	304,5 ± 42,8	200,6 ± 37,5	65,9	38,3	6,0

Tabela 10. Toxicidade aguda de oxadiazon para *E. fetida* em solo artificial (teste limite).

Tratamento	Mortalidade (%) 14° Dia	Biomassa (mg) 1° Dia	Biomassa (mg) 14° Dia	% do peso inicial 14° Dia	Umidade do solo (%)	PH
Controle						
1000 mg/kg	2,5	396,3 ± 9,7	358,1 ± 24,8	90,4	35,1	6,0
	0,0	386,1 ± 41,3	275,5 ± 35,9	71,3**	36,8	6,0

** Estatisticamente diferente do controle ($P < 0,01$) (Teste de Dunnett)

Tabela 11. Toxicidade aguda de oxadiazon para *E. fetida* em solo de várzea (teste preliminar).

Tratamento	Mortalidade (%) 14º Dia	Biomassa (mg) 1º Dia	Biomassa (mg) 14º Dia	% do peso inicial 14º Dia	Umidade do solo (%)	PH
Controle						
0,1 mg/kg	10,0	353,7 ± 81,4	262,2 ± 105,9	74,1	25,4	5,1
1 mg/kg	0,0	377,5 ± 86,9	248,7 ± 96,3	65,9	25,7	5,0
10 mg/kg	0,0	350,7 ± 93,1	260,8 ± 67,0	74,4	25,7	5,0
100 mg/kg	0,0	429,6 ± 57,0	320,1 ± 37,1	74,5	24,6	5,0
1.000 mg/kg	0,0	393,2 ± 81,5	265,7 ± 57,4	67,6	26,6	4,9
	0,0	441,3 ± 68,4	277,1 ± 45,4	67,4	25,0	4,8

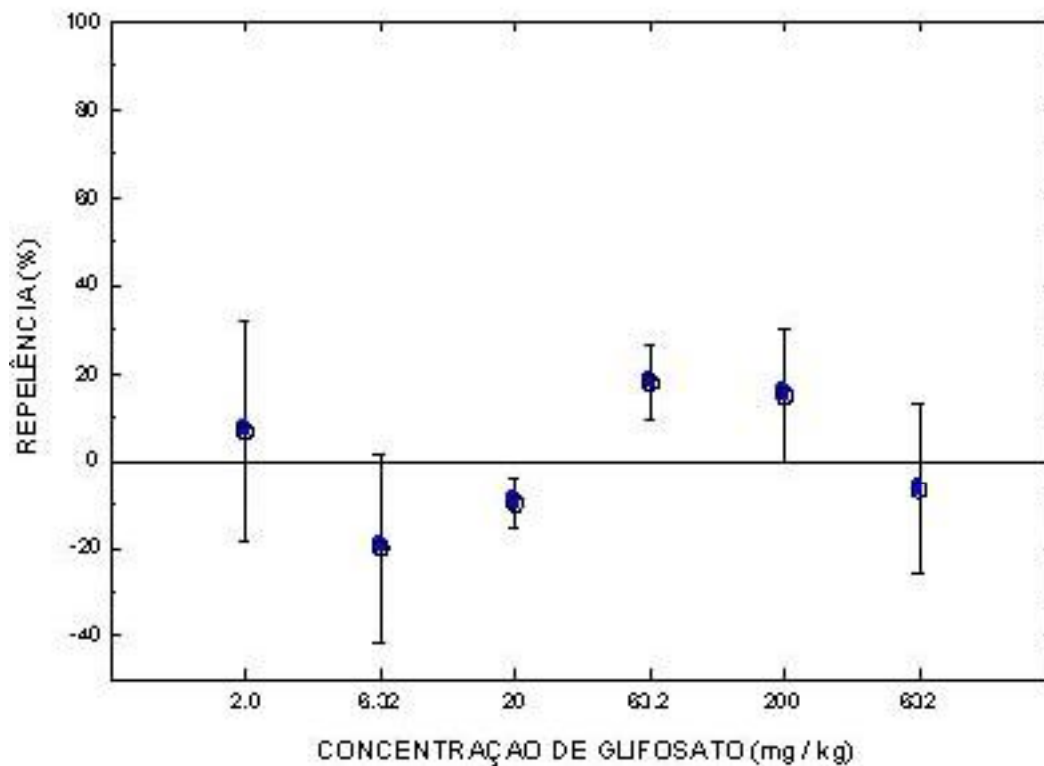
Tabela 12. Toxicidade aguda de oxadiazon para *E. fetida* em solo de várzea (teste limite).

Tratamento	Mortalidade (%) 14º Dia	Biomassa (mg) 1º Dia	Biomassa (mg) 14º Dia	% do peso inicial 14º Dia	Umidade do solo (%)	PH
Controle	5,0	395,2 ± 49,0	307,9 ± 43,6	77,9	33,3	4,9
1.000 mg/kg	0,0	384,0 ± 24,8	262,0 ± 20,2	68,2**	33,8	4,9

** Estatisticamente diferente do controle ($P < 0,01$) (Teste de Dunnett).

Os resultados dos testes de repelência mostraram que *E. fetida* não reage aos solos artificial e de várzea contaminados com o glifosato em concentrações de 2 a 632 mg/kg (Figuras 2 e 3). Ao contrário, em ambos os tipos de solo, as minhocas apresentaram evidente resposta de repelência em

concentrações de 2 a 632 mg/kg de oxadiazon (Figuras 4 e 5). Entretanto, em solo de várzea esse efeito não foi significativo para as concentrações 2 e 20 mg/kg (Figura 5). Isto se deve, provavelmente, ao baixo pH do solo como um segundo fator influenciando o comportamento de repelência.

**Fig. 2.** Resposta de repelência de *E. fetida* a diferentes concentrações (mg/kg) de glifosato em solo artificial tropical (média e erro padrão).

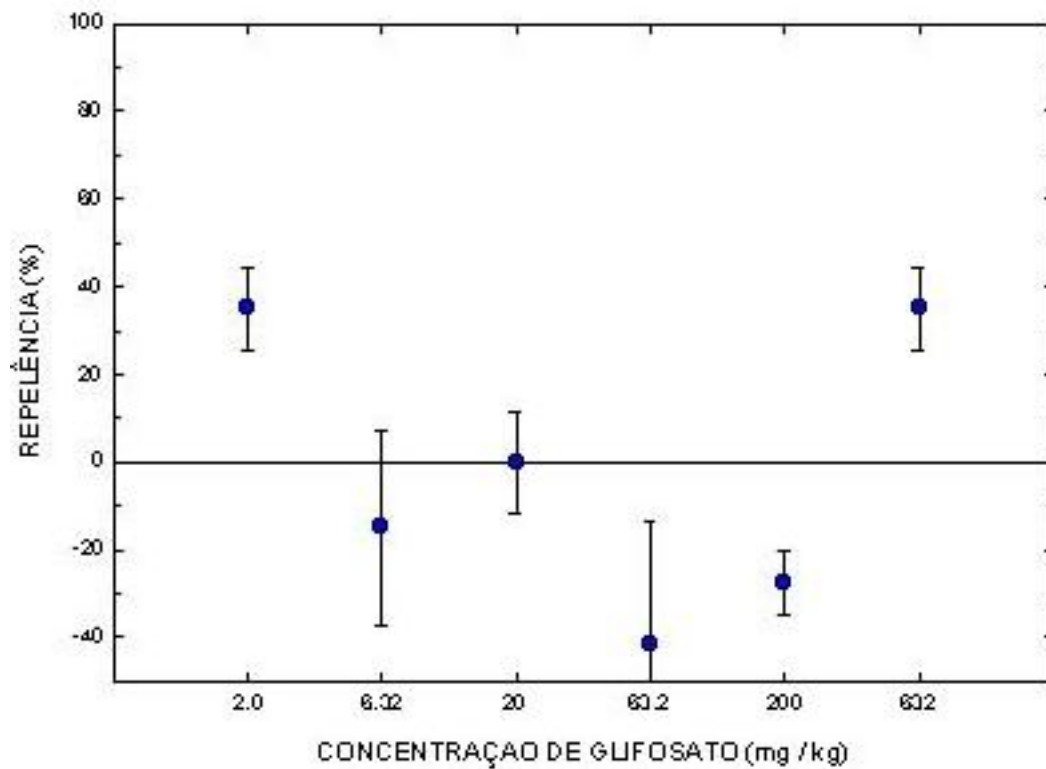


Fig. 3. Resposta de repelência de *E. fetida* a diferentes concentrações (mg/kg) de glifosato em solo de várzea (média e erro padrão).

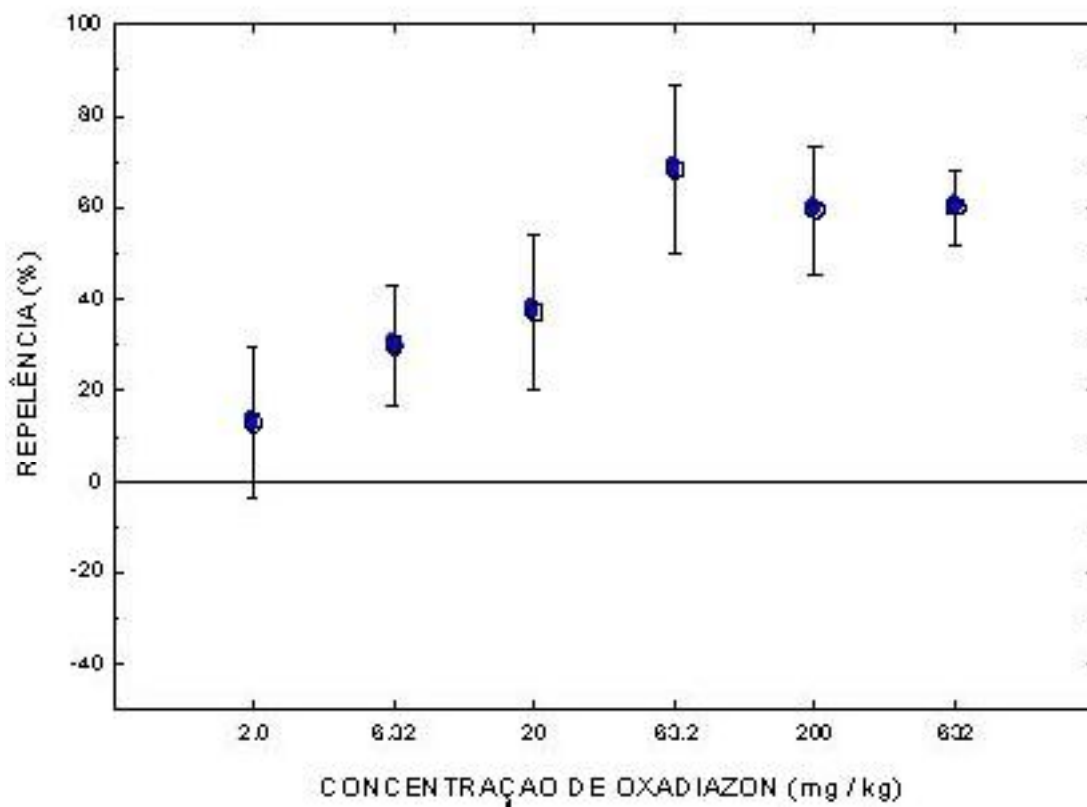


Fig. 4. Resposta de repelência de *E. Fetida* a diferentes concentrações (mg/kg) de oxadiazon em solo artificial tropical (média e erro padrão).

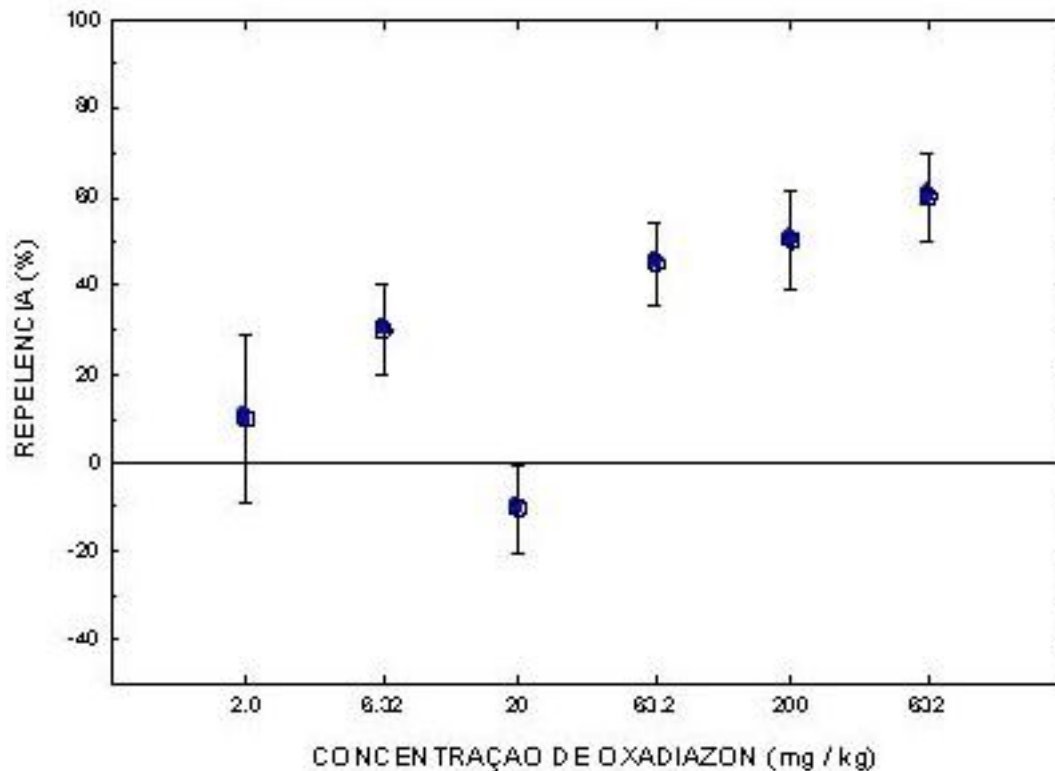


Fig. 5. Resposta de repelência durante a exposição de *E. fetida* a diferentes concentrações (mg/kg) de oxadiazon em solo de várzea (média e erro padrão).

Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que, aparentemente, os herbicidas glifosato e oxadiazon têm baixa letalidade para espécies da fauna do solo. Poder-se-ia então pressupor que essas substâncias apresentam baixo risco ambiental para o solo. Entretanto, uma análise de risco não pode ser baseada apenas nos dados de concentrações letais, mas também devem ser considerados os efeitos da exposição a longo prazo dos organismos às baixas concentrações (subletais). Tais efeitos têm em geral maior relevância ecológica e são estudados em testes de toxicidade crônica, nos quais a reprodução ou crescimento do organismo são os parâmetros avaliados.

Diante disso, são necessários estudos sobre a toxicidade crônica de glifosato e oxadiazon para os organismos de solo.

Referências Bibliográficas

BAYER. **Material safety data sheet** Aventis ronstar granules selective herbicide. Disponível em: <www.bayercropscience.com.au/products/resources/msds/Aliette_msds_0802.pdf>. Acessado em: 29 jul. 2004.

GARCIA, M. **Effects of pesticides on soil fauna**: development of ecotoxicological test methods for tropical regions. Göttingen: Cuvillier Verlag, 2004. 281 p. (Ecology and Development Series, 19).

HUND-RINKE, K.; WIECHERING, H. Earthworm avoidance test for soil assessments - an alternative for acute and reproduction tests. **Journal of Soils and Sediments**, v. 1, n. 1, p. 15-20, 2001.

HUND-RINKE, K. et al. Avoidance test with *Eisenia fetida* as indicator for the habitat function of soils: Results of a laboratory comparison test. **Journal of Soils and Sediments**, v. 3, n. 1, p. 7-12, 2003.

IBAMA. **Manual de testes para avaliação da ecotoxicidade de agentes químicos**. 2. ed. Brasília, 1990. 351 p.

ISO-11268-1. **International organization for standardization**. Soil-quality Effects of pollutants on earthworms (*Eisenia fetida*) Part 1: Determination of acute toxicity using artificial soil substrate. Geneve, Switzerland, 1993. 6 p.

LACHER, T. E.; GOLDSTEIN, M. I. Tropical ecotoxicology: status and needs. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 16, n. 1, p. 100-111, 1997.

LIEBHARDT, B.; WERNER, M. **Soil management: critical key to transition**. Sustainable Agriculture, University of California, v. 3, n. 2, 1991. Disponível em: <<http://www.sarep.ucdavis.edu/NEWSLTR/v3n2/sa-10.htm>>. Acesso em: 5 ago. 2003.

MONSANTO. **Material safety data sheet** Commercial Product ROUNDUP® Pro Concentrate Herbicide. Disponível em: <www.monsanto.com/monsanto/us_ag/content/crop_pro/rounduppro_con/msds.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2004.

WAICHMAN, A. V.; NINA, N. C. S.; ROEMBKE, J. Agrotóxicos: elemento novo na Amazônia. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 190, p. 70-73, 2003.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Guideline for testing chemicals 207**. Earthworm acute toxicity test, 1984. Disponível em: <<http://www.oecd.org/department>>. Acesso em: 20 jan. 2004.

SALMINEN, J.; ERIKSSON, I.; HAIMI, J. Effects of terbutylazine on soil fauna and decomposition processes. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 34, n. 2, p. 184-

189, 1996.

SALMINEN, J.; SETÄLÄ, H.; HAIMI, J. Regulation of decomposer community structure and decomposition processes in herbicide stressed humus soil. **Applied Soil Ecology**, v. 6, n. 3, p. 265-274, 1997. SLIMAK, K. M. Avoidance response as a sublethal effect of pesticides on *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta). **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p. 713-715, 1997.

STEPHENSON, G. L. et al. Use of an avoidance-response test to assess the toxicity of contaminated soils to earthworms. In: SHEPPARD, S. et al. **Advances in earthworm ecotoxicology**. Pensacola, USA: Setac Press, 1998. p. 67-81.

WAICHMAN, A.V. et al. Use and fate of pesticides in the Amazon state, Brazil: risk to human health and the environment. **ESPR - Environmental Science and Pollution Research**, v. 9, n. 6, p. 423-428, 2002.

YEARLEY, R. B.; LAZORCHAK, J. M.; GAST, L. C. The potential of an earthworm avoidance test for evaluation of hazardous waste sites. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 15, p. 1532-1537, 1996