

TOXICIDADE AGUDA E ANÁLISE DE RISCO DE HERBICIDAS E INSETICIDAS UTILIZADOS NA LAVOURA DO ARROZ IRRIGADO SOBRE O CLADÓCERO *Daphnia magna*

FERNANDO KOJIMA NAKAGOME*

JOSÉ ALBERTO NOLDIN**

CHARRID RESGALLA JR.***

Este trabalho teve como objetivo determinar a $CE_{50,48h}$ de alguns herbicidas e inseticidas utilizados na cultura do arroz irrigado e estimar os coeficientes de risco (análise de risco determinístico), com base na toxicidade dos compostos para *Daphnia magna*. Foram avaliados os herbicidas oxyfluorfem, oxadiazona, carbofentrazona etílica, clomazona, quincloraque, pirazossulfurom etílico, 2,4-D, bispiribaque-sódico, metsulfurom metílico e bentazona e os inseticidas lambdacialotrina, fipronil e carbofurano. Os resultados indicaram que os herbicidas oxyfluorfem, oxadiazona e os inseticidas lambdacialotrina, fipronil e carbofurano são os produtos com maior toxicidade sobre *D. magna*. Os valores de $CE_{50,48h}$ em $mg.L^{-1}$ obtidos foram: 3,18; 3,54; 12,252; 14,35; 134,31; 182,11; 407,3; 1.060,0; 2.100,0; 3.900,0; 0,00021; 0,15 e 0,32, respectivamente, para os ingredientes ativos oxyfluorfem, oxadiazona, carbofentrazona etílica, clomazona, quincloraque, pirazossulfurom etílico, 2,4-D, bispiribaque-sódico, metsulfurom metílico, bentazona, lambdacialotrina, fipronil e carbofurano. Considerando a dose de aplicação recomendada pelo fabricante diluída em lâmina de água de 10 cm na cultura do arroz irrigado, os herbicidas oxyfluorfem, oxadiazona e os inseticidas lambdacialotrina, fipronil e carbofurano merecem cuidados no manejo da água de irrigação da lavoura.

PALAVRAS-CHAVE: OXYFLUORFEM; OXADIAZONA; CARBOFENTRAZONA ETÍLICA; CLOMAZONA; QUINCLORAQUE; PIRAZOSSULFURON-ETÍLICO; 2,4-D; BISPIRIBAQUE-SÓDICO; METSULFUROM METÍLICO; BENTAZONA; LAMBDAICALOTRINA; FIPRONIL; CARBOFURANO; ECOTOXICOLOGIA.

* Oceanógrafo, CTTMar, Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), Itajaí, SC (e-mail: fernando.nakagome@gmail.com).

** Ph.D. em Agronomia, Pesquisador EPAGRI/ Estação Experimental de Itajaí, SC (e-mail: noldi@epagri.rct-sc.br).

*** Doutor em Fisiologia Geral, Professor do CTTMar/UNIVALI, Itajaí, SC (e-mail: cresgalla@univali.br).

1 INTRODUÇÃO

O arroz irrigado, cultura de destaque no sul do Brasil, ocupa área de aproximadamente 1,3 milhão hectares nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, que fornecem quase 60% da produção nacional (CONAB, 2006).

Santa Catarina, com área de aproximadamente 145 mil hectares cultivada com arroz irrigado, destaca-se como o primeiro estado em produtividade e o segundo em volume de produção (CONAB, 2006). O sistema de cultivo em Santa Catarina caracteriza-se pela utilização de sementes pré-germinadas, semeadas a lanço em solo coberto por lâmina de água (EPAGRI, 2005).

A obtenção de alta produtividade em arroz irrigado, e também no sistema pré-germinado, está diretamente relacionada com o manejo adequado dos principais fatores que causam danos à cultura, especialmente plantas daninhas, pragas, doenças e nutrição das plantas. Para o manejo desses limitantes são utilizados diversos agroquímicos, incluindo herbicidas, inseticidas, fungicidas e adubos. No sistema pré-germinado, geralmente os insumos químicos são aplicados antecedendo a semeadura (adubos), via tratamento das sementes (inseticidas) ou em pós-emergência (herbicidas, inseticidas e adubos), diretamente na lâmina de água ou a lavoura é inundada após a aplicação, especialmente de herbicidas.

Segundo a SOSBAI (2005) são recomendados, no Brasil, para a cultura do arroz irrigado 23 ingredientes ativos de herbicidas (comercializados isoladamente ou em mistura na forma de 37 produtos comerciais), 14 ingredientes ativos de inseticidas (25 produtos comerciais) e 25 ingredientes ativos de fungicidas, (40 produtos comerciais).

Existe carência de informações sobre os possíveis impactos que os agrotóxicos podem causar em sistemas aquáticos, porém sabe-se dos riscos de transporte desses das lavouras para as águas superficiais, podendo resultar numa ação direta sobre organismos não-alvos ou indireta pela alteração do seu habitat ou interferência na cadeia alimentar.

Os peixes e animais aquáticos são expostos aos pesticidas, segundo HELFRICH et al. (1996), mediante ingestão de alimento contaminado, através da pele ao nadar em águas contaminadas e por meio da respiração, absorvendo-os pelas brânquias até atingir equilíbrio, dependendo das condições físico-químicas e da concentração do composto (SEUS, 2002).

As espécies do gênero *Daphnia*, conhecidas popularmente como “pulgas d’água”, constituem importante fonte de alimentos para os peixes e são freqüentemente utilizadas como bioindicadores em ensaios ecotoxicológicos. Na França, *Daphnia magna* foi uma das espécies escolhidas para o monitoramento de efluentes industriais e agentes tóxicos. Nos Estados Unidos da América, o uso dessa espécie é recomendado pela Environmental Protection Agency (EPA) para a avaliação da toxicidade de agroquímicos (ZAGATTO e GOLDSTEIN, 1984).

Diversos estudos já foram realizados para avaliar a toxicidade de agroquímicos, destacando-se o trabalho de HELFRICH et al. (1996) que utilizaram a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) para estimar a toxicidade do herbicida oxyfluorfen (Goal BR) e do inseticida carbofurano (Furadan). FRELLO (1998) utilizou *Daphnia magna* e *Poecilia reticulata* para avaliar a toxicidade do carbofurano. JONSSON e MAIA (1998) estimaram a CL₅₀; 96h para o peixe *Hyphessobrycon scholzei* para diversos herbicidas. No trabalho realizado por RESGALLA JÚNIOR et al. (2002) foram estimados índices de segurança para diferentes produtos, utilizando a carpa-comum (*Cyprinus carpio*) como organismo-teste.

O objetivo deste trabalho foi determinar a concentração efetiva mediana (CE₅₀; 48h) de alguns agroquímicos, utilizados na cultura de arroz irrigado e estimar os seus coeficientes de risco (análise de risco determinístico) com base na toxicidade dos produtos para o cladócer *Daphnia magna*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os testes de toxicidade foram realizados conforme a NBR 12713 da ABNT (2004), sendo

conduzidos no Laboratório de Ecotoxicologia da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI). Utilizaram-se nos testes os herbicidas 2,4-D (U46 D-Fluid 2,4-D – 720 g i.a. L⁻¹), metsulfurom metílico (Ally – 600 g i.a. kg⁻¹), carbofentrazona etílica (Aurora 400 CE – 400 g i.a. L⁻¹), bentazona (Basagran 600 – 600 g i.a. L⁻¹), quincloraque (Facet PM – 500 g i.a. kg⁻¹), clomazona (Gamit – 500 g i.a. L⁻¹), oxifluorfem (Goal BR – 240 g i.a. L⁻¹), bispiribaque-sódico (Nominee 400 SC – 400 g i.a. L⁻¹), oxadiazona (Ronstar 250 BR – 250 g i.a. L⁻¹), pirazossulrurom etílico (Sírius – 250 g i.a. L⁻¹), e os inseticidas carbofurano (Furadan 50 G – 50 g i.a. kg⁻¹), lambdacialotrina (Karate 50 EC – 50 g i.a. L⁻¹) e fipronil (Standak 250 FS – 250 g i.a. L⁻¹), além de dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) como substância de referência para o teste de sensibilidade da espécie utilizada.

Juvenis de *Daphnia magna* foram obtidos em cultivo no laboratório com idade variando de 2 a 26 horas. Seis concentrações de cada agroquímico foram selecionadas a partir de testes preliminares. Para cada teste foram utilizados frascos controle para validação do experimento, que constou na manutenção dos organismos em meio de cultura. Os frascos-teste (béqueres de 50 mL) em duplicata continham 20 organismos e 40 mL da solução-teste, sendo mantidos em incubadoras com temperatura de 20 ± 2°C e fotoperíodo de 12 horas de luz. Os testes duraram 48 horas.

Ao final dos testes registrou-se o número de organismos imóveis em cada frasco. Os indivíduos foram considerados imóveis quando não apresentavam movimento após 10 segundos de observação mesmo com pequena agitação dos béqueres.

Os dados foram analisados segundo recomendações da USEPA (2002), utilizando-se o programa TSK (*Trimmed Spearman-Kärber*) para a obtenção da CE₅₀; 48h (concentração efetiva mediana de 48 horas).

Após a determinação da CE₅₀; 48h, os agroquímicos foram classificados segundo o critério proposto por HELFRICH et al. (1996) que estabelece a toxicidade dos produtos com base nos valores de CE₅₀, em mg.L⁻¹: mínima = > 100; leve = 11 a 100; moderada = 1,1 a 10; alta = 0,11 a 1,0; extrema = 0,01 a 1, e super-extrema = <0,01.

Comparou-se a CE₅₀; 48h dos compostos analisados com suas respectivas concentrações estimadas no ambiente para a obtenção dos coeficientes de risco determinísticos. Para isto, considerou-se a dose recomendada pelo fabricante (Tabela 1) e a diluição em lâmina d'água de 10 cm. Os coeficientes de risco estimados foram: índice de segurança de SOLOMON (1997), que é a razão entre a CE₅₀ sobre a concentração estimada (valores resultantes superiores a 20 indicam ausência de risco ecológico); índice de risco da USEPA (1999), que é a razão entre a concentração estimada sobre a CE₅₀ (valores resultantes inferiores a 0,1 indicam ausência de risco ecológico) e índice de KOKTA e ROTHERT (1992), que é a comparação entre os valores de CE₅₀ com a concentração estimada multiplicada por 10, (se o valor de CE₅₀ for superior não existe risco ecológico).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 TESTE DE SENSIBILIDADE

Foram realizados cinco testes de toxicidade com *D. magna* sob efeito da substância de referência dicromato de potássio, intercaladamente, entre os experimentos com os agroquímicos. O valor médio da CE₅₀; 48h obtido foi de 0,51 mg.L⁻¹ com desvio-padrão de 0,12 e coeficiente de variação (CV) de 24,5%. Esse resultado enquadra-se no limite de variabilidade de 45% do CV proposto pela USEPA (2002).

3.2 VALORES DE CE₅₀; 48h E ANÁLISE DE RISCO PARA OS AGROQUÍMICOS

Os valores de CE₅₀; 48h dos produtos e ingredientes ativos utilizados nos testes com o cladócer *D. magna* são apresentados na Quadro 1.

Os herbicidas apresentaram baixa toxicidade sobre *D. magna* e enquadraram-se na classificação de toxicidade mínima pelo critério HELFRICH et al. (1996), com exceção dos herbicidas oxadiazona e oxyfluorfem (toxicidade moderada). Todos os inseticidas avaliados enquadraram-se na classificação de periculosidade alta, tendo o produto Karate apresentado toxicidade super-extrema para *D. magna*. Entretanto, essa classificação é limitada por não considerar as concentrações de aplicação. Desta forma, os índices de segurança ou índices de risco determinístico podem revelar a toxicidade real dos agroquímicos confirmando ou não a classificação anterior.

QUADRO 1 - AGROQUÍMICOS, VALORES DE CE₅₀; 48 HORAS PARA OS PRODUTOS COMERCIAIS E INGREDIENTES ATIVOS, INTERVALOS DE CONFIANÇA E TOXICIDADE SEGUNDO A CLASSIFICAÇÃO DE HELFRICH et al. (1996)

Produto comercial		Nome comum	CE ₅₀ (p.c.)	CE ₅₀ (i.a.) (mg.L ⁻¹)	Intervalo de confiança (IC 95%) (i.a.)	Toxicidade
Herbicidas	U46 D-Fluid	2,4-D	565,69 µL.L ⁻¹	407,30	-	mínima
	Ally	metsulfurom-metílico	3500 mg.L ⁻¹	2100	± 0,20	mínima
	Aurora	carbofentrazona etílica	30,63 µL.L ⁻¹	12,25	± 1,65	leve
	Gamit	clomazona	28,70 µL.L ⁻¹	14,35	± 1,59	leve
	Goal	oxyfluorfem	13,13 µL.L ⁻¹	3,18	± 0,82	moderada
	Nominee	bispiribaque sódico	2,63 mL.L ⁻¹	1060	± 0,08	mínima
	Ronstar	oxadiazona	14,14 µL.L ⁻¹	3,54	± 0,57	moderada
	Facet	quincloraque	268,63 mg.L ⁻¹	134,31	± 7,90	mínima
	Sírius	pirazossulfurom etílico	0,73 mL.L ⁻¹	182,11	± 8,12	mínima
	Basagran	bentazona	6,50 mL.L ⁻¹	3900	± 0,42	mínima
Inseticidas	Standak	fipronil	0,61 µL.L ⁻¹	0,15	± 0,10	alta
	Furadan	carbofurano	6,37 mg.L ⁻¹	0,32	± 0,03	alta
	Karate	Lambdacialotrina	4,20 µL.L ⁻¹	0,00021	± 0,03	super-extrema

No Quadro 2 são apresentados, em ordem decrescente de risco ecológico, os produtos testados. Segundo esses resultados, a periculosidade e o risco ecológico foram confirmados para os produtos lambdacialotrina, carbofurano, oxadiazona, fipronil e oxyfluorfem. Essa classificação alerta para os cuidados a serem tomados no manuseio, estocagem e, principalmente, no manejo da água após a aplicação dos produtos na cultura do arroz irrigado. Resultados similares foram obtidos por RESGALLA JÚNIOR et al. (2002) com base na letalidade do peixe *Cyprinus carpio*.

A diferenciação na toxicidade sobre *D. magna* entre herbicidas e inseticidas deve-se ao modo de ação do agroquímico. Enquanto os herbicidas exercem ação específica sobre vegetais, os inseticidas

atuam no controle de animais (insetos). Os herbicidas agem normalmente em biomoléculas específicas de vegetais (como o ácido indol-3-acético, auxina principal de várias plantas) interferindo na expansão, alongamento e divisão celular (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005). Diferentemente, os inseticidas atuam de forma neurológica.

QUADRO 2 - VALORES DE CE₅₀; 48 HORAS PARA *Daphnia magna* E CONCENTRAÇÃO ESTIMADA PARA OS INGREDIENTES ATIVOS E OS COEFICIENTES DE RISCO DETERMINÍSTICOS

Produtos	CE ₅₀ , 48h	Concentração estimada ¹	Índice de segurança ² (SOLOMON, 1997)	Coefficiente de risco ³ (USEPA, 1999)	Concentração estimada x 10 (KOKTA e ROTHERT, 1992)
Karatê	0,21 µg.L ⁻¹	50 µg.L ⁻¹	0,0042 *	238,095 *	CE ₅₀ < 500 µg.L ⁻¹ *
Furadan	0,32 mg.L ⁻¹	1 mg.L ⁻¹	0,32 *	3,125 *	CE ₅₀ < 10 mg.L ⁻¹ *
Ronstar	3,54 mg.L ⁻¹	1 mg.L ⁻¹	3,54 *	0,282 *	CE ₅₀ < 10 mg.L ⁻¹ *
Standak	0,15 mg.L ⁻¹	40 µg.L ⁻¹	3,75 *	0,267 *	CE ₅₀ < 0,4 mg.L ⁻¹ *
Goal	3,18 mg.L ⁻¹	0,36 mg.L ⁻¹	8,83 *	0,113 *	CE ₅₀ < 3,6 mg.L ⁻¹ *
Gamit	14,35 mg.L ⁻¹	0,7 mg.L ⁻¹	20,5	0,049	CE ₅₀ > 7 mg.L ⁻¹
Aurora	12,25 mg.L ⁻¹	60 µg.L ⁻¹	204,2	0,004897	CE ₅₀ > 600 µg.L ⁻¹
Facet	134,31 mg.L ⁻¹	0,375 mg.L ⁻¹	358,2	0,00279	CE ₅₀ > 3,75 mg.L ⁻¹
2,4 – D	407,30 mg.L ⁻¹	0,72 mg.L ⁻¹	565,7	0,00177	CE ₅₀ > 7,20 mg.L ⁻¹
Basagran	3,90 g.L ⁻¹	0,96 mg.L ⁻¹	4.062,5	2,46 x 10 ⁻⁴	CE ₅₀ > 9,6 mg.L ⁻¹
Sírius	182,11 mg.L ⁻¹	20 µg.L ⁻¹	9.105,5	0,11 x 10 ⁻³	CE ₅₀ > 200 µg.L ⁻¹
Nominee	1,06 g.L ⁻¹	50 µg.L ⁻¹	21.200	0,47 x 10 ⁻⁴	CE ₅₀ > 500 µg.L ⁻¹
Ally	2,10 g.L ⁻¹	2 µg.L ⁻¹	1.050.000	0,09 x 10 ⁻⁵	CE ₅₀ > 20 µg.L ⁻¹

¹RODRIGUES e ALMEIDA (2005); ²Índice de segurança = CE₅₀/concentração estimada; ³Coefficiente de risco = concentração estimada/CE₅₀; *Com risco de impacto ecológico.

Dependendo da metodologia, o grau de risco ambiental dos agroquímicos pode apresentar variações mesmo com o uso de bioindicadores similares como o zooplâncton. JOST (2003) avaliou o impacto de herbicidas e inseticidas sobre a comunidade zooplânctônica natural em parcelas de arroz irrigado. Seus resultados mostraram efeitos sobre zooplâncton com diminuição na densidade dos organismos, inclusive para produtos que não demonstraram risco de impacto sobre *D. magna* (como quincloraque e pirazossulfurom etílico). É possível que naquele estudo, os herbicidas quincloraque e pirazossulfurom etílico tenham reduzido a densidade de produtores primários (fitoplâncton) (TAMANAH, 2004), comprometendo a sobrevivência de organismos herbívoros como o zooplâncton (RESGALLA JÚNIOR et al., 2003; USEPA, 1999).

Os índices de risco apresentados neste trabalho são limitados para possíveis efeitos antagônicos, aditivos ou sinérgicos que podem ocorrer entre misturas de produtos, prática comum nas condições de campo da cultura do arroz irrigado. Na avaliação da possível interação na aplicação associada de

quincloraque + pirazossulfurom etílico, os valores de CE_{50} foram reduzidos pela metade em relação aos valores originais indicando efeitos aditivos entre os produtos (Tabela 3). O uso conjugado de agroquímicos, especialmente de herbicidas e inseticidas, poderia resultar em efeitos sinérgicos sobre a biota aquática.

QUADRO 3 - VALORES DE CE_{50} ; 48 HORAS PARA OS TESTES DE TOXICIDADE COM *D. magna* SOB EFEITO DE FACET E SÍRIUS ISOLADOS E EM CONJUNTO

	Facet (isolado)	Sírius (isolado)	Facet + Sírius (em conjunto)
Grupo químico	Quincloraque	Pirazossulfurom	Quincloraque Pirazossulfurom
CE_{50} (i.a.)	134,31 mg.L ⁻¹	182,11 mg.L ⁻¹	60,49 mg.L ⁻¹ 75,61 mg.L ⁻¹
Intervalo de confiança (IC 95%) (i.a.)	± 7,9	± 8,12	± 11,54 ± 14,42

4 CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho sugerem que os herbicidas oxadiazona e oxyfluorfen e os inseticidas lambdacialotrina, carbofurano e fipronil apresentam maior potencial de risco de impacto ecológico sobre o bioindicador *D. Magna*. Os herbicidas 2,4-D, metsulfurom-metílico, carbofentrazona etílica, clomazona, bispiribaque-sódico, quincloraque, pirazossulfurom etílico e bentazona apresentam risco de impacto mínimo a leve sobre o bioindicador *D. magna*.

ABSTRACT

ACUTE TOXICITY AND RISK ASSESMENT OF HERBICIDES AND INSECTICIDES USED IN PADDY RICE ON CLADÓCERA *Daphnia magna*

The objective of this research was to determine the CE_{50} ; 48h of some of the herbicides and insecticides mostly used in paddy rice and to estimate the risks coefficient (deterministic analysis), classifying the chemicals toxicity on *Daphnia magna*. The following pesticides were evaluated: herbicides - oxyfluorfen, oxadiazon, carfentrazone-ethyl, clomazone, quinclorac, pyrazosulfuron-ethyl, 2,4-D, bispyribac-sodium, metsulfuron-methyl and bentazon; insecticides - lambdacyhalothrin, fipronil and carbofuran. The results showed that herbicides oxyfluorfen, oxadiazon and the insecticides lambdacyhalothrin, fipronil and carbofuran are the chemicals that present the highest toxicity to *D. magna*. The obtained CE_{50} 48h values in mg.L⁻¹, were 3.18; 3.54; 12.252; 14.35; 134.31; 182.11; 407.3; 1,060; 2,100; 3,900; 0.00021; 0.15 and 0.32, respectively for oxyfluorfen, oxadiazon, carfentrazone-ethyl, clomazone, quinclorac, pyrazosulfuron-ethyl, 2,4-D, bispyribac-sodium, metsulfuron-methyl, bentazon, lambdacyhalothrin, fipronil and carbofuran. Considering the chemicals label rate dissolved in a 10 cm water depth in paddy rice, the herbicides oxyfluorfen, oxadiazon and the insecticides lambdacyhalothrin, fipronil and carbofuran deserve careful irrigation water managing.

KEY-WORDS: OXYFLUORFEN; OXADIAZON; CARFENTRAZONE-ETHYL; CLOMAZONE; QUINCLORAC; PYRAZOSULFURON-ETHYL; 2,4-D; BISPYRIBAC-SODIUM; METSULFURON-METHYL; BENTAZON; LAMBDA CYHALOTHRIN; FIPRONIL; CARBOFURAN; ECOTOXICOLOGY.

REFERÊNCIAS

- 1 ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12713**: ecotoxicologia aquática - toxicidade aguda - método de ensaio com *Daphnia* spp (Cladocera, Crustacea). Rio de Janeiro, 2004.
- 2 CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Estimativa de safras**: 2005/2006. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: outubro, 2006.
- 3 EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Sistema de produção de arroz irrigado em Santa Catarina** (pré-geminado). 2. ed. rev. e atual. Florianópolis, 2005. 87 p. (Epagri. Sistema de Produção, 32)
- 4 FRELLO, C.P. **Avaliação da toxicidade aguda do pesticida carbofuran utilizando reativos biológicos *Poecilia reticulata* e *Daphnia magna***. Florianópolis, 1998. 96 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina.
- 5 HELFRICH, L.A.; WEIGMANN, D.L.; HIPKINS, P.; STINSON, E.R. **Pesticides and aquatic animals: a guide to reducing impacts on aquatic systems**. 1996. Disponível em: www.ext.vt.edu/pubs/waterquality/420-013/420-013.pdf. Acesso em: abril, 2003.
- 6 JONSSON, C.M.; MAIA, A.H.N. Toxicidade aguda do herbicida clomazone no peixe *Hyphessobrycon scholzei*: avaliação da concentração letal mediana e de alterações no conteúdo de nutrientes. **Pesticidas**: revista de ecotoxicologia e meio ambiente, Curitiba, v. 8, p.101-110, 1998.
- 7 JOST, G.F. **Avaliação dos impactos de agroquímicos sobre a comunidade zooplancônica da água de irrigação do arroz, utilizando Copépodos (Crustacea) como bioindicadores**. Itajaí, 2003. 63 p. Monografia (Bacharel em Biologia), Universidade do Vale do Itajaí.
- 8 KOKTA, C.; ROTHERT, H.A. Hazard and risk assessment scheme for evaluating effects on earthworms: the approach in the Federal Republic of Germany. In: GREIG-SMITH, P.W.; BECKER, H.; EDWARDS, P.J.; HEIMBACH, F. (eds.). **Ecotoxicology of earthworm**. Andover: Intercept, 1992. p.169-176.
- 9 RESGALLA JÚNIOR, C.; NOLDIN, J.A.; SANTOS, A.L.; SATO, G.; EBERHARDT, D.S. Toxicidade aguda de herbicidas e inseticidas utilizados na cultura de arroz irrigado sobre juvenis de carpa (*Cyprinus carpio*). **Pesticidas**: revista de ecotoxicologia e meio ambiente, Curitiba, v. 12, p. 59-68, 2002.
- 10 RESGALLA JÚNIOR, C.; NOLDIN, A.J.; TAMANAHA, M.S.; DESCHAMPS, F.C.; EBERHARDT, S.D.; SILVEIRA, R.M.; MÁXIMO, M.V.; LAITANO, K.S.; JOST, G.F.; RORIG, L.M. Testes de toxicidade e análise de risco de agroquímicos In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3., e REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú-SC. **Anais...** Itajaí: Epagri. 2003. p.798-807.
- 11 RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: Ed. dos Autores, 2005. 592 p.
- 12 SEUS, L.G. **Toxicidade aguda e crônica em alevinos de jundiá (*Rhamdia sp.*) submetidos aos principais herbicidas utilizados na lavoura de arroz irrigado no RS**. Pelotas, 2002. 73 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia de Produção), Universidade Federal de Pelotas.
- 13 SOLOMON, K.R. Advances in the evaluation of the toxicological risks of herbicides to the environment. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., Caxambu, MG. **Anais ...** Caxambu: SBCPD, 1997. p.163-172.
- 14 SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Santa Maria, 2005. 159 p.
- 15 TAMANAHA, M.S. **Estrutura das assembléias fitoplanctônicas e testes de inibição de crescimento algal**: avaliação dos efeitos dos herbicidas e inseticidas utilizados na cultura do arroz irrigado na Região de Itajaí, SC. Itajaí, 2004. 98 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Universidade do Vale do Itajaí.
- 16 USEPA. Environmental Protection Agency. **ECOFRAM aquatic report**. 1999. Disponível em: <http://www.epa.gov>. Acesso em: dezembro, 2003.
- 17 USEPA. Environmental Protection Agency. **Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters of freshwater organisms**. 4th ed. Washington, 2002. (EPA-821-R-02-013).

- 18 ZAGATTO, P.A.; GOLDSTEIN, E.G. Estudo comparativo entre as taxas de reprodução de *Daphnia similis* Claus, 1876 e *Daphnia magna* Straus, 1820: resultados preliminares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 3., 1984, São Carlos: **Anais...** São Carlos: UFSCar /CESP, 1984. p.411-424.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Embrapa/Fundagro/Prodetab, conv. 1020003/0056-6, pelo apoio financeiro e administrativo, o qual viabilizou a realização deste trabalho de pesquisa.