

Efeitos tóxicos de surfactantes fitossanitários para o peixe mato grosso (*Hyphessobrycon eques*)

Silvia Patrícia Carraschi*, Patrícia Cubo, Bárbara Lopes Schiavetti, Natália Sayuri Shiogiri, Claudinei da Cruz e Robinson Antonio Pitelli

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Rua Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: pacarraschi@yahoo.com.br

RESUMO. Os surfactantes são moléculas anfipáticas que reduzem a tensão superficial da água e fazem parte dos componentes inertes das formulações de produtos fitossanitários. Assim, os objetivos deste trabalho foram: estimar a concentração letal (CL(I)(50;96h)); classificar e avaliar a qualidade da água durante os testes de toxicidade aguda dos surfactantes: Agral®, Aterbane® BR, Ag-Bem®, Energic®, Fixade® e Gotafix® para o peixe mato grosso (*Hyphessobrycon eques*); e os sinais de intoxicação nos animais. Para tanto, os peixes foram aclimatados por dez dias em sala de bioensaio. Os animais foram expostos aos surfactantes em DIC com três repetições. A CL(I)(50;96h) do surfactante Agral® foi 3,29 mg L⁻¹; do Aterbane® BR, 8,21 mg L⁻¹; do Energic®, 2,34 mg L⁻¹; do Gotafix®, 4,37 mg L⁻¹; do Fixade®, 3,38 mg L⁻¹ e do Ag-Bem®, 34,95 mg L⁻¹. As variáveis de qualidade da água não foram alteradas. Os peixes apresentaram aumento do batimento opercular após a exposição; 4 e 24h, perda da capacidade de arfagem; 48h, batimento opercular lento e 72 e 96h, recuperação. Os surfactantes Energic®, Agral®, Gotafix®, Aterbane® BR e Fixade® podem ser classificados como moderadamente tóxicos e o Ag-Bem® como pouco tóxico para *H. eques* e este organismo apresenta sinais de intoxicação semelhantes para todos os surfactantes.

Palavras-chave: ecotoxicologia, peixe, qualidade de água, comportamento.

ABSTRACT. Toxic effects of phytosanitary surfactants for jewel tetra (*Hyphessobrycon eques*). Surfactants are amphipatic molecules that reduce the surface tension of water and make up the inert components of pesticide formulations. Thus, the objectives of this study were: to estimate the lethal concentration (LC(I)50;96h); classify and evaluate water quality during testing of the following surfactants: Agral®, Aterbane®BR, Ag-bem®, Energic®, Fixade® and Gotafix® for jewel tetra (*Hyphessobrycon eques*); and the signs of intoxication in the animals. For this, the fish were acclimated for ten days in the bioassay room. The animals were exposed to the surfactants in an entirely randomized design with three replications. The LC(I)(50;96h) of surfactant Agral® was 3.29 mg L⁻¹; Aterbane® BR 8.21 mg L⁻¹; Energic® 2.34 mg L⁻¹; Gotafix® 4.37 mg L⁻¹; Fixade® 3.38 mg L⁻¹; and Ag-bem® 34.95 mg L⁻¹. The variables of water quality were unchanged. The fish showed an increase in the opercular beating after exposure; 4 and 24 hours, loss of gasping ability; 48 hours, slow opercular beating; and 72 and 96 hours later, recovery. The surfactants Energic®, Agral®, Gotafix®, Aterbane® BR and Fixade® can be classified as moderately toxics, and Ag-Bem® as slightly toxic for *H. eques*; this organism shows similar intoxication signs for all surfactants.

Keywords: ecotoxicology, fish, water quality, behavior.

Introdução

Os surfactantes são adicionados aos produtos fitossanitários para se aumentar as propriedades de dispersão dos ingredientes ativos e melhorar sua aderência na cutícula da folha e, consequentemente, sua eficácia (HAZEN, 2000). Essas moléculas anfipáticas são constituídas de uma porção hidrofóbica e uma porção hidrofílica que permitem a formação de um filme molecular, ordenado nas interfaces, para romper a tensão

superficial e interfacial da água (NITSCHKE; PASTORE, 2002).

Essas moléculas aumentam a eficácia do ingrediente ativo por vários mecanismos: (i) redução da tensão superficial da gota com a diminuição do tamanho da mesma, facilitando a emulsificação, dispersão, aspersão, aderência e ação umectante do herbicida; (ii) alteração da disponibilidade do herbicida na gota por cristalização, volatilização, ionização e formação de sais e outros compostos

(DEVENDRA et al., 2004); e (iii) alteração do coeficiente de difusão do ingrediente ativo e de sua solubilidade, permitindo que os compostos hidrofílicos e poucos lipofílicos possam atravessar a cutícula serosa das folhas (CURRAN et al., 1999).

Assim, para utilização de herbicidas no controle de plantas daninhas é necessário também conhecer os efeitos e a toxicidade dos surfactantes que possam atingir os organismos não-alvos (NITSCHKE; PASTORE, 2002). Os componentes inertes, como os surfactantes, contribuem com aproximadamente 50% da toxicidade dos herbicidas e podem ser mais tóxicos que o ingrediente ativo para organismos aquáticos (OAKES; POLLAK, 2000).

Pela utilização em diversos setores agroindustrial e doméstico, vários trabalhos foram realizados para se avaliar a toxicidade dos surfactantes nos organismos aquáticos (MACEK; KRZEMINSKI, 1975; FOGELS; SPRAGUE, 1977; SINGER et al., 1994, 1995; GULEC; HOLDWAY, 2000; BUHL; HAMILTON, 2000; KROGH et al., 2003; ROCHA et al., 2007; TENEYCKE; MARKEE, 2007).

Nos últimos anos, tem aumentado o interesse sobre os efeitos que as substâncias tóxicas provocam na saúde dos peixes, pois as atividades geram muitos resíduos que, ao atingirem as bacias hidrográficas, expõem os peixes a altas concentrações de substâncias tóxicas (PARMA DE CROUX et al., 2002).

Assim, os objetivos deste trabalho foram: estimar a concentração letal CL(I)(50;96h) e classificar o surfactante Aterbane® (mistura de condensado de alcoolfenóis com óxido eteno e sulfonados orgânicos), o Agral® e o Energic® (nonil fenoxipoli (etilenoxi) etanol), o Ag-Bem® (agente tenso-ativo aniônico), o Fixade® (nonil fenol etoxilato) e o Gotafix® (nonil fenol polietileno glicol éter) para o peixe mato grosso (*Hyphessobrycon eques*); avaliar as variáveis de qualidade de água e os sinais de intoxicação no peixe mato grosso, uma espécie endêmica da bacia do Tiête-Paraná e Paraná-Paraguai de importância ornamental e muito utilizada como modelo biológico em testes de toxicidade.

Material e métodos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Impacto Ambiental do Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais em Matologia, Nepeam, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Campus de Jaboticabal, Estado de São Paulo.

Testes preliminares e de controle de sensibilidade

Os peixes com peso entre 2,0 a 3,0 g foram previamente aclimatados por dez dias em sala de bioensaio, alimentados *ad libitum* com ração comercial.

Primeiramente, para se avaliar a sanidade dos peixes, uma parcela dos peixes foi utilizado nos testes de sensibilidade, usando como substância-referência o cloreto de potássio (KCl) (ABNT, 2004), sendo a concentração letal 50%, média estimada de $1,67 \pm 0,06 \text{ g L}^{-1}$.

Em seguida, foram realizados os testes preliminares com os surfactantes para o estabelecimento das concentrações que causaram zero e 100% de mortalidade, com cinco concentrações e um tratamento-controle, com três peixes com peso variando entre 2,0 a 3,0 g, na densidade de 1 g L^{-1} (ABNT, 2004), para cada tratamento.

Os testes foram conduzidos em sistema estático, sem renovação de água e aeração artificial, em delineamento inteiramente casualizado (DIC) nas seguintes condições ambientais: pH entre 7,0 e 8,0; oxigênio dissolvido entre 5,0 e 6,0 mg L^{-1} ; condutividade elétrica da água entre 170,0 e 180,0 $\mu\text{S cm}^{-1}$; temperatura da sala entre 27 e 29°C; e temperatura da unidade experimental entre 25 e 26°C (IBAMA, 1987).

A avaliação da mortalidade foi diária com a retirada dos peixes mortos dos recipientes.

Testes definitivos e avaliação dos sinais de intoxicação nos peixes

A partir dos dados obtidos nos testes preliminares, foram realizados os testes definitivos, com cinco concentrações crescentes para cada produto e um tratamento-controle, sem adição do surfactante. Para cada unidade experimental foram utilizados três peixes de peso que variava entre 2,0 a 3,0 g, na densidade de 1 g L^{-1} (ABNT, 2004), com três réplicas por tratamento.

As concentrações dos surfactantes foram: Ag-Bem®: 29,0; 32,0; 35,0; 38,0 e 41,0 mg L^{-1} ; Agral®: 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 mg L^{-1} ; Aterbane® BR: 4,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0 e 14,0 mg L^{-1} ; Enetrgric®: 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 mg L^{-1} ; Fixade®: 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 e 4,0 mg L^{-1} e Gotafix®: 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 e 7,0 mg L^{-1} .

Os testes foram conduzidos em sistema estático, sem sifonagem e renovação de água em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e com oxigenação artificial. A avaliação da mortalidade foi diária, com a retirada dos peixes mortos dos aquários.

Durante a realização dos testes foram analisadas as variáveis de qualidade da água tais como: pH, oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) e condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$).

Os valores da CL(I)(50;96h) foram calculados pelo método Trimmed Sperman Karber (HAMILTON et al., 1977).

Os sinais de intoxicação foram avaliados às 0,4, 24, 48, 72 e 96h após a exposição aos surfactantes,

tendo como variáveis de análise: batimento opercular, busca por oxigênio, letargia; capacidade de arfagem, natação errática e dispersão na coluna d'água (MURTY, 1988).

Resultados e discussão

As variáveis de qualidade de água avaliadas não foram alteradas pela presença dos surfactantes, permanecendo dentro dos parâmetros iniciais recomendados pelo Ibama (1987) e pela ABNT (2004) para testes de toxicidade. Assim, a toxicidade dos surfactantes para o peixe mato grosso não sofreu influência da concentração de oxigênio, que se manteve constante, pela utilização de oxigenação artificial durante os testes.

A toxicidade pode ser influenciada pela variação de algumas variáveis físico-químicas da água, como temperatura e pH. Para Buhl e Hamilton (2000), o aumento da temperatura causou maior toxicidade do dodecil sulfato de sódio (SDS) para a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e para Cox (1995) o polioxietilamina (POEA) foi mais tóxico para *O. mykiss* e *Lepomis macrochirus* com o aumento do pH. Para Mann e Bidwell (2001), a diminuição do oxigênio aumenta a toxicidade do nonilfenol (NP) e, para Hokanson e Smith (1971), do surfactante aniônico alquilbenzeno linear para *Lepomis macrochirus*.

A CL(I)(50;96h) dos surfactantes variou de 2,34 (Energic®) a 34,95 mg L⁻¹ (Ag-Bem®) (Tabela 1).

Os surfactantes Energic®, Agral®, Gotafix®, Aterbane® BR e Fixade® foram classificados como moderadamente tóxicos (CL 50 entre 1 e 10 mg L⁻¹) e o Ag-Bem® como pouco tóxico (CL50 entre 10 e 100 mg L⁻¹) de acordo com a classificação de Zucker (1985).

Tabela 1. Toxicidade aguda dos surfactantes para o peixe mato grosso (*H. eques*).

	Surfactantes (mg L ⁻¹)					
	Agral®	Aterbane®BR	Gotafix®	Energic®	Fixade®	Ag-Bem®
LI	2,96	7,09	3,94	1,96	3,18	33,37
CL(I)50;96h	3,29	8,21	4,37	2,34	3,38	34,95
LS	3,68	9,53	4,86	2,80	3,60	36,59

LS = limite de superior; CL(I)50;96h = concentração letal 50%; LI = limite inferior.

Para o Ag-Bem® nas concentrações 0,0 e 29,0 mg L⁻¹ não ocorreram mortalidades; em 32,0 mg L⁻¹ a mortalidade foi de 22,22%; em 35,0 mg L⁻¹, foi de 66,67%; em 38,0 mg L⁻¹ foi de 55,56%; e em 41,0 mg L⁻¹ foi de 100,0%. Para os demais surfactantes, a relação concentração-mortalidade está apresentada na Figura 1.

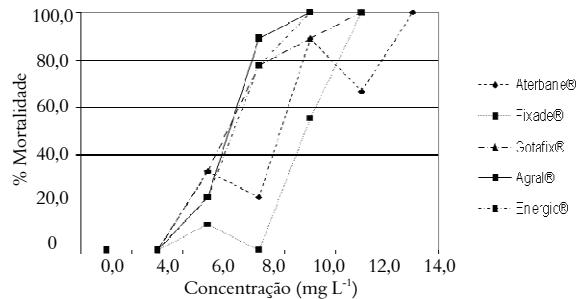


Figura 1. Relação concentração-mortalidade durante os testes de toxicidade aguda dos cinco surfactantes.

O surfactante Ag-Bem® foi considerado menos tóxico para o peixe mato grosso que o Corexit 9527 com CL(I)50;96h 14,3 mg L⁻¹ para o *Macquaria novemaculeata* (GULEC; HOLDWAY, 2000); que o alcoóis etoxilatos com 1,5 mg L⁻¹ para *Salmon salar* (KROGH et al., 2003); que o Aterbane®BR com 10,80 mg L⁻¹ para o *Brachydanio rerio* (DOW AGROSCIENCE, 2006); e que o sulfato dodecil de sódio (SDS) com 1,79 mg L⁻¹ para o *Centropomus parallelus* (ROCHA et al., 2007).

O surfactante Ag-Bem® apresentou toxicidade semelhante ao dodecil sulfato sódico (SDS) para jovens de *O. mykiss* com CL(I)(50;96h) de 24,9 mg L⁻¹ (BUHL; HAMILTON, 2000) e que o dodecil sulfato benzeno sódico (SDBS) para *Salmo gairdneri*, *Gambusia affinis* e *Carassius auratus* com CL50;48h de 33,61; 40,15 e 38,04 mg L⁻¹, respectivamente (SINGH et al., 2002).

Os surfactantes Agral®, Aterbane® BR, Energic®, Fixade® e Gotafix® foram considerados mais tóxicos que os surfactantes acima citados e menos tóxicos que o Corexit 9527 com CL50 de 0,08 mg L⁻¹ para *L. macrochirus* (SINGER et al., 1994); que alquilaminas etoxiladas com toxicidade de 0,09 a 0,78 mg L⁻¹ para *S. salar* (KROGH et al., 2003); que o Gotafix® de 0,19 mg L⁻¹ para *B. rerio* (DOW AGROSCIENCE, 2006); e que o nonilfenol (NP), o nonilfenol monoetoxilato (NP1EO) e o nonilfenol dietoxilato (NP2EO) para *Pimephales promelas* com CL50 de 0,136; 0,218 e 0,323 mg L⁻¹, respectivamente (TENNEYCKE; MARKEE, 2007).

Os surfactantes testados foram considerados mais tóxicos que o óleo dispersante Corexit 9554 com CL(I)(50;96h) de 111,1 a 159,2 mg L⁻¹ para *Atherinops affinis* (SINGER et al., 1995); que o LI 700 (alquilpolioxietileno éster) com CL50;96h de 210,0 para *L. macrochirus* e de 130,0 mg L⁻¹ para *O. mykiss*; e que o Agri-Dex® (polietoxilato) com CL50;96h > 1000 mg L⁻¹ para as duas espécies citadas (RUBIN, 1997).

O Energic® e o Agral® possuem 15 carbonos na sua estrutura molecular e foram os mais tóxicos para o peixe mato grosso. A toxicidade de surfactantes

não-iônicos pode estar relacionada com o comprimento da cadeia carbônica, pois estruturas moleculares com mais de 12 carbonos afetam mais a permeabilidade da membrana plasmática que os de cadeias curtas (TAMAGE, 1994).

Segundo Payne (2000), a toxicidade dos surfactantes não-iônicos ainda por ser explicada por causarem disfunção endócrina e desestabilização das membranas epiteliais, com lise celular e impedimento à respiração celular.

Para os surfactantes iônicos, como o Aterbane® BR, a toxicidade pode ser atribuída à capacidade desses compostos de aumentar a permeabilidade de membrana, alterando as propriedades físicas da bicamada lipídica, permitindo a entrada de uma quantidade maior de íons (PRETTI et al., 2006). Além disso, segundo os mesmos autores, os surfactantes iônicos Ammoeng100® e Ammoeng130® causaram descamação epitelial; hipertrofia; hiperplasia; desorganização da lamela secundária e vacuolização citoplasmática, levando o animal à morte.

A toxicidade dos surfactantes aniônicos, como Ag-Bem®, Gotafix® e Fixade®, pode ser atribuída pela hiperplasia epitelial que esses compostos causam. Esse efeito aumenta a distância de difusão do oxigênio, resultando em estresse respiratório e asfixiação, além de causar falha osmorregulatória (HOFER et al., 1995).

O peixe mato grosso apresentou sinais de intoxicação semelhantes para todos os surfactantes (Tabela 2) e a maior porcentagem de mortalidade ocorreu nas primeiras 24h.

Tabela 2. Sinais de intoxicação dos surfactantes nos peixes.

Sinais de intoxicação	Tempo (horas)					
	0	4	24	48	72	96
Agitação	+	-	-	-	-	-
Batimento opercular rápido	+	-	-	-	-	-
Batimento opercular lento	-	-	-	+	-	-
Perda da capacidade de arfagem	-	+	+	-	-	-
Natação errática	-	+	+	-	+	-
Letargia	-	-	-	+	-	-
Recuperação	-	-	-	-	+	+

(+): Sinal de intoxicação; (-) Ausência de sinal de intoxicação.

Segundo Mann e Bidwell (2001), os surfactantes são químicos que induzem narcoses não-específicas, definidas como um estado reversível de suspensão de atividade, caracterizado por letargia e inconsciência, o que pode explicar o estado letárgico e a posterior recuperação dos peixes. Para Arukwe et al. (2000), a meia vida de alquilfenóis em músculo e carcaça de salmão (*S. salar*) foi de 24 a 48h, sugerindo que, após 72 a 96h, não há mais efeito tóxico desse surfactante, o que poderia explicar a recuperação dos animais no presente trabalho nesses períodos de avaliação.

De acordo com Lewis (1991), a alteração da frequência opercular é um dos efeitos de surfactantes aniônicos, pois esses compostos provocam acúmulo de muco na superfície do epitélio branquial, causando interferência na difusão dos gases.

O aumento do batimento opercular foi semelhante ao bagre (*Mystus vittatus*) exposto a concentrações subletais de Carbaril (ARUNACHALAM et al., 1980) e para a tainha (*Mugil platanus*) exposta a sulfonado alquilbenzeno linear (BARBIERI, 2005).

A natação errática, a perda do equilíbrio e a diminuição de atividade foram verificadas em concentrações de 10 mg L⁻¹ de surfactantes iônicos (PRETTI et al., 2006), assim como, neste trabalho, para todos os surfactantes. Para Barbieri et al. (2000), o aumento da concentração do sulfonado alquilbenzeno linear em testes com *Cyprinus carpio* causou diminuição da capacidade de natação.

Conclusão

Os surfactantes avaliados não causaram efeito sobre as variáveis de qualidade de água. As formulações Energic®, Agral®, Gotafix®, Aterbane® BR e Fixade® podem ser consideradas moderadamente tóxicas e Ag-Bem®, pouco tóxica para o peixe mato grosso (*H. eques*). O peixe mato grosso apresentou sinais de intoxicação semelhantes para todos os surfactantes.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), proc. n° 2006/58459-5.

Referências

- ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15088**: ecotoxicologia aquática – toxicidade aguda – método de ensaio com peixes. Rio de Janeiro, 2004.
- ARUNACHALAM, S.; JEYALAKSHMI, K.; ABOOBUCKER, S. Toxic and sublethal effects of carbaryl on a freshwater catfish (*Mystus vittatus*) (bloch). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 9, n. 3, p. 307-316, 1980.
- ARUKWE, A.; THIBAUT, R.; INGEBRIGTSEN, K.; CELIUS, T.; GOKSOYR, A.; CRAVEDI, J. P. *In vivo* and *in vitro* metabolism and organ distribution of nonylphenol in Atlantic salmon (*Salmon salar*). **Aquatic Toxicology**, v. 49, n. 4, p. 289-304, 2000.
- BARBIERI, E.; PHAN, V. N.; GOMES, E. V. Efeito do LAS-C12, dodecil denzeno sulfonato de sódio linear, na taxa metabólica e na capacidade de natação de *Cyprinus*

- carpio. **Ecotoxicology Environmental Restoration**, v. 3, n. 2, p. 69-75, 2000.
- BARBIERI, E. Efeito do LAS-C12 (dodecil benzeno sulfonato de sódio) sobre alguns parâmetros do comportamento da tainha (*Mugil platanus*). **Atlântica**, v. 27, n. 1, p. 49-57, 2005.
- BUHL, K.; HAMILTON, S. Acute toxicity to fire-control chemicals, nitrobenzene chemicals, and surfactants to rainbow trout. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 129, p. 408-418, 2000.
- COX, C. Glyphosate, Part 2. Human exposure and ecological effects. **Journal of Pesticide Reform**, v. 15, n. 4, p. 14-20, 1995.
- CURRAN, W.; McGLAMERY, M.; LIEBL, R.; LINGENFELTER, D. **Adjuvants for enhancing herbicide performance**. Pennsylvania: Pennsylvania State University. College of Agricultural Sciences. Cooperative Extension, 1999. (Agronomy facts, 37).
- DEVENDRA, R.; UMAMAHESH, V.; PRAAD, T. V. R.; PRASAD, T. G.; ASHA, S. T.; ASHOK, A. Influence of surfactants on efficacy of different herbicides in control of *Cyperus rotundus* and *Oxalis latifolia*. **Current Science**, v. 86, n. 8, p. 1148-1151, 2004.
- DOW AGROSCIENCE. **Ficha de informação de segurança de produto químico – FISPQ – ATERBANE® BR**. São Paulo, 2006.
- FOGELS, A. I.; SPRAGUE, J. B. Comparative short-term Tolerance of zebrafish, flagfish, and rainbow trout to five poisons including potential reference toxicants. **Water Research**, v. 11, n. 9, p. 811-817, 1977.
- GULEC, I.; HOLDWAY, D. A. Toxicity of crude oil and dispersed crude oil to ghost shrimp *Palaemon serenus* and larvae of Australian bass *Macquaria novemaculeata*. **Environmental Toxicology**, v. 15, n. 2, p. 91-98, 2000.
- HAMILTON, M. A.; RUSSO, R. C.; THURSTON, V. Trimmed sperman-karber method for estimating medial lethal concentrations in toxicology bioassays. **Environmental Science and Technology**, v. 11, n. 7, p. 714-719, 1977.
- HAZEN, J. L. Adjuvants-terminology, classification, and chemistry. **Weed Technology**, v. 14, n. 4, p. 773-784, 2000.
- HOFER, R.; JENEY, Z.; BUCHER, F. Chronic effects of linear alkylbenzene sulfonate (LAS) and ammonia on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry at water criteria limits. **Water Research**, v. 29, n. 12, p. 2725-2729, 1995.
- HOKANSON, K. E. F.; SMITH, L. L. Some factors influencing the toxicity of linear alkylbenzene sulfonate (LAS) to the bluegill. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 100, p. 1-12, 1971.
- IBAMA-Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Parte D. 3. Manual de testes para avaliação de ecotoxicidade de agentes químicos: Avaliação da toxicidade aguda para peixes**. Brasília, 1987.
- KROGH, K.; HALLING-SØRENSEN, B.; MOGENSEN, B.; VEJRUP, K. Environmental properties and effects of nonionic surfactant adjuvants in pesticides: a review. **Chemosphere**, v. 50, n. 7, p. 871-901, 2003.
- LEWIS, M. A. Chronic and sublethal toxicities of surfactants to aquatic animals: a review and risk assessment. **Water Research**, v. 25, n. 1, p. 101-113, 1991.
- MACEK, J. K.; KRZEMINSKI, S. F. Susceptibility of bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*) to nonionic surfactants. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 13, n. 3, p. 377-384, 1975.
- MANN, R. M.; BIDWELL, R. The acute toxicity of agricultural surfactants to the tadpoles of four Australian and two exotic frogs. **Environmental Pollution**, v. 114, n. 2, p. 195-205, 2001.
- MURTY, A. S. **Toxicology of pesticide to fish**. Boca Raton: CRC Press, 1988. v. 1, p. 129.
- NITSCHKE, M.; PASTORE, G. M. Biossurfactantes: propriedades e aplicações. **Química Nova**, v. 25, n. 5, p. 772-776, 2002.
- OAKES, D. J.; POLLAK, J. K. The in vitro evaluation of toxicities of there realated herbicide formulation containing ester derivatives of 2,4,5-t and 2,4-d using sub mitochondrial particles. **Toxicology**, v. 151, n. 1-3, p. 1-9, 2000.
- PAYNE, G. Bioaccumulation potential of surfactants: a review. **European Oilfield Specialty Chemical Association**, v. 2, p. 1-106, 2000.
- PARMA DE CROUX, M. J.; LOTESTE, A.; CAZENAVE, J. Inibition of plasma cholinesterase and cute toxicity and monocrotophos in neotropical fish *Prochilodus lineatus* (Pisces, Curimatidae). **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 69, p. 356-363, 2002.
- PRETTI, C.; CHIAPPE, C.; PIERACCINI, D.; GREGORI, M.; ABRAMO, F.; MONNI, G.; INTORRE, L. Acute toxicity of ionic liquids to the zebrafish (*Danio rerio*). **Green Chemitry**, v. 8, p. 238-240, 2006.
- ROCHA, A. J. S.; GOMES, V.; NGAN, P. V.; PASSOS, M. J. A. C. R.; FURIA, R. R. Effects of anionic surfactant and salinity on the bioenergetics of juveniles of *Centropomus parallelus* (Poey). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 68, p. 397-404, 2007.
- RUBIN, L. **Syracuse Environmental Research Associates**. Riverdale: Sera, 1997.
- SINGER, M. M.; GEORGE, S.; JACOBSON, S.; LEE, I.; TJEERDEMA, R. S.; SOWBY, M. L. Comparative toxicity of Corexit® 7664 to the early life stages of four marine species. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 27, n. 1, p. 130-136, 1994.
- SINGER, M. M.; GEORGE, S.; JACOBSON, S.; LEE, I.; WEETMAN, L. L.; TJEERDEMA, R. S.; SOWBY, M. L. Acute toxicity of the oil dispersant Corexit 9554 to marine organisms. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 32, p. 81-86, 1995.
- SINGH, R. P.; GUPTA, N.; SINGH, S.; SINGH, A.; SUMAN, R.; ANNIE, K. Toxicity of ionic and non-ionic surfactants to six microbes found in Agra, India. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 69, p. 265-270, 2002.

TAMAGE, S. S. **Environmental and human safety of major surfactants**: alcohol ethoxylates and alkylphenol ethoxylates. Boca Raton: Lewis publishers, 1994.

TENEYCKE, M. C.; MARKEE, T. P. Toxicity of Nonylphenol, Nonylphenol Monoethoxylate, and Nonylphenol Diethoxylate and mixtures of these compounds to *Pimephales promelas* (Fathead Minnow) and *Ceriodaphnia dubia*. **Archives of Environmental Contamination Toxicology**, v. 53, n. 4, p. 599–606, 2007.

ZUCKER, E. **Hazard Evaluation Division** - Standard

Evaluation Procedure - Acute Toxicity Test for Freshwater Fish. Washington, D.C.: USEPA Publication, 1985.

Received on January 30, 2009.

Accepted on July 28, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.