

VI-041 - ECOTOXICIDADE E RISCO DE INTOXICAÇÃO AMBIENTAL AGUDA DE ORGANISMOS AQUÁTICOS COM A APLICAÇÃO DE MALATION PARA O CONTROLE DO MOSQUITO DA DENGUE

Ana Carla Coleone⁽¹⁾

Bióloga pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Especialista em Química pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestre em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública (USP). Auxiliar de serviços acadêmicos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV-UNESP).

Wanderley da Silva Paganini⁽²⁾

Engenheiro civil pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Mestre e doutor em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública (USP). Professor associado da Universidade de São Paulo (USP) e Superintendente de Gestão Ambiental da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

Endereço⁽¹⁾: Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n - Zona Rural - Jaboticabal - SP - CEP: 14884-900 - Brasil - Tel: (16) 3209-2621 - e-mail: anacarlab@yahoo.com.br

RESUMO

A dengue é um dos principais problemas de Saúde Pública da atualidade. Em áreas com alta transmissão da doença na população, recomenda-se a aplicação do malation para controle do inseto adulto com a nebulização a ultrabaixo volume (UBV) a frio do organofosforado malation. Nestas nebulizações pode ocorrer a contaminação ambiental das águas, sendo necessários mais estudos sobre a ação deste inseticida para organismos aquáticos não alvos. Objetivou-se classificar o malation quanto à toxicidade aguda e pelo risco de intoxicação ambiental para o microcrustáceo *Daphnia magna*, para o peixe mato grosso (*Hyphessobrycon eques*) e para a macrófita *Lemna minor*. Efeitos tóxicos decorrentes da exposição ao inseticida foram observados para todos os organismos, sendo a *Daphnia magna* a espécie mais sensível aos testes de toxicidade aguda, com alto risco de intoxicação ambiental oriundo do uso peridomiciliar do malation. Para os peixes e as macrófitas, o inseticida é de baixo risco de intoxicação ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Ecotoxicidade, dengue, malation, organismos não-alvos.

INTRODUÇÃO

A dengue, doença viral transmitida por mosquitos do gênero *Aedes*, é um dos maiores problemas de saúde pública nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. Em quadros de epidemia, com alta transmissão da doença na população, recomenda-se a operação de bloqueio com a aplicação do inseticida organofosforado malation com equipamentos de nebulização em ultrabaixo volume (UBV) a frio (BRASIL, 2009).

Porém, o inseticida pode atingir outros meios durante e após a aplicação e gerar efeitos nocivos em organismos não alvos. Portanto, há a necessidade de se avaliar a toxicidade aguda e o risco de intoxicação ambiental que a aplicação peridomiciliar do inseticida oferece a organismos aquáticos não alvos, como o microcrustáceo *Daphnia magna*, a macrófita *Lemna minor* e o peixe mato grosso (*Hyphessobrycon eques*).

Os compostos químicos podem ser classificados pela toxicidade aguda para organismos aquáticos nas classes de Zucker (1985), Helfrish et al. (1996) e quanto ao potencial de periculosidade ambiental do IBAMA (1996), que é utilizada no Brasil para a regulamentação do registro de agrotóxicos.

A avaliação de risco ambiental é fundamental para análise dos possíveis impactos que determinado composto tóxico possa gerar e correlaciona a concentração letal, efetiva ou inibitória mediana (CL50, CE50 ou CI50), obtida nos testes de toxicidade aguda em condições de laboratório, com a concentração ambiental estimada (CAE), que pode ser calculada para diferentes cenários ambientais. A partir da divisão da CL50 obtida nos testes de toxicidade aguda pela CAE, que gera um quociente de risco (QR), os toxicantes podem ser classificados nas classes de risco de intoxicação propostas por Goktepe, Portier e Ahmedna (2004) como de baixo, médio ou alto risco de intoxicação ambiental.

Neste estudo objetivou-se classificar o inseticida malation pela classe de toxicidade aguda de Zucker (1985), Helfrish et al. (1996) e quanto ao Potencial de Periculosidade Ambiental do IBAMA (1996) para o microcrustáceo *Daphnia magna*, para a macrófita *Lemna minor* e para o peixe *Hyphessobrycon eques* e determinar o risco de intoxicação ambiental do inseticida de acordo com as classes de Goktepe, Portier e Ahmedna (2004).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios de toxicidade aguda com malation (Fyfanon[®]) para *H.eques*, foram realizados de acordo com a norma NBR 15088 (ABNT, 2006), com *D. magna*, segundo a norma NBR 12713 (ABNT, 2009) e com *L. minor*, conforme a norma OECD (2002).

Inicialmente foram realizados ensaios com substância referência para avaliar a sanidade e a sensibilidade do lote dos organismos-teste.

Os testes de sensibilidade com as daphnias foram realizados com neonatos com 2 a 26 horas de vida, utilizando-se como substância referência o cloreto de sódio (NaCl). A CE50(I);48h calculada foi de 4,40 mg.l⁻¹ (LI=3,95 e LS=4,93 mg.l⁻¹). O NaCl também foi utilizado nos testes de sensibilidade para as macrófitas, e a CI(I)50;7d para estes organismos foi de 4.100 mg.l⁻¹ (LI=3.600 e LS=4700 mg.l⁻¹).

Para os peixes, os testes foram realizados com animais com massa corpórea média de 1 g, utilizando-se o cloreto de potássio (KCl) como substância referência. O valor da CL50(I);48h calculada foi de 3.200 mg.l⁻¹ (LI=2.820 e LS=3.640 mg.l⁻¹).

Todos os valores de CL(I)50, CE(I)50 ou CI(I)50 estão de acordo com a carta-controle do cultivo das espécies do laboratório.

Nos testes preliminares com malation foram determinadas a menor concentração que causa 100 % de mortalidade dos organismos teste e a maior que causa 0%. Os testes definitivos foram realizados com as seguintes concentrações do malation (Fyfanon[®]): 0,01; 0,025; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1 e 5 µg.L⁻¹ para as daphnias, 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 e 10,0 mg.L⁻¹ para peixes e 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16,0; 32,0; 64,0 e 128,0 mg.L⁻¹, com quatro repetições e por quatro vezes, com as mesmas concentrações e tratamentos controles.

Para preparar a solução estoque, o malation foi diluído em metanol e, em seguida, diluído em água. A solução estoque foi utilizada para preparar as soluções-teste. A concentração do metanol foi sempre a mesma em todas as concentrações de estudo e no tratamento controle. Em estudos prévios foi constatado que o volume de metanol utilizado nos testes não causa qualquer efeito deletério sobre os animais quando comparado a animais controles não expostos ao solvente.

O malation (Fyfanon[®]) foi classificado quanto a toxicidade aguda pelas classes de Zucker (1985) e Helfrish et al. (1996), que possui uma classe a mais que o anterior, e quanto ao potencial de periculosidade ambiental do IBAMA (1996), que é utilizada no Brasil para a regulamentação do registro de agrotóxicos, e pelo risco de intoxicação ambiental agudo para os organismos-teste pelo método do quociente (QR) proposto por Goktepe, Portier e Ahmedna (2004), em que o risco é calculado por meio da divisão do valor da concentração ambiental estimada (CAE) pelo valor da CL50;48h, CE50;48h ou CI50;7d obtido nos ensaios toxicológicos agudos. Desta forma, o toxicante é considerado como de baixo risco (QR<0,05), médio risco (0,05 < QR< 0,5) ou alto risco (QR>0,5).

O cálculo da CAE resultante da aplicação do malation para o controle do mosquito adulto da dengue foi realizado considerando-se a deposição de toda a dosagem do inseticida na água em três cenários de distribuição com as profundidades de 0,3 m, por compreender a faixa onde se encontram o zooplâncton e o fitoplâncton, que são as bases da cadeia alimentar aquática e profundidades de 1,5 e 2,0 m recomendadas pela EPA para avaliação de risco em ambientes aquáticos (Urban e Cook, 1986; Solomon, 1996).

Assim, foram calculados três valores de CAE, considerando-se a dosagem de malation de 14e g.ha^{-1} , recomendada para aplicação em UBV pelo Ministério da Saúde (Brasil, 2009), e uniformemente distribuída em uma área de 1 ha. A densidade média da água foi considerada 1.0 g.cm^{-3} .

Os dados obtidos nos testes de toxicidade aguda foram utilizados para calcular os valores de CL(I)50;48h; CE(I)50;48h e CI(I)50;7d com a utilização do método Trimmed Spearman-Kärber (HAMILTON et al. 1977).

RESULTADOS

Um aumento na mortalidade dos organismos-teste em relação ao aumento das concentrações de malation foi observado ao final dos testes de toxicidade aguda. Efeitos tóxicos decorrentes da exposição ao inseticida foram observados para todas as espécies de organismos. O malation foi classificado nas maiores classes toxicológicas pelas classificações de Zucker (1985), Helfrish et al. (1996) e quanto ao Potencial de Periculosidade Ambiental do IBAMA (1996) para *Daphnia magna*, sendo a espécie mais sensível aos testes de toxicidade aguda (tabela 1). Dentre os três organismos, as macrófitas foram os menos sensíveis aos testes ecotoxicológicos.

Tabela 1. Concentração efetiva, inibitória ou letal inicial mediana de malation (mg.L^{-1}) em testes de toxicidade aguda para *D.magna*, *L. minor* e *H.eques* e classificação segundo Zucker (1985), Helfrish et al. (1996) e quanto ao Potencial de Periculosidade Ambiental do IBAMA (1996).

	LI	CL/CE/CI (mg.L^{-1})	LS	Classificação Zucker (1985)	Classificação Helfrish et al. (1996)	Classificação IBAMA (1996)
<i>Daphnia magna</i>	0,0012	0,0016	0,0022	Extremamente tóxico	Toxicidade super extrema	Altamente tóxico
<i>Lemna minor</i>	11,96	14,75	17,61	Ligeiramente tóxico	Toxicidade leve	–
<i>Hyphessobrycon eques</i>	2,36	3,05	3,93	Moderadamente tóxico	Toxicidade moderada	Muito tóxico

Na avaliação do risco, em todos os cenários considerados, o malation classifica-se como de alto risco de intoxicação ambiental para as daphnias e de baixo risco para as macrófitas e os peixes (tabela 2). Estes resultados estão de acordo com outros estudos, em que o malation apresentou uma elevada toxicidade para os microcrustáceos mesmo em baixas concentrações. Segundo Barata, Solayan e Porte (2003), a *D. magna* é muito sensível aos pesticidas organofosforados. Uma alta toxicidade e um alto risco ambiental também foram verificados por Abe et al. (2014) para *D. magna* exposta ao inseticida temefós, um organofosforado utilizado no combate às larvas do mosquito transmissor da dengue.

As daphnias fazem parte da comunidade zooplancônica, que segundo Mangas-Ramírez et al. (2004), é responsável por 80 % da produção secundária no ambiente aquático. Alterações nas populações desses organismos podem causar danos à dinâmica de todo um ecossistema aquático.

Tabela 2. Risco de intoxicação ambiental do malation para *D. magna*, *H. eques* e *L. minor* de acordo com Goktepe, Portier e Ahmedna (2004).

Organismos teste	CAE (mg L ⁻¹)	CL/CE/CI (mg.L ⁻¹)	QR	Risco (GOKTEPE et al, 2004)
<i>Daphnia magna</i>	0,0490		30,62	
	0,0097	0,0016	6,06	Alto Risco
	0,0073		4,56	
<i>Lemna minor</i>	0,0490		0,0030	
	0,0097	14,75	0,0006	Baixo Risco
	0,0073		0,0005	
<i>Hyphessobrycon eques</i>	0,0490		0,0160	
	0,0097	3,05	0,0032	Baixo Risco
	0,0073		0,0024	

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O organismo mais afetado pelos testes de toxicidade aguda é o microcrustáceo *Daphnia magna*. O inseticida é classificado como extremamente tóxico pelas classificações de Zucker (1985) e IBAMA (1996) e caracterizado por apresentar uma toxicidade super extrema ao animal segundo as classes de HELFRISH et al. (1996). Para *Lemna minor*, o malation é considerado ligeiramente tóxico segundo as classes de Zucker (1985) e Helfrish et al. (1996). Já para o peixe *Hyphessobrycon eques*, o inseticida classifica-se como moderadamente tóxico pelas classes de toxicidade de Zucker (1985) e Helfrish et al. (1996), e como muito tóxico pelo IBAMA (1996).

Nas aplicações de bloqueio do mosquito transmissor da dengue há alto risco de intoxicação ambiental aguda das daphnias nos três cenários de profundidades considerados. Para os peixes e as macrófitas, o risco é considerado baixo de acordo com a classificação de Goktepe, Portier e Ahmedna (2004).

Na época em que foram realizados os estudos a prioridade básica era a melhoria da qualidade da água e não o aumento da capacidade da estação. Atualmente, a estação encontra-se trabalhando com o cloreto férrico tratando, surpreendentemente, a vazão de 280 L/s, ou seja, 22 L/s a mais do que trabalhava antes, mantendo a qualidade da água conforme os padrões exigidos pela Portaria 36/GM, de 1990.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABE, F. R.; COLEONE, A. C.; MACHADO, A. A.; MACHADO-NETO, J. G. Ecotoxicity and environmental risk assessment of larvicides used in the control of *Aedes aegypti* to *Daphnia magna* (Crustacea, Cladocera). Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 77, p. 37–45, 2014.
2. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* spp (Crustacea, Cladocera). 2009.
3. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Ecotoxicologia Aquática - Toxicidade Aguda – Método de ensaio com peixes. 2011.
4. BARATA, C.; SOLAYAN, A.; PORTE, C. Role of B-esterases in assessing toxicity of organophosphorus (chlorpyrifos, malathion) and carbamate (carbofuran) pesticides to *Daphnia magna*. Aquatic Toxicology, 66, p. 125–139, 2004.
5. BRASIL. Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue - Serie A. Normas e Manuais Técnicos. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. – Brasília: Ministério da Saúde, 160 p., 2009.

6. FONTOURA, N. G. Efeito do Novaluron – um inibidor da síntese de quitina – sobre *Aedes aegypti* em laboratório e simulado de campo. Dissertação apresentada ao Instituto Oswaldo Cruz para obtenção do título de mestre. Rio de Janeiro, 90 p., 2008.
7. HAMILTON, M.A. RUSSO, R.C. THURSTON, V. Trimed Sperman-Karber method for estimating medial lethal concentrations in toxicology bioassays. *Environmental Science and Technology*. v. 7, p. 714-719, 1977.
8. HELFRICH, L. A.; WEIGMAN, D. L.; HIPKINS, P.; STINSON, E. 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 10 de mar. de 2013.
9. IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Portaria normativa nº84/1996. 1996. Sistema de classificação quanto ao potencial de periculosidade ambiental – PPA. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/qualidade-ambiental/avaliacao-do-potencial-de-periculosidade-ambiental-ppa/pagina-4>. Acesso em 2 de jan. de 2013.
10. MANGAS-RAMÍREZ, E.; SARMA, S. S. S.; NANDINI, S. Combined effects of algal (*Chlorella vulgaris*) density and ammonia concentration on the population dynamics of *Ceriodaphnia dubia* and *Moina macrocopa* (Cladocera). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 51, p. 216-222, 2004.
11. SOLOMON, K.R. Ecotoxicological risk assessment of pesticides. Guelph:University of Guelph, 1996. 76p.
12. OECD. Organization for Economic Cooperation and Development. *Lemna sp.* Growth Inhibition Test. In: *GUIDELINE for testing of chemicals*, 2002.
13. URBAN, D. J.; COOK, N. J. Hazard Evaluation Division - Standard Evaluation Procedure Ecological Risk Assessment, U. S. EPA Publication 540/9-86-001, 1986.
14. ZUCKER, E. Hazard Evaluation Division - Standard Evaluation Procedure – Acute toxicity test for freshwater fish (USEPA Publication 540/9-85-006), 1985.