

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE MALATIONA PELOS UNIFORMES DE ALGODÃO TEFLONADO, EM CONDIÇÕES LABORATORIAIS*

EVALUATION OF CAPACITY OF RETAINED BY UNIFORM COTTON TEFLON MALATHION LABORATORY CONDITIONS

Solange Papini
COVISA/SMS/PMSP
solange_papini@yahoo.com.br

Thaís Salomão Leme
Instituto Biológico/SP

Eliane Vieira
Instituto Biológico/SP

Luiz Carlos Luchini
Instituto Biológico/SP

RESUMO

No controle de *Aedes aegypti* é utilizado o inseticida organofosforado malationa GT 96% diluído em óleo de soja na concentração de 1:2 v/v. A aplicação é feita sob nebulização visando eliminar o mosquito adulto. Para minimizar os riscos de exposição do aplicador se faz necessário o uso de equipamento de proteção individual (EPI) constituído por uniforme de algodão teflonado, máscara, luvas e botas. Após o uso, o EPI deve ser lavado adequadamente de forma a preservar suas características. Este trabalho avaliou o número de lavagens que pode ser submetido o EPI mantendo sua capacidade de retenção do produto químico sob condições laboratoriais. Para isso simulou-se micronebulizações em bustos de manequins vestidos com o tecido do uniforme de algodão. Entre o busto do manequim e o uniforme, e sobre o uniforme foram dispostos absorventes higiênicos femininos. Após cada micronebulização, os absorventes eram removidos e submetidos à extração e os extratos analisados por cromatografia gasosa. Os resultados mostraram que na 4ª aplicação houve passagem do produto para um absorvente interno e que na 5ª aplicação todos os absorventes internos continham o produto. A análise dos extratos dos uniformes após a 5ª aplicação e lavagem revelou que estes continham o produto. Portanto, nas condições testadas, verificou-se que o EPI pôde ser utilizado com segurança em 3 micronebulizações.

Palavras chave: Equipamento de proteção individual (EPI), nebulização, organofosforado, inseticida.

ABSTRACT

In the control of *Aedes aegypti* is used the organophosphate insecticide malathion GT 96% in soybean oil 1:2 v/v. The application is doing under nebulization to kill the adult mosquito. To minimize the applicator exposition risks is necessary the use of the protection personal equipment (PPE), constituted by uniform cotton teflon, mask, gloves and boots. After the use, the PPE should be washing correctly to preserve its characteristics. This research evaluated the number of the wash that PPE can be submitted maintaining your chemical retention capacity under laboratory conditions. To this was simulating micro-nebulization with mannequins dressed with the uniform cotton. Between the mannequin and the uniform and on the uniform were collocated feminine sanitary pads, intern sanitary pad and extern sanitary pad, and respectivaly. After each micro-nebulization the sanitary pads were removed and submitted to extraction, and the

Recebido em: 27/04/2011

Aceito para publicação em: 30/06/2011

extracts analysed by gas chromatography. The results mostrated that in the 4th application there was passage of product to one intern sanitary pad and tha in the 5th application all interns sanitary pads had the product. The analyses of the uniforms extracts after the 5th application and wash revealed that these had the product. So, in the conditions tested, it was observ that the PPE can use with safety in 3 micro-nebulization.

Key words: Protection personal equipment (PPE), nebulization, organophosphate, insecticide.

INTRODUÇÃO

Os inseticidas usados no controle químico de baratas e de mosquitos são responsáveis por intoxicação de animais e de seres humanos expostos diretamente pela manipulação desses insumos, ou indiretamente através da ingestão de água e alimentos contaminados (SINITOX, 2009). Sabe-se que os gastos em saúde pública decorrentes de contaminações por agrotóxicos, entre eles inseticidas, nas áreas agrícolas são elevados e acabam sendo assumidos pela sociedade como um todo (SOBREIRA & ADISSI, 2003), mas as intoxicações por esses produtos nas cidades ainda é um problema pouco explorado e estudado (BOCHNER & SOUZA, 2008).

Dentre os vários tipos de inseticidas utilizados no controle químico da fauna sinantrópica merece destaque o organofosforado malationa [dietyl(dimethoxythiophosphorylthio)succinato], indicado para uso agrícola e em campanhas de saúde pública e classificado na classe toxicológica III (ANVISA, 2009), usado no controle da dengue (SUCEN, 2009). Possui baixa persistência ambiental, quando aplicado em veículo aquoso de 75 a 100% é eliminado do solo em cerca de 1 semana (CETESB, 2009) e apresenta boa solubilidade em água e solventes orgânicos (EXTOXNET, 2009; WORTHING & WALKER, 1987). No controle do *Aedes aegypti*, mosquito vetor da dengue, é usado malationa grau técnico 96% diluído em óleo (1:2 v/v), sendo a calda aplicada espacialmente por meio de nebulização. Portanto, se fazendo necessário o uso de Equipamentos de Proteção Individual – EPI, uma vez que pode ocorrer absorção dérmica, via mais frequente, e inalatória (BRASIL, 2001; BRASIL, 2005; KEIFER, 2000; NICOL & KENNEDY, 2008, SUCEN, 2009; VAN DER JAGT *et al.*, 2004). Nas condições de aplicação o EPI é exposto a grandes quantidades de calda contendo o ingrediente ativo que deve ser retido pelo equipamento, preservando desse modo a saúde do aplicador. Após o uso o EPI deve ser lavado segundo recomendações do fabricante de modo a preservar suas características e garantir as condições de segurança do trabalhador. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a capacidade de retenção do EPI após sua utilização na aplicação de calda de malationa sob condições laboratoriais, verificando o número de lavagens que pode ser submetido esse EPI, de modo que ainda mantenha sua capacidade de retenção do inseticida.

MATERIAL E MÉTODOS

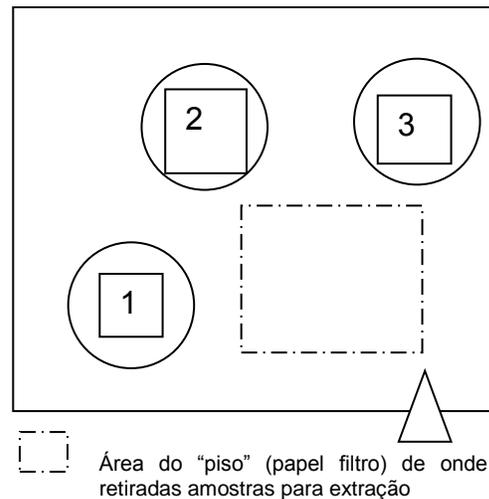
Foram utilizados o padrão analítico malationa, com pureza química superior a 99%, obtido da Chemservice para estabelecimento da metodologia analítica, e o malationa grau técnico 96% nos testes de micronebulização em laboratório. A detecção e quantificação do ingrediente ativo malationa foram determinadas em cromatografia a gás, com padronização externa, em equipamento SHIMADZU, modelo GC-2014AFsc, equipado com detector de ionização de chama. As amostras foram injetadas por meio de injetor automático no modo split (1/1). A temperatura do injetor foi de 230 °C e a do detector 300 °C. A temperatura da coluna foi de 60 °C, mantida por 1 minuto; aumento na taxa de 25 °C por minuto até 250 °C; mantido por 3 minutos; aumento de 30 °C por minuto até 280 °C e mantido nesta temperatura por 5 min. Uma coluna capilar RTX 5 (30,0 m × 0,25 mm) foi utilizada e o nitrogênio foi o gás de arraste a um fluxo de 1,44 mL.min⁻¹ sob pressão constante de 106,6 kPa. As curvas de calibração foram estabelecidas por análise de regressão com limite de confiança 95% e apresentaram linearidade nas faixas de concentração de 1,54 a 23,32 µg mL⁻¹ e de 19,6 a 326,78 µg mL⁻¹, com coeficiente de

correlação (r) de 0,99 e coeficiente de determinação (r^2) de 0,99. O tempo de retenção do malationa foi de 8,8 minutos nas condições apresentadas.

Os testes laboratoriais de micronebulização foram conduzidos em caixa de vidro (64 L) com uma pequena abertura para acoplamento do micronebulizador ligado a bomba compressora. Três bustos de manequim vestidos com material do EPI normalmente utilizado nas atividades de campo para controle do *A. aegypti*, confeccionado em algodão tratado com material hidrorrepelente, foram colocados em local determinado e mantido ao longo dos ensaios (FIGURA 1). Foram colocados dois absorventes higiênicos femininos entre o manequim e a roupa (absorventes internos), sendo um nas costas e outro na frente, e dois absorventes higiênicos sobre a roupa (absorventes externos), sendo, também, um colocado nas costas e outro na frente (TÁCIO *et al.*, 2008), em contato com o ambiente de aplicação (FIGURA 1).



(a)



(b)



(c)



(d)

FIGURA 1. Manequins vestidos com fragmentos de EPI, e com absorventes higiênicos acoplados (a), no interior da caixa de vidro, com posição definida e mantida durante as micronebulizações (b), vedação da caixa (c) e acoplamento do microbelulizador ligado a bomba compressora (d).

Em cada teste foram nebulizados 3,0 mL da calda de malationa (malationa grau técnico 96% diluído em óleo de soja, 1:2 v/v) com concentração final de 385,41 mg i.a. mL⁻¹, seguindo as orientações de preparo para as atividades desenvolvidas em campo no controle do *A. aegypti*,

tendo o cuidado de não se atingir diretamente os manequins. A micronebulização durou 1 hora e foi feita de modo que a névoa formada permanecesse em suspensão preenchendo todo o espaço interno da caixa de vidro. Terminada a micronebulização aguardou-se 30 minutos para deposição das gotículas antes da retirada do material para análise. Após cada micronebulização, os absorventes higiênicos e os uniformes eram retirados dos manequins, submetidos à extração utilizando-se 60 mL de hexano sob agitação mecânica por 30 minutos e os extratos analisados em cromatógrafo a gás nas condições analíticas descritas. A concentração de malationa presente nos absorventes internos foi calculada como porcentagem da concentração presente nos absorventes externos. Os EPI de cada manequim eram lavados individualmente em água com sabão em pó e deixados para secar à sombra para serem utilizados em nova micronebulização seguindo a metodologia descrita. Os procedimentos foram repetidos até que se detectasse malationa nos absorventes internos e, então, após a lavagem, a roupa de cada manequim foi cortada em pedaços que foram submetidos à extração em 60 mL de hexano sob agitação mecânica por 30 minutos para análise cromatográfica.

Os resultados obtidos a partir da extração dos absorventes colocados nas costas e colocados na frente em cada micronebulização foram comparados quanto à diferença utilizando-se Teste t com nível de significância de 0,05. A concentração de malationa presente nos absorventes externos colocados nas "costas" dos manequins, e também a concentração presente nos absorventes externos colocados na "frente" dos manequins foram analisadas estatisticamente por análise de variância (ANOVA, $\alpha=0,05$) a fim de verificar a existência de diferenças entre as cinco micronebulizações. Os resultados obtidos a partir da análise de fragmentos dos EPI submetidos à extração após a última micronebulização e a última lavagem também foram avaliados por análise de variância (ANOVA, $\alpha = 0,05$). Todas as análises foram feitas utilizando-se o *software* PRIMER (GLANTZ, 1992).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram feitas cinco micronebulizações experimentais, embora na 4ª micronebulização tenha ocorrido passagem do ingrediente ativo malationa para um absorvente interno. A TABELA 1 mostra as concentrações de ingrediente ativo presentes nos absorventes higiênicos após cada procedimento de micronebulização sob condições experimentais. Na 1ª, 2ª e 3ª micronebulização experimental constatou-se a presença de malationa apenas nos absorventes externos, isto é, aqueles dispostos sobre o EPI em contato direto com o ambiente de aplicação. Isso permite afirmar, que sob as condições testadas, o EPI impediu que o manequim entrasse em contato com o composto tóxico, sendo uma barreira eficaz contra a exposição.

Na 4ª micronebulização experimental foi detectado e quantificado o ingrediente ativo malationa em apenas um absorvente interno colocado na parte da frente do manequim 2. Como nos demais manequins o fato não foi observado realizou-se a 5ª micronebulização, quando se constatou que todos os absorventes internos continham malationa, mostrando que a vestimenta do EPI não foi capaz de reter esse ingrediente ativo. Veiga e col. (2007) em estudo de contaminação por agrotóxicos e equipamentos de proteção individual apontam importantes questões relativas à segurança que esses equipamentos oferecem, destacando como um dos aspectos de relevância a degeneração do EPI ao longo de sua vida útil como, por exemplo, o aumento da permeabilidade do tecido a cada lavagem, informação esta não divulgada aos compradores e usuários, o que contribui para aumentar a exposição do trabalhador ao agente tóxico.

Os resultados mostraram que os absorventes externos localizados na frente e os colocados nas costas dos manequins apresentavam concentrações de malationa semelhantes na 1ª e na 3ª micronebulizações experimentais, sendo as diferenças não significativas ($p=0,203$ e $p=0,201$, respectivamente). Nas demais micronebulizações as concentrações de malationa foram significativamente maior nos absorventes externos localizados na frente dos manequins (2ª micronebulização $p=0,015$, 4ª micronebulização $p=0,001$ e 5ª micronebulização $p=0,01$). Isso talvez se deva ao fato dos absorventes colocados na frente dos manequins estarem voltados diretamente para a fonte do vapor (FIGURA 1), embora não recebessem aplicação direta do composto.

No caso dos absorventes internos não se observou diferença significativa na 5ª micronebulização, entre aqueles colocados nas costas e aqueles colocados na frente dos manequins ($p=0,473$). Os resultados obtidos na 5ª micronebulização possibilitaram comparar as concentrações de malationa presentes nos absorventes externos e internos. Nos absorventes higiênicos dispostos nas costas dos manequins, a porcentagem de malationa nos absorventes internos em relação aos externos foi de 36,79% (manequim 3), 46,29% (manequim 2) e 44,04% (manequim 1). Já nos absorventes higiênicos dispostos na frente dos manequins essas porcentagens foram de 16,40% (manequim 3), 28,20% (manequim 2) e 30,37% (manequim 1), não se observando, portanto, nenhuma relação entre posição do manequim e retenção do produto pelo EPI.

TABELA 1

Concentrações de ingrediente ativo malationa presentes nos absorventes higiênicos após cada procedimento de micronebulização sob condições experimentais

NEB*	MANEQUINS	EXTERNOS		INTERNOS	
		COSTAS	FRENTE	COSTAS	FRENTE
		µg/60 mL	µg/60 mL**	µg/60mL**	µg/60 mL**
1 ^a	1	1.537,2	1.028,4	ND***	ND***
	2	1.378,8	2.254,8	ND***	ND***
	3	1.354,8	2.124,0	ND***	ND***
	Total	4.270,8	5.407,2		
2 ^a	1	1.165,2	1.194,6	ND***	ND***
	2	949,8	3.039,6	ND***	ND***
	3	1.151,4	2.433,0	ND***	ND***
	Total	3.266,4	6.667,2		
3 ^a	1	1.285,8	1.526,4	ND***	ND***
	2	1.242,6	5.073,6	ND***	ND***
	3	1.734,0	1.260,6	ND***	ND***
	Total	4.262,4	7.860,6		
4 ^a	1	981,6	2.411,4	ND***	ND***
	2	1.334,4	2.928,9	ND***	439,5
	3	2.084,7	1.988,4	ND***	ND***
	Total	4.400,7	7.328,7		439,5
5 ^a	1	1.012,2	1.450,2	445,8	440,4
	2	947,4	1.623,6	438,6	457,8
	3	1.159,8	2.674,2	426,0	438,6
	Total	3.119,4	5.748,0	1.310,4	1.336,8

* NEB = nebulização ** volume do extrato ***ND = não detectado

Embora nas quatro primeiras micronebulizações o ingrediente ativo malationa tenha sido detectado e quantificado nos absorventes externos e na 5ª nebulização tenha se constatado a presença de malationa tanto nos absorventes externos quanto nos internos, as porcentagens de malationa nos absorventes em relação ao inicialmente aplicado entre as cinco micronebulizações foram semelhantes (TABELA 2).

As concentrações de malationa presentes nos absorventes externos localizados nas costas dos manequins não mostraram diferença significativa entre as cinco micronebulizações ($p=0,278$). Da mesma forma, também não se constatou diferença entre as concentrações de malationa nos absorventes externos localizados na frente dos manequins ($p=0,828$) entre as cinco

micronebulizações, mostrando que as condições de exposição durante os procedimentos realizados foram semelhantes.

Após as cinco micronebulizações, os EPI foram lavados e cortados em pedaços para extração de malationa presente. As análises revelaram a presença de malationa nos EPI em concentrações semelhantes (TABELA 3), não se verificando diferenças significativas entre os fragmentos dos três EPI ($p=0,06$). Os resultados sugerem que durante o procedimento de nebulização, devido ao fato de ser uma metodologia adequada para a difusão de um ingrediente ativo na totalidade de um volume a tratar, em todos os pontos, o ingrediente ativo se espalhou uniformemente. Isso possibilitou que os EPI ficassem envoltos pela névoa, havendo deposição do ingrediente ativo sobre a roupa de forma semelhante. O observado reforça a importância que a escolha do tipo de EPI a ser utilizado deve levar em consideração não apenas a toxicidade do produto, mas também as condições de exposição e sua distribuição pelo corpo do aplicador. Oliveira e Machado Neto (2005) em estudo com aplicações de agrotóxicos em culturas de batatas observaram que havia exposição dos trabalhadores mesmo com o uso de EPI, cuja recomendação não era adequada à situação real.

TABELA 2

Porcentagem de ingrediente ativo malationa, presente nos EPI expostos, a partir do inicialmente aplicado durante o procedimento de micronebulização experimental

NEB*	$\mu\text{g i.a.}$	% em relação ao inicialmente aplicado
1 ^a	9.678,0	0,83
2 ^a	9.933,6	0,86
3 ^a	12.123,0	1,05
4 ^a	12.168,9	1,05
5 ^a	11.514,6	0,99

*NEB = nebulização

TABELA 3

Concentração de malationa presente nos EPI após cinco micronebulizações experimentais e cinco lavagens com água e sabão em pó

MANEQUIM (EPI)	Fragmento	Concentração ($\mu\text{g.mL}^{-1}$)
1	1.a	7,48
	1.b	7,39
	1.c	7,16
	1.d	7,82
2	2.a	7,40
	2.b	7,74
	2.c	7,58
	2.d	7,78
3	3.a	8,21
	3.b	8,04
	3.c	10,12
	3.d	13,01

Os resultados indicaram que o EPI se utilizado mais de 3 vezes, nas condições testadas, pode se tornar uma fonte de contaminação para o “trabalhador” ao invés de protegê-lo, reforçando a necessidade de troca com maior frequência do equipamento. Testes devem ser realizados em condições de campo para melhor avaliação da capacidade de retenção do EPI, uma vez que nos resultados laboratoriais essa capacidade é limitada.

CONCLUSÕES

Nas condições dos testes laboratoriais realizados constatou-se que o EPI pôde ser utilizado em 3 micronebulizações sem que houvesse passagem do ingrediente ativo malationa para os absorventes internos.

REFERÊNCIAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Ministério da Saúde**. Brasil. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/monografias>. Acessado em 10 de junho de 2009.

BOCHNER, R & SOUZA, VMFA. Panorama das intoxicações e envenenamentos registrados no Brasil pelo Sistema Nacional de Informações Tóxico-farmacológicas (SINITOX). **Revista Racine**, v. XVIII, p. 44-58, 2008.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora Equipamento de Proteção Individual - NR 6**, 2001. Disponível em

http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_06_pdf. Acessado em 29 de abril de 2009

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura**. – NR 31, 2005. Disponível em http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_31_pdf. Acessado em 29 de abril de 2009.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Secretaria de Estado do Meio Ambiente**. São Paulo.

Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/produtos>. Acessado em 10 de junho de 2009.

EXTOXNET – Extension Toxicology Network. **Pesticides Information Profiles**. Disponível em <http://www.extoxnet.orst.edu/pipis/malathion>. Acessado em 15 de junho de 2009.

GLANTZ, SA. **Primer of biostatistics**: The program. Mc Graw-Hill, Inc, version 3.02. 3ª ed., 1992, 400p.

KEIFER, MC. **Effectiveness of interventios in reducing pesticide overexposure and poisonings**. Am J Prev Med, v. 18, n. 4, p. 80-89, 2000.

NICOL, AM & KENNEDY, SM. **Assessment of pesticide exposure control practices among men and women on fruit-growing farms in Bristish Columbia**. J Occup Environ Hyg. v. 5, n. 4, p. 217-226, 2008.

OLIVEIRA, ML & MACHADO NETO, JG. Segurança na aplicação de agrotóxicos em cultura de batata em regiões montanhosas. **Rev. bras. Saúde ocup.**, v. 30, n. 112, p. 15-25, 2005.

SINITOX - Sistema Nacional de Informações Tóxico-farmacológicas. Estatística anual de casos de intoxicação e envenenamento: Brasil: 2006. **Centro de Informações Científica e Tecnológica, Fundação Oswaldo Cruz**, Disponível em <http://www.fiocruz.br/sinitox>. Acessado em 04 de maio de 2009.

SOBREIRA, AEG. & ADISSI, PJ. The false premises of pesticide use. **Ciênc. Saúde coletiva**, v. 8, n. 4, p. 985-990, 2003.

SUCEN - Superintendência de Controle de Endemias. **Segurança em controle químico de vetores. Secretaria de Saúde do Estado de São Paulo.** Disponível em <http://www.sucen.sp.gov.br>. Acessado em 20 de março de 2009.

TÁCIO, MB; OLIVEIRA, ML; MACHADO NETO, JG. Eficiência de vestimentas hidrorrepelentes novas na proteção do tratorista em pulverizações de agrotóxicos em goiabas com o turbopulverizador. **Ver. Bras. Frutic.** v. 30, n. 1., 2008.

VAN DER JAGT, K; TIELEMANS, E; LINKS, I; BROUWER, D; VAN HEMMEN, J. Effectiveness of personal protective equipment: relevance of dermal and inhalation exposure to chlorpyrifos among pest control operators. *J Occup Environ Hyg.* V. 1, n. 6, p. 35-362, 2004.

VEIGA, MM; DUARTE, FJM; MEIRELLES, LA; GARRIGOU, A; BALDI, I. A contaminação por agrotóxicos e os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). **Ver. Brás. Saúde ocup.** v. 32, n. 116, p. 57-68, 2007

WORTHING, CR & WALKER, SB (Ed.). **The Pesticide Manual** - A World Compendium. 8th ed. Thornton Heath, UK: The British Crop Protection Council, 1987. p. 6120-6121, p. 7719-7720.

* Este trabalho é parte do Projeto Avaliação da presença de resíduos de inseticidas na água de lavagem dos uniformes de algodão teflonado usados durante os procedimentos de preparo da calda, aplicação e limpeza do equipamento de proteção individual (FAPESP nº 09/52959-4)