

EFICÁCIA DE VESTIMENTAS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL USADOS EM APLICAÇÕES DE GLYPHOSATE NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR DE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO DÉRMICA

ESPANHOL, M.¹; NOCITI, L.A.S.³, MACHADO-NETO, J.G.³

¹ FCAV/UNESP – Campus de Jaboticabal, 16 3209 2621, melespanhol@yahoo.com.br

² FCAV/UNESP – Campus de Jaboticabal, 16 3209 2621, leticianociti@gmail.com

³ FCAV/UNESP – Campus de Jaboticabal, 16 3209 2621, joaquim@fcav.unesp.br

Resumo

Objetivou-se adaptar o teste em manequim da norma ASTM 1359:2007 à avaliação quantitativa do controle da exposição dérmica por conjuntos de vestimentas de proteção individual, e determinar a eficácia no controle da exposição dérmica pelos conjuntos de proteção, sem e após usos e lavagens em condições de campo, avaliada em condições de campo e avaliada em laboratório, por meio do teste em manequim adaptado. Os conjuntos de vestimentas de proteção individual foram confeccionados com tecidos “Bege Cru” (100% de algodão) e “Camuflado” (31% de fio poliéster e 69% algodão fibra longa), tratados com óleo fobol hidrorrepelente. Os conjuntos avaliados estavam sem e com 5, 10, 20 e 30 usos por aplicadores do herbicida glyphosate com pulverizador costal manual dirigido às plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar. As vestimentas sem uso no campo foram lavadas em condições de laboratório, em máquina, com sabão de côco, líquido e neutro. A eficácia das vestimentas foi avaliada em condições de campo, nas mesmas condições do uso, e em laboratório, por meio do teste em manequim adaptado. Foram avaliadas as exposições nas seguintes partes do corpo: cabeça+pescoço, braços, mãos, tronco-frente, tronco-atrás, pernas-frente e pernas-atrás. O conjunto de vestimentas “Bege Cru” é eficaz, pois controla mais de 94,82% das exposições dérmicas, mas é ligeiramente reduzida pelo número de usos e lavagens e não é afetada pelo método de avaliação e pelas partes do corpo. Para o conjunto de vestimentas “Camuflado” a porcentagem média de controle da exposição dérmica avaliada no teste em manequim é 7,82% menor que a avaliada no campo. A eficácia do conjunto “Camuflado” é reduzida proporcionalmente ao número de usos e lavagens. A cabeça+pescoço é a parte do corpo com menor controle da exposição dérmica, devido à não proteção da face do manequim. O método adaptado do teste em manequim à avaliação quantitativa da eficácia de conjuntos de vestimentas de proteção individual é adequado, mais preciso e eficaz que o método de avaliação em condições de campo para o conjunto de vestimentas “Camuflado” e semelhante no conjunto “Bege Cru”. A menor eficácia do conjunto “Camuflado” pode ser devido à presença de 31% de fio sintético poliéster na composição do material, à menor gramatura do material, e à exposição dérmica total no manequim; 2,5 vezes maior que no trabalhador no campo.

Palavras-chave: Agrotóxicos, Segurança no trabalho, Controle da exposição dérmica, ASTM 1359:2007, Métodos de avaliação da exposição dérmica.

Abstract

The objective was to adapt the test in mannequin of the ASTM 1359:2007 norm to quantitative assessment of the dermal exposure control by the protective ensembles, and to define the effectiveness of the control of dermal exposure by the protective ensembles, before and after use and wash in camp conditions, measured in field conditions and measured in laboratory conditions, by testing on mannequin adapted. The protective ensembles were made with “Bege Cru” fabric (100% cotton) and “Camuflado” fabric (31% polyester and 69% long threads of cotton), treated with water repellent substance (fobol oil). The protective ensembles evaluated were without use or with 5, 10, 20, and 30 used by glyphosate herbicide applicators with knapsack pressured sprayer directed to weeds in sugar cane crop. The protective ensembles without use in camp ware washed in laboratory conditions, by wash machine, with liquid and neutral coconut soap. The efficiency of the clothing was evaluated in field condition, as the same condition of use, and in laboratory condition, by testing adapted mannequin. The exposures were evaluated on the following body parts: head and neck, arms, hands, trunk-front, trunk-back, legs-front, and legs-back. The “Bege Cru” protective ensemble is effective, because it control more than 94.82% of dermal exposure, but it is slightly reduced by the number of uses and washes and it is not affected by the valuation method and the body parts. The “Camuflado” protective ensemble is the average perceptual of the dermal exposure control in laboratory 7.82% lower than that measured in the field. The “Camuflado” protective ensemble effectiveness is reduced proportionately to the number of uses and washes. The head and neck are the parts of the body with less control of dermal exposure, because of the non-protection of the mannequin face. The method adapted to the mannequin test to the quantitative evaluation in the protective ensembles effective is appropriate, more accurate and effective than the method of evaluation in field condition to the “Camuflado” protective ensemble and similar to the “Bege Cru” protective ensemble. The lower effectiveness of the

“Camuflado” protective ensemble might be the 31% presence of the polyester fabric in the material composition, to the smallest weight of the material, and to the total dermal exposure of the mannequin; 2.5 times more than the worker in the field.

Key Words: Pesticide, Safety at work, Control of dermal exposure, ASTM 1359:2007, Evaluation methods of dermal exposure.

Introdução

A exposição aos agrotóxicos é um dos mais importantes riscos para os trabalhadores rurais de países subdesenvolvidos (Blanco et al., 2005). Em condição de campo, é mais importante a proteção da via dérmica, que é maior que a via respiratória, pois mais de 99% da exposição total ocorre na via dérmica e 1%, ou menos, ocorre nas vias respiratórias (Van Hemmen, 1992). Cabe ao empregador realizar avaliações dos riscos para a segurança e saúde dos trabalhadores e, com base nos resultados, adotar medidas de prevenção e proteção (Brasil, 2005). Como medidas de proteção pessoal destacam-se as vestimentas de proteção individual. A proteção das vestimentas pode ser por repelência, que impedem a penetração de agrotóxicos através dos poros dos materiais porosos, ou impermeabilização, que impedem a permeação ou absorção e retenção dos agrotóxicos nos materiais não porosos. A penetração de compostos químicos nos materiais das vestimentas de proteção é definida como o fluxo das moléculas através de poros, aberturas ou imperfeições do material e da vestimenta (Obendorf et al., 2003).

A eficácia dos materiais das vestimentas e das próprias vestimentas de proteção deve ser avaliada em testes de laboratório e com procedimentos normalizados (Brasil, 2009). O procedimento da norma ASTM 1359:2007 é para avaliar a resistência de vestimentas de proteção à penetração de respingos de líquidos. Com esta norma, a modelagem da vestimenta de proteção no corpo do trabalhador, falhas nas costuras e imperfeições são avaliadas qualitativamente, por meio de um traçador fluorescente que marca os pontos da passagem de calda através dos materiais das vestimentas. Barker (2005) cita que o critério de avaliação do procedimento da norma ASTM F1359:2007 é subjetivo, pois não determina a coleta do líquido no interior da roupa de proteção, luvas e botas após a exposição. Por outro lado, a eficácia das vestimentas de proteção individual pode ser avaliada em condições de campo, de acordo com o procedimento estabelecido no protocolo VBC 82.1 (WHO, 1982).

Objetivou-se adaptar o teste em manequim da norma ASTM 1359:2007 à avaliação quantitativa do controle da exposição dérmica por conjuntos de vestimentas de proteção individual, e determinar a relação entre o CED pelos conjuntos de proteção, sem e após usos e lavagens em condições de campo, avaliado em condições de campo e por meio do teste do manequim adaptado.

Material e Métodos

A eficácia no controle da exposição dérmica por dois conjuntos de vestimentas de proteção individual foi avaliada em condições de campo e de laboratório, e por meio do teste em manequim da norma ASTM 1359:2007 adaptado para avaliação quantitativa. Os conjuntos de vestimentas de proteção individual avaliados foram confeccionados com tecidos “Bege Cru” (100% de algodão) e “Camuflado” (31% de fio poliéster e 69% algodão fibra longa), tratados com óleo fobol hidrorrepelente. As calças dos dois conjuntos foram reforçadas na parte inferior frontal, a partir a da altura dos joelhos, com material impermeável.

Os conjuntos de vestimentas foram usados 5, 10, 20 e 30 vezes por aplicadores do herbicida glyphosate com o pulverizador costal manual, em jato dirigido às plantas daninhas nas entrelinhas de cultura de cana-de-açúcar, da Usina Cosan, Unidade Bonfim, no Município de Guariba – SP. Após cada jornada de trabalho, as vestimentas foram lavadas com sabão de coco líquido neutro líquido em máquina modelo SLE-50M, da SITEC. Em seguida, os conjuntos foram secados em extrator centrífugo, modelo SP-30M.

A eficácia dos conjuntos de vestimentas de proteção no controle da exposição dérmica no campo foi avaliada na mesma atividade em que foram usados na cultura de cana-de-açúcar, pelos aplicadores do herbicida glyphosate. As avaliações de campo foram realizadas em exposições entre 20 e 30 minutos, com a aplicação de 12 L de calda, em condições normais de trabalho. O sulfato de manganês foi utilizado nas caldas aplicadas como traçador (Oliveira e Machado Neto, 2003), na concentração de 3,0 g/L. A tensão superficial da calda foi de 71,04 dinas/cm. Durante as avaliações, a temperatura do ar média foi de 30,2°C, umidade relativa do ar média, 44,0 % e velocidade do vento variou entre 0 e 1,7 km/h. Após as avaliações no campo, a eficácia destas vestimentas também foi avaliada com o teste em manequim na norma ASTM F 1359:2007 adaptado, no laboratório LABORSEG, do Departamento de Fitossanidade, da FCAV/UNESP – Campus de Jaboticabal.

Na avaliação com o teste em manequim, o hidróxido de cobre foi utilizado como traçador na calda (Machado-Neto et al., 1998) na concentração de 3,0 g/L. A tensão superficial da calda foi de 31 dinas/cm. A

barra de pulverização foi composta por seis bicos 110 01, pressão de 40lb/pol², e o volume total aplicado da barra, de 1980 mL/min. As pulverizações foram realizadas durante 20 s e com o manequim fazendo uma rotação de 360° em torno do eixo. Durante as avaliações com o teste em manequim, a temperatura média do ar foi de 28,71 °C e umidade relativa média do ar, de 58,2 %. Nos dois métodos de avaliação, as exposições dérmicas foram avaliadas com dez repetições.

As exposições dérmicas aos traçadores, sem e sob as vestimentas de proteção individual, foram quantificadas em vestimentas amostradoras, usadas pelos trabalhadores e vestidas nos manequins. Após as pulverizações, as vestimentas amostradoras foram seccionadas em cabeça + pescoço, braços, tronco-frente, tronco-atrás, pernas+frente, pernas+atrás e mãos. Os cátions nas caldas pulverizadas foram extraídos das partes das vestimentas amostradoras com solução extratora de HCl a 0,2 N para as avaliações de campo e 2 N, para as avaliações no teste em manequim. Os cátions foram quantificados por espectrofotometria de absorção atômica em chama.

As exposições dérmicas aos cátions foram utilizadas como dados substitutos para determinar as exposições às caldas (Jensen, 1989); utilizadas para calcular a eficácia dos conjuntos de vestimentas. A exposição dérmica total às caldas nas vestimentas amostradoras (macacão de brim e luvas de algodão) vestidas no manequim foi de 369 mL/min e nas vestidas pelos trabalhadores no campo, de 147,2 mL/h.

A eficácia (Efic) das vestimentas de proteção individual, nas partes do corpo e média, foi calculada com a fórmula: Efic. = [(EDSP – EDNC) / EDSP] x 100 (%), onde: EDSP = Exposição dérmica sem proteção; EDNC = Exposição dérmica não controlada pelas vestimentas. Esta fórmula determina a porcentagem de controle da exposição dérmica pelos conjuntos de vestimentas de proteção individual.

Resultados e Discussão

Conjunto de vestimenta de proteção individual “Bege Cru”

A eficácia do conjunto de vestimentas “Bege Cru”, utilizado pelos aplicadores de glyphosate com o pulverizador costal manual não difere entre si quando avaliada com os dois métodos utilizados: em condições de campo e por meio do teste em manequim, nas condições sem e após 5, 10 20 e 30 usos e lavagens em condições de campo (Tabela 1). O conjunto de vestimentas de proteção “Bege Cru” foi eficaz, pois controlou mais 94% da exposição dérmica em todas as avaliações em condições de campo e de laboratório.

Tabela 1. Eficácia do conjunto de vestimenta de proteção individual “Bege Cru” avaliada em condições de campo e na câmara de teste nas partes do corpo sem e com 5, 10, 20 e 30 usos e lavagens.

Número de Lavagens	Método de avaliação	Partes do corpo							Média
		Cabeça + Pescoço	Braço	Tronco		Pernas		Mãos	
				Frente	Atrás	Frente	Atrás		
0	Manequim	93,68 B c	98,11 A b	97,58 A b	97,46 A b	96,89 A b	96,85 A b	100,00 A a	97,23 A
	Campo	96,07 A b	93,89 B c	96,60 A b	95,93 A b	98,35 A a	93,87 B c	95,59 B b	96,76 B
5	Manequim	91,56 B c	97,48 A b	97,52 A b	95,16 A b	96,88 A b	99,72 A b	100,00 A a	96,90 A
	Campo	96,17 A b	95,72 A b	96,99 A a	96,79 A a	98,25 A a	94,49 B b	96,26 B b	96,38 A
10	Manequim	88,40 B c	97,69 A b	97,27 A b	97,22 A b	97,06 B b	96,02 B b	99,94 A a	96,23 A
	Campo	95,48 A b	93,59 A b	98,14 A a	93,65 B a	99,84 A a	99,76 A b	95,05 B b	96,50 A
20	Manequim	87,54 B c	97,50 A b	96,95 A b	96,87 A b	96,29 B b	95,01 A b	99,90 A a	95,72 A
	Campo	97,71 A a	97,97 A a	98,34 A a	88,68 B a	98,85 A a	90,76 B b	98,43 A a	95,82 A
30	Manequim	87,33 B d	97,18 A b	94,30 B c	94,67 A c	95,79 B c	94,52 A c	99,93 A a	94,82 A
	Campo	95,78 A a	94,81 B b	96,33 A a	93,20 A b	98,01 A a	94,30 A b	95,28 B a	95,39 A

C.V.(%) = 1,47

Médias seguidas por mesma letra minúscula, comparada na linha para as partes do corpo, e letra maiúscula, comparadas na coluna para câmara e campo, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p=0,05).

Para as avaliações no teste em manequim, a parte do corpo com eficácia significativamente inferior, entre as partes do corpo, foi a cabeça + pescoço em todos os números de usos e lavagens. A menor eficácia da vestimenta na cabeça + pescoço deve-se a não proteção da face do manequim pelo conjunto de vestimenta, que foi diretamente atingida pela calda pulverizada. Na avaliação no campo, a eficácia foi significativamente menor

que a avaliada no teste em manequim nos braços, sem e com 30 usos e lavagens, e do tronco-atrás com 10 e 20 usos e lavagens (Tabela 1).

A eficácia do conjunto de vestimentas foi significativamente menor na avaliação no campo, em relação á no laboratório, nas seguintes partes do corpo: perna-atrás da vestimenta sem e com 5 e 20 usos e lavagens; braços, sem e com 30 usos e lavagens; tronco-atrás, com 10 e 20 usos e lavagens, e mãos; sem e com 5, 10 e 30 usos e lavagens. A menor eficácia nas avaliações de campo destas partes do corpo deve-se à exposição mais uniforme na parte da frente e atrás do manequim que a exposição em condições de campo, e por ser 2,5 vezes menor que a exposição no manequim. Nas condições de campo, em aplicações frontais de herbicidas em jato dirigido às plantas daninhas com pulverizações costais manuais, a exposição dérmica concentra-se na frente das pernas e coxas e nos pés (Machado Neto et al., 1998).

Conjunto de vestimentas de proteção individual “Camuflado”

A eficácia do conjunto de vestimentas “Camuflado”, utilizado pelos aplicadores de glyphosate com o pulverizador costal manual foi significativamente menor na avaliação com o teste em manequim adaptado que na avaliação em condições de campo, com o conjunto de vestimentas sem e com 5, 10, 20 e 30 usos e lavagens (Tabela 2). Avaliação com o teste em manequim adaptado, a eficácia do conjunto de vestimentas foi significativamente reduzida de 93,91% sem usos e lavagens e para 75,83% com 30 usos e lavagens. Na avaliação em condições de campo, a eficácia do conjunto de vestimentas foi ligeiramente reduzida de 97,09 % para 94,37% ao longo das condições sem e com 30 usos e lavagens. A menor eficácia e a redução significativa da eficácia com o aumento do número de usos e lavagens deste conjunto de vestimentas na avaliação com o teste em manequim devem-se, provavelmente, à maior exposição neste, que foi 2,5 vezes maior que no trabalhador em condições de campo.

Tabela 2. Eficácia do conjunto de vestimenta de proteção individual “Camuflado” avaliada em condições de campo e na câmara de teste nas partes do corpo sem e com 5, 10, 20 e 30 usos e lavagens.

N. usos e Lavagens	Método de avaliação	Partes do corpo							Média
		Cabeça + Pescoço	Braço	Tronco		Pernas		Mãos	
				Frente	Atrás	Frente	Atrás		
0	Manequim	89,58 B c	91,94 B c	95,28 A b	95,33 A b	95,70 A b	95,60 A b	99,86 A a	94,76 B
	Campo	96,98 A a	95,91 A a	97,36 A a	97,33 A a	98,60 A a	96,38 A a	97,78 A a	97,19 A
5	Manequim	87,82 B c	91,30 B c	94,74 A b	94,63 A b	91,42 B c	89,37 B c	99,91 A a	92,74 B
	Campo	97,28 A a	97,47 A a	97,21 A a	97,27 A a	98,96 A a	96,50 A a	96,67 A a	97,33 A
10	Manequim	85,40 B c	90,10 B b	90,59 B b	90,48 A b	89,65 B b	86,36 B c	99,94 A a	90,36 B
	Campo	97,55 A a	97,39 A a	97,51 A a	92,49 A b	98,53 A a	96,33 A a	96,02 B a	96,55 A
20	Manequim	83,20 B b	85,06 B b	82,66 B b	81,69 B b	84,00 B b	78,44 B c	99,86 A a	84,99 B
	Campo	96,65 A a	95,80 A a	96,75 A a	93,34 A a	96,38 A a	93,94 A a	97,00 A a	95,69 A
30	Manequim	77,43 B c	83,53 B b	78,56 B c	75,54 B c	78,56 B c	61,35 B d	99,97 A a	79,24 B
	Campo	96,94 A a	96,43 A a	96,41 A a	90,33 A b	94,77 A a	91,33 A b	97,15 B a	94,45 A

C.V.(%) = 2,62

Médias seguidas por mesma letra minúscula, comparada na linha para as partes do corpo, e letra maiúscula, comparadas na coluna para câmara e campo, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p=0,05).

Em todos os números de usos e lavagens a eficácia do conjunto de vestimenta “Camuflado” avaliada por meio do teste em manequim adaptado, em média, foi 7,8 % menor que a avaliada no campo. A menor eficácia avaliada no teste em manequim adaptado é explicada pela pulverização direta e uniforme sobre as vestimentas no manequim que resulta em maior capacidade de penetração da calda nas diversas partes da vestimenta. Em condições de campo, em aplicações frontais dirigidas às plantas daninhas com pulverizadores costais, a exposição dérmica concentra-se nos membros inferiores do trabalhador (Machado-Neto et al., 1998). A menor eficácia na avaliação no teste em manequim adaptado deve-se também à menor eficácia na cabeça+pescoço, pois a face do manequim não foi protegida; braços, sem e com 10 usos e lavagens; tronco-frente, com 30 usos e lavagens, pernas-frente, com 5 e 30 usos e lavagens; e pernas-atrás, com 5, 10 e 20 usos e lavagens, em relação ás demais partes do corpo.

O conjunto de vestimentas “Bege Cru” é eficaz, pois controla mais de 94,82% das exposições dérmicas, mas é ligeiramente reduzida pelo número de usos e lavagens e não é afetada pelo método de avaliação e pelas

partes do corpo. Para o conjunto de vestimentas “Camuflado” a porcentagem média de controle da exposição dérmica avaliada no teste em manequim é 7,82% menor que a avaliada no campo. A eficácia do conjunto “Camuflado” é reduzida proporcionalmente ao número de usos e lavagens. A cabeça+pescoço é a parte do corpo com menor controle da exposição dérmica, devido à não proteção da face do manequim.

O método adaptado do teste em manequim à avaliação quantitativa da eficácia de conjuntos de vestimentas de proteção individual é adequado, mais preciso e eficaz que o método de avaliação em condições de campo para o conjunto de vestimentas “Camuflado” e semelhante no conjunto “Bege Cru”. A menor eficácia do conjunto “Camuflado” pode ser devido à presença de 31% de fio sintético poliéster na composição do material, à menor gramatura do material, e à exposição dérmica total no manequim; 2,5 vezes maior que no trabalhador no campo.

Literatura Citada

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. F 1359. Standard test method for liquid penetration resistance of protective clothing or protective ensembles under a shower spray while on a mannequin. West Conshohocken, PA, 2007. 5p.

BARKER, R. L. A review of gaps and limitations in test methods for first responder protective clothing and equipment. **National Personal Protection Technology**. Pittsburgh, Pennsylvania, 2005. On line. Disponível em: [http://www.cdc.gov/NIOSH/hphtml/pdfs/ProtClothEquip Review.pdf](http://www.cdc.gov/NIOSH/hphtml/pdfs/ProtClothEquip%20Review.pdf). Acesso em 03 de maio de 2009.

BLANCO, L. E.; ARAGÓN, A.; LUNDBERG, I.; LIDÉN, C.; WESSELING, C.; NISE, G. Determinants of dermal exposure among Nicaraguan subsistence farmers during pesticide applications with backpack sprayers. **The Annals of Occupational Hygiene.**, Vol. 49, No. 1, p. 17–24, 2005.

BRASIL - MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO. Portaria n. 86. Norma regulamentadora de segurança e saúde no trabalho na agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura. **Anexo 1 - NR – 31.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 04 de março de 2005, Seção, p. 31.

BRASIL, MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO. Portaria nº 125 de 12 de novembro de 2009. Define o processo administrativo para suspensão e cancelamento de Certificado de Aprovação de Equipamento de Proteção Individual e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 de novembro de 2009, Seção, p. 2.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 6330: Textiles — Domestic washing and drying procedures for textile testing. Geneva, 18p, 2000.

JENSEN, J.K. The assumptions used for exposure assessments. In: SIEWIERSKI, M. (ed.). **Determination and assessment of pesticide exposure**. New York: Elsevier, p. 147-152, 1984.

MACHADO-NETO, J.G.; MATUO, T.; MATUO, Y.K. Efficiency of safety measures applied to a manual knapsack sprayer for paraquat application to maize (*Zea mays* L.). **Bulletin of Environmental and Contamination Toxicology** v.35, p.698-701, 1998.

OBENDORF, S.K.; CSISZAR, E.; MANEEFUANGFOO, D.; BORSA, J. Kinetic transport of pesticide from contaminated fabric through a model skin. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.45, p.283-288, 2003.

OLIVEIRA, M. L.; MACHADO NETO, J. G. Use of manganese as tracer in the determination of respiratory exposure and relative importance of exposure routes in the safety of pesticide applicators in citrus orchards. **Bulletin of Environmental and Contamination Toxicology**, v.70, p.415-421, 2003.

VAN HEMMEN, J.J. Agricultural pesticide exposure data bases for risk assessment. **Reviews of Environmental Contamination Toxicology.**, New York, v. 126, p. 1-85, 1992.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Field surveys of exposure to pesticide standard protocol. Document VBC/82.1. Geneva, 1982.