

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA E DA VIDA ÚTIL DE  
CONJUNTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL AOS  
AGROTÓXICOS EM FUNÇÃO DO PROCEDIMENTO DE USO E  
LAVAGENS**

**Melina Espanhol Soares**

Engenheira Agrônoma

**JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL**

Agosto de 2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA E DA VIDA ÚTIL DE  
CONJUNTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL AOS  
AGROTÓXICOS EM FUNÇÃO DO PROCEDIMENTO DE USOS  
E LAVAGENS**

**Melina Espanhol Soares**

**Orientador: Prof. Dr. Joaquim Gonçalves Machado Neto**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Agronomia (Produção Vegetal).

**JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL**

Agosto de 2012

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**Msc. Melina Espanhol Soares** – Nascida aos 18 de abril de 1981 em Ribeirão Preto, é Engenheira Agrônoma. Graduada pela Faculdade de Ciências Agronômicas e Veterinária – Unesp, Campus de Jaboticabal, em janeiro de 2007, com o título: Efeitos do tempo de agitação e do volume das águas da tríplice lavagem na remoção de resíduos de inseticidas organofosforados de embalagens vazias e na quarta lavagem, sob a orientação do Prof. Dr. Gonçalves Machado Neto. Obteve o título de mestre em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal pela Faculdade de Ciências Agronômicas e Veterinária – Unesp, Campus de Jaboticabal, em fevereiro 2009, com o título da dissertação: Seletividade de nicosulfuron isolado e em mistura com atrazine para trinta híbridos comerciais de milho, sob a orientação do Prof Dr. Julio Cezar Durigan. Ingressou no curso de doutorado, no programa de pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal pela Faculdade de Ciências Agronômicas e Veterinária – Unesp, Campus de Jaboticabal, em março de 2009. Professora do Colégio Agrícola José Bonifácio, da disciplina Segurança do Trabalho, de 2011 a 2012.

**Dedico,**

À Deus,

Ao Flávio, meu marido, pelo amor, companheirismo, amizade e compreensão durante estes anos,

Aos meus pais, Alberto Espanhol (*in memoriam*) pelo amor, e pelo auxílio deste trabalho e Lucia H. Zoccolaro Espanhol (*in memoriam*)

Aos meus irmãos Giulianna Espanhol e Thales Henrique Espanhol, pelo amor e companheirismo.

Aos meus avós Maria e Altino, pelo amor e dedicação.

## **Agradecimentos**

A Deus por sempre me fortalecer nos momentos difíceis...

Ao Prof. Dr. Joaquim Gonçalves Machado Neto pela oportunidade de realização deste trabalho, pela paciência, pela dedicação e motivação a pesquisa e ao ensino.

A Capes pela bolsa concedida e a Fapesp pelo apoio financeiro.

Aos Professores Júlio Cesar Galli, Rita de Cássia Panizzi, Arlindo Leal Boiça Júnior e ao Dr. Maurício Leite de Oliveira pelas importantes observações durante o exame de qualificação.

Ao meu marido Flávio, que sempre me auxiliou e contribuiu com sugestões na melhoria deste trabalho.

Ao meu irmão Thales Henrique Espanhol que me ajudou na automação e funcionamento da câmara de pulverização.

Aos amigos de laboratório: Ângela A. Machado, Ana Carla Coleoni, Carla Santana, Bruno Demore, Talita P. Madureira, em especial as amigas e companheiras que me ajudaram na realização de trabalho: Márcia Regina Macri e Manuela Teodoro de Oliveira.

A todos meus familiares e amigos que sempre me apoiaram nesta jornada.

A todos os funcionários do Departamento de Fitossanidade, Natalina D. Curci, Maria Isabel V. da Costa Ferreira, Raquel Matassa de Assis e ao Gilson José Leite.

## SUMÁRIO

	Páginas
<b>RESUMO</b> .....	xvii
<b>SUMMARY</b> .....	xix
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Caracterização da pesquisa.....	5
2.2. Resistência dos materiais hidrorrepelentes à penetração de agrotóxicos .....	8
2.3. Métodos de avaliação da eficiência de conjuntos de proteção individual .....	13
2.3.1. Método quantitativo.....	13
2.3.2. Método qualitativo e semiquantitativo.....	15
2.4. Eficiência de conjuntos de proteção individual.....	17
2.4.1. Condições de campo.....	17
2.4.2. Em condições de laboratório.....	19
2.4.3. Métodos para estudos de modelagem de conjuntos de proteção.....	20
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>23</b>
3.1. Estudos com os conjuntos de proteção individual usados e lavados em condições de campo .....	23
3.1.1. Condições de usos e lavagens.....	24
3.2. Lavagens em condições de laboratório .....	30
3.3. Métodos analíticos .....	33
3.3.1. Espectrofotometria de absorção atômica em chama.....	33
3.4. Estudos com os materiais hidrorrepelentes .....	35
3.4.1. Materiais hidrorrepelentes.....	35
3.5. Avaliação da eficiência dos conjuntos de proteção individual.....	39
3.5.1. Na câmara de testes.....	40
3.6. Análise dos dados.....	51

3.6.1.	Dados de repelência, retenção e penetração dos materiais e costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado.....	51
3.6.2.	Dados de eficiência dos conjuntos Bege Cru e Camuflado.....	52
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>53</b>
4.1.	Estudos com os materiais e costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado. ....	53
4.1.1.	Penetração da calda padrão nos materiais e nas costuras e classificação dos conjuntos pelo critério da norma ISO 27065.....	53
4.1.2.	Materiais e costuras sem em uso e lavagem.....	53
4.1.3.	Materiais e costuras após os usos dos conjuntos em condições de campo e lavagens.....	54
4.1.4.	Repelência e Retenção da calda padrão nos materiais e nas costuras e classificação dos conjuntos pelo critério da norma ISO 16602.....	58
4.1.5.	Penetração das caldas e das formulações Roundup Original SAq <sup>®</sup> , Nufos CE <sup>®</sup> , Supera SC <sup>®</sup> nos materiais e hidrorrepelentes e das costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado.....	62
4.1.6.	Parâmetros da calda de agrotóxicos e a penetração dos agrotóxicos no material e costura Bege Cru e Camuflado.....	70
4.1.7.	Repelência, Retenção as formulações Roundup Original SAq <sup>®</sup> , Nufos CE <sup>®</sup> , Supera SC <sup>®</sup> materiais e hidrorrepelentes e das costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado.....	71
4.1.8.	Parâmetros da calda de agrotóxicos e a repelência e retenção dos agrotóxicos nos materiais e costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado.....	93
4.2.	Comparação da eficiência entre os conjuntos de proteção usados no campo e lavados em laboratório e avaliados em manequim .....	94
4.2.1.	Análise de variância da eficiência do conjunto Bege Cru.....	94
4.2.2.	Determinação da eficiência e da vida útil do conjunto Bege Cru.....	95
4.2.3.	Eficiência do conjunto Bege Cru em reduzir a exposição das partes do corpo....	98
4.2.4.	Determinação da eficiência e da vida útil do conjunto Camuflado.....	99

4.2.5.	Determinação da vida útil do conjunto Camuflado.....	100
4.2.6.	Eficiência do conjunto Camuflado em reduzir a exposição das partes do corpo.....	102
4.2.7.	Efeito de usos e lavagens na eficiência dos conjuntos de proteção individual...104	
4.2.8.	Comparação entre as porcentagens de eficiência dos conjuntos Bege Cru e Camuflado pelo efeito de usos e lavagens.....	105
4.3.	Comparação entre os métodos de avaliação quantitativa, semiquantitativa e qualitativa para avaliação da eficiência dos conjuntos de proteção individual ...106	
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>113</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>115</b>

## LISTA DE TABELAS

		Páginas
<b>Tabela 1.</b>	Procedimentos normativos de avaliação dos materiais e costuras, e dos conjuntos de proteção de corpo inteiro. ....	7
<b>Tabela 2.</b>	Composição do sabão AATC 1993, segundo a norma ISO 6330. ....	31
<b>Tabela 3.</b>	Parâmetros e condições do espectrômetro de absorção atômica para determinação de hidróxido de cobre. ....	33
<b>Tabela 4.</b>	Parâmetros físicos químicos dos compostos ativos clorpirifós, glifosato e hidróxido de cobre. ....	36
<b>Tabela 5.</b>	Parâmetros físicos químicos das caldas e formulações de Roundup Original SAq <sup>®</sup> , Nufos CE <sup>®</sup> e Supera SC <sup>®</sup> ....	36
<b>Tabela 6.</b>	Exposições dérmicas potenciais (EDP) em mL/20s à calda nas diversas partes do corpo do manequim proporcionadas pela câmara teste, com as respectivas médias e desvios padrões (D.P.).....	45
<b>Tabela 7.</b>	Matriz semiquantitativa para avaliação da exposição dérmica (fluorescência) sobre as vestimentas de amostragem (MACHADO-NETO et al. 1996). ....	48
<b>Tabela 8.</b>	Classificação quanto à repelência e à penetração dos agrotóxicos nos materiais hidrorrepelentes pela norma 16602 (ISO, 2007) e pela classificação proposta.....	51
<b>Tabela 9.</b>	Porcentagem de penetração da calda com 5% de glifosato da formulação de Roundup Original SAq <sup>®</sup> no material Bege Cru e Camuflado, sem uso e sem lavagem.....	54
<b>Tabela 10.</b>	Porcentagem de penetração da calda com 5% de glifosato da formulação de Roundup Original SAq <sup>®</sup> , nos materiais e costuras dos	

	conjuntos Bege Cru e Camuflado usados e lavados e apenas lavados em condições de laboratório. ....	55
<b>Tabela 11.</b>	Porcentagem de penetração das caldas e das formulações de Roundup Original SAq <sup>®</sup> , Nufos CE <sup>®</sup> , Supera SC <sup>®</sup> , no material do conjunto Bege Cru. ....	63
<b>Tabela 12.</b>	Porcentagem de penetração das formulações e caldas de Roundup Original SAq <sup>®</sup> , Nufos CE <sup>®</sup> , Supera SC <sup>®</sup> , na costura do conjunto Bege Cru. ....	65
<b>Tabela 13.</b>	Porcentagem de penetração das formulações e caldas de Roundup Original SAq <sup>®</sup> , Nufos CE <sup>®</sup> , Supera SC <sup>®</sup> , no material do conjunto Camuflado. ....	67
<b>Tabela 14.</b>	Porcentagem de penetração das formulações e caldas de Roundup Original SAq <sup>®</sup> , Nufos CE <sup>®</sup> , Supera SC <sup>®</sup> , na costura do conjunto Camuflado. ....	69
<b>Tabela 15.</b>	Coeficiente de correlação de Pearson para as porcentagens de penetração nos materiais e costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado para os parâmetros da calda de agrotóxicos, lavagens, partes do corpo do conjunto e procedência de uso. ....	70
<b>Tabela 16.</b>	Coeficiente de correlação de Pearson para as porcentagens de repelência e retenção no material e costura do conjunto Camuflado e para os parâmetros da calda de agrotóxicos, lavagens, partes do corpo do conjunto e procedência de uso. ....	94
<b>Tabela 17.</b>	Análise de variância da eficiência dos conjuntos de Bege Cru usadas no campo, avaliada em manequim, e lavagem em máquina, avaliada em manequim. ....	95

<b>Tabela 18.</b>	Valores médios da eficiência do conjunto Bege Cru sem e com uso em aplicações de agrotóxicos nas culturas de citros e de cana-de-açúcar e lavado em máquina e avaliado em manequim.....	96
<b>Tabela 19.</b>	Análise de variância da eficiência do conjunto Camuflado usado no campo, avaliada e lavagem em máquina, avaliada em manequim.....	100
<b>Tabela 20.</b>	Valores médios da eficiência do conjunto Camuflado sem e com usos em aplicações de agrotóxicos nas culturas de citros e de cana-de-açúcar, e lavado em laboratório.....	100
<b>Tabela 21.</b>	Comparação da eficiência (%) dos conjuntos de proteção individual Bege Cru e Camuflado após usos e lavagens nas culturas de citros e de cana-de-açúcar, e sem uso, lavado em laboratório. ....	104
<b>Tabela 22.</b>	Valores médios das porcentagens de controle da exposição dérmica pelos conjuntos de proteção individual Bege Cru e Camuflado, com diferentes números de usos e lavagens nas culturas de citros e de cana-de-açúcar.....	105
<b>Tabela 23.</b>	Valores médios de eficiência no controle de exposição dérmica (%), pontuação, e mancha visual do corante fluorescente internos no conjunto de proteção Bege Cru, usado por tratoristas em aplicações de agrotóxicos na cultura de citros, avaliados em manequim.....	107
<b>Tabela 24.</b>	Valores médios de eficiência no controle de exposição dérmica (%), pontuação, e mancha visual do corante fluorescente internos no conjunto de proteção Camuflado, usado por tratoristas em aplicações de agrotóxicos na cultura de citros, avaliados em manequim.....	108
<b>Tabela 25.</b>	Valores médios de eficiência no controle de exposição dérmica (%), pontuação, e mancha visual do corante fluorescente internos no conjunto de proteção Bege Cru, usado por trabalhadores em aplicações do herbicida glifosato em cultura de cana-de-açúcar com o pulverizador costal, avaliados em manequim. ....	109

**Tabela 26.** Valores médios de eficiência no controle de exposição dérmica (%), pontuação, e mancha visual do corante fluorescente internos no conjunto de proteção Camuflado, usado por trabalhadores em aplicações do herbicida glifosato em cultura de cana-de-açúcar com o pulverizador costal, avaliados em manequim. ....110

## LISTA DE FIGURAS

		Páginas
<b>Figura 1.</b>	Molécula do politetrafluoretileno. ....	9
<b>Figura 2.</b>	Micrografia da trama do material Bege Cru aumentado 100x. B- Estrutura do material Camuflado aumentado 100x.....	23
<b>Figura 3.</b>	Uso do conjunto de proteção Bege Cru, na rotina de do tratorista na Fazenda Cambuy.....	25
<b>Figura 4.</b>	Lavadora automática, da marca Eletrolux, modelo Turbo-8 kg, utilizada para lavagem das vestimentas na Fazenda Cambuhy. ....	27
<b>Figura 5.</b>	Uso das vestimentas na rotina de aplicação de herbicida na Usina Bonfim, conjunto Bege Cru (A) e conjunto Camuflado (B).....	28
<b>Figura 7.</b>	Lavadora mecânica, da marca SITEC, modelo SLE-50M, utilizada para lavagem das vestimentas (A) e extrator centrífugo, modelo SP- 30M, utilizado. na centrifugação das vestimentas na Usina Cosan, Unidade Bonfim (B) (Nociti,2009). ....	30
<b>Figura 8.</b>	Máquina de lavar roupa padronizada na norma ISO 6330 (ISO, 2000), da marca Electrolux, modelo FOM 71 CLS.....	31
<b>Figura 9.</b>	Conjuntos de proteção individual estendidos em varal à sombra para secagem após lavagens no laboratório. ....	32
<b>Figura 10.</b>	Esquema de montagem do teste de avaliação de materiais repelentes, de acordo com as normas ASTM F2130:2001 e ISO 22608 (ISO, 2004).....	38
<b>Figura 12.</b>	Posição dos bicos de pulverização na barra no entorno do manequim na câmara testes adaptada para avaliação qualitativa da eficiência dos conjuntos de vestimentas de proteção.....	41

- Figura 13.** Câmara de teste de avaliação da eficiência dos conjuntos de proteção adaptada a partir da câmara da norma ASTM F 1359 (ASTM, 2007). A – Estrutura da câmara. B. Painel de automação.....42
- Figura 14.** (A) Manequins com as vestimentas de amostragem e com conjunto Bege Cru (B) para avaliação da eficiência.....45
- Figura 15.** A - Colocação da roupa amostradora e do conjunto Bege Cru; B- manequim pronto para ser pulverizado; C vestimenta Bege Cru após pulverização; D- conjunto Bege Cru sendo seccionado; E- Vestimenta amostradora; F – pontos fluorescentes na vestimenta de amostragem avaliados semiquantitativamente pela luz negra; G- Vestimenta amostradora sendo seccionada; H – Partes do corpo das vestimentas de amostragem mergulhadas em HCl 2N; I – Filtração derivada do processo de extração do cobre; J – Leitura no espectrofotômetro das amostras de solução extratora contendo cobre. ....49
- Figura 16.** Porcentagem de retenção e repelência da calda com 5% de glifosato da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Bege Cru sem e com 5, 10, 20 e 30 usos e lavagens. ....59
- Figura 17.** Porcentagem de retenção e repelência da calda com 5% de glifosato da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Camuflado pelo teste ISO 22608. ....61
- Figura 18.** Porcentagem de retenção e repelência da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Bege Cru pelo teste da norma ISO 22608. ....72
- Figura 19.** Porcentagem de retenção e repelência de glifosato da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Camuflado pelo teste da norma ISO 22608.....75

<b>Figura 20.</b>	Porcentagem de retenção e repelência de clorpirifós na formulação de Nufos CE <sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Bege Cru pelo teste da norma ISO 22608. ....	77
<b>Figura 21.</b>	Porcentagem de retenção e repelência de clorpirifós na formulação de Nufos CE <sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Camuflado pelo teste da norma ISO 22608. ....	79
<b>Figura 22.</b>	Porcentagem de retenção e repelência da calda contendo 5% de clorpirifós da formulação de Nufos CE <sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Bege Cru pelo teste ISO 22608. ....	82
<b>Figura 23.</b>	Porcentagem de retenção e repelência da calda de clorpirifós com 5% da formulação de Nufos CE <sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Camuflado pelo teste da norma ISO 22608. ....	84
<b>Figura 24.</b>	Porcentagem de retenção e repelência de hidróxido de cobre da formulação de Supera SC <sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Bege Cru pelo teste da norma ISO 22608. ....	86
<b>Figura 25.</b>	Porcentagem de retenção e repelência de hidróxido de cobre da formulação de Supera SC <sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Camuflado pelo teste da norma ISO 22608. ....	88
<b>Figura 26.</b>	Porcentagem de retenção e repelência da calda com 3% hidróxido de cobre da formulação de Supera SC <sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Bege Cru pelo teste ISO 22608. ....	90
<b>Figura 27.</b>	Porcentagem de retenção e repelência da calda com 3% de hidróxido de cobre da formulação de Supera SC <sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Camuflado pelo teste da norma ISO 22608. ....	92
<b>Figura 28.</b>	Comparação da eficiência entre e das partes do corpo do conjunto Bege Cru usado na cultura do citros e sem uso (A). Comparação da eficiência entre e das partes do corpo do conjunto Bege Cru usado em cana-de -açúcar e sem uso (B). ....	98

<b>Figura 29.</b> Comparação da eficiência entre e das partes do corpo do conjunto Camuflado usadas na cultura do citros e sem uso (A). Comparação da eficiência entre e das partes do corpo do conjunto Camuflado usado em cana-de –açúcar e sem uso (B).....	103
--	-----

## **Determinação da eficiência e da vida útil de conjuntos de proteção individual aos agrotóxicos em função do procedimento de uso e lavagem**

**Resumo** - Objetivou-se avaliar a eficiência e a vida útil dos materiais dos conjuntos de proteção individual hidrorrepelentes, após ciclos de usos e lavagens em condições de campo e de laboratório para classificar os conjuntos de proteção individual contra os agrotóxicos. A eficiência e a vida útil dos conjuntos de proteção individual Bege Cru e Camuflado, confeccionados com materiais hidrorrepelentes, foram avaliadas. O conjunto Bege Cru, constituído com material 100% de algodão e o Camuflado, com 63% de algodão e 37% de poliéster. Em condições de campo os conjuntos hidrorrepelentes foram usados por tratoristas em aplicações de agrotóxicos em cultura de citros e por aplicadores de herbicidas com pulverizador costal em jato dirigido às plantas daninhas na cana-de-açúcar, ambos os conjuntos sem e usados e lavados por 5, 10, 20 e 30 vezes. Em laboratório, os conjuntos sem uso foram lavados por 5, 10, 20 e 30 vezes de acordo com o procedimento nº 8 da norma ISO 6330. Após as lavagens em campo e em laboratório, amostras dos materiais e costuras dos dois conjuntos foram retiradas para avaliação da repelência, retenção e penetração de agrotóxicos. A eficiência e as falhas de modelagem, de costuras, sobreposição e pontos de fechamento e perda da proteção foram avaliadas em manequins, de acordo com a norma ASTM F-1359. Os materiais com 100% algodão são eficientes e a presença de fibra sintética (31% poliéster e 69% algodão) e a menor gramatura reduz a proteção dos materiais. A presença de costuras nos conjuntos de proteção reduz a eficiência da exposição dérmica, exceto para a formulação Supera SC<sup>®</sup>. O efeito de usos e/ou lavagens reduz a eficiência no material e costura Bege Cru, exceto para as formulações de Roundup Original SAq<sup>®</sup> e Supera SC<sup>®</sup>. A eficiência do material Camuflado e da costura não é afetada por usos e/ou lavagens, para a formulação de Supera SC<sup>®</sup>. A eficiência dos materiais e costura dos conjuntos Bege Cru Camuflado é reduzida para caldas de Roundup Original<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup> e Supera SC<sup>®</sup> em relação as formulações desses agrotóxicos. A penetração dos agrotóxicos no material dos conjuntos Bege Cru e Camuflado é favorecida pelo número de usos e lavagens, pela menor tensão

superficial e condutividade das caldas e formulações de Roundup Original<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup> e Supera SC<sup>®</sup>. Para o material e costura do conjunto Camuflado, assim como a costura do conjunto Bege Cru, a penetração também é favorecida pela menor viscosidade e diluição das caldas e formulações estudadas. A vida útil, para o conjunto Bege Cru lavado em laboratório e usado em citros é de 30 usos e/ou lavagens, na classe 2 proposta e com vida útil de 30 lavagens. Para o conjunto Camuflado nestas condições, a vida útil é de 10 lavagens para classe 1 e 0 lavagem para classe 2. A vida útil, para o conjunto Bege Cru lavado em laboratório e usado em citros é de 30 usos e/ou lavagens, na classe 2 proposta e com vida útil de 30 lavagens. Para o conjunto Camuflado nestas condições, a vida útil é de 10 lavagens para classe 1 e 0 lavagem para classe 2. A vida útil, para o conjunto Bege Cru, usado e lavado na condição de trabalho na cultura de cana-de-açúcar é de 20 lavagens na classe 2 e 30, na classe 1. A vida útil, para o conjunto Camuflado usado e lavado na condição de trabalho na cultura de cana-de-açúcar é de 5 usos e lavagens. A avaliação quantitativa é mais adequada que as qualitativas para determinar a eficácia e a vida útil das vestimentas proteção individual, de acordo com o controle da exposição dérmica como um todo e não apenas em pontos específicos de falha. O método semiquantitativo é inadequado, pois não há limite de reprovação do conjunto de proteção individual. A avaliação qualitativa é adequada para a verificação de falhas de modelagem e de costuras e não para a determinação da vida útil. A proposta de classificação é adequada e precisa para determinar a vida útil das vestimentas de proteção individual contra agrotóxicos com composição dos materiais e números de usos e lavagens diferentes.

**Palavras-Chave:** ASTM F1359, Equipamento de Proteção, avaliação dermal, ISO 22608, ISO 27065, ISO 16602, citros, cana-de-açúcar.

## **Determination of efficiency and useful life of individual protection sets to pesticides according to the procedure for use and wash**

**SUMMARY-** The objective was evaluate the efficiency and lifetime of the materials of the sets of individual protection water-repellent, after cycles of uses and washes in the field and laboratory to classify sets of individual protection against pesticides. The efficiency and lifetime of sets of individual protection and Camuflado and Bege set Cru made with materials water-repellent were evaluated. The Bege Cru set, made with 100% cotton material and Camuflado, with 63% cotton and 37% polyester. Under field conditions water-repellent sets were used for tractor applications of pesticides in citrus crop and herbicide applicators by spraying as directed spray to weeds in sugar cane, and without both sets used and washed for 5 , 10, 20 and 30 times. In the laboratory, without using the sets were washed for 5, 10, 20 and 30 times according to the procedure n. 8 of ISO 6330. After washings in the field and in the laboratory, samples of materials and seams of the two sets were taken for evaluation of repellency, retention and penetration of pesticides. The efficiency and fault modeling of seams overlapping and closing points and the protective effect was evaluated on mannequins, in accordance with ASTM F-1359. The materials are 100% cotton and the presence of efficient synthetic fiber (31% polyester and 69% cotton) and lighter weight reduces protection of materials. The presence of seams in joint protection reduces the efficiency of dermal exposure, except for the formulation Supera SC<sup>®</sup>. The effect of uses and/or washing reduces efficiency in Bege Cru material and stitching, except for the formulations of Roundup Original SAq<sup>®</sup> and Supera SC<sup>®</sup>. The efficiency of Camuflado material and seams is not affected by usage and / or washes, to formulate Supera SC<sup>®</sup>. The efficiency of materials and seams Bege Cru and Camuflado sets is reduced to tails of Roundup Original SAq<sup>®</sup>, and Supera SC<sup>®</sup> Nufos CE<sup>®</sup> compared formulations of these pesticides. The penetration of pesticides in material Bege Cru and Camuflado sets is favored by the number of uses and washes, the lower surface tension and conductivity of grout and formulations of Roundup Original<sup>®</sup>, Supera SC<sup>®</sup> and Nufos CE<sup>®</sup>. For the seam and material of Camuflado set as well as the seam joint Bege Cru penetration is also favored by the lower viscosity and dilution of syrups and

formulations studied. The lifetime for the Bege Cru set washed in the laboratory and used in citrus is 30 uses and/or washes in Class 2 and proposal life of 30 washes. To set Camuflado these conditions the shelf life is 10 washes for class 1 and class 2 for 0 laundering. The lifetime for the Bege Cru set washed in the laboratory and used in citrus is 30 uses and/or washes in class 2 and proposal life of 30 washes. To set Camuflado these conditions the shelf life is 10 washes for class 1 and class 2 for 0 laundering. The lifetime for the Bege Cru set, washed and used in working condition in the culture of sugar cane is 20 washes in class 2 and 30, in class 1. The lifetime for the Camuflado set used and washed in working condition in the culture of sugar cane is 5 uses and washes. Quantitative evaluation is most appropriate than the qualitative to determine the efficacy and lifetime of personal protective clothing, according to the control of dermal exposure as a whole and not just at specific points of failure. The semiquantitative method is inappropriate because there is no limit set disapproval of individual protection. The qualitative assessment is adequate for checking fault modeling and seams, but no for determining the useful life. The proposed classification is appropriate and sharp to determine the useful life of protective clothing against pesticide individual with material composition and numbers of different uses and washes.

Keywords: ASTM F1359, Proctetive clothing, Dermal assesment, ISO 22608, ISO 27065, ISO 16602, citros, sugar cane.

## 1. INTRODUÇÃO

As exposições dos trabalhadores rurais aos agrotóxicos podem ocorrer no transporte, mistura ou aplicação dos mesmos contra plantas daninhas, pragas e doenças (DOSEMECI et al, 2002). Em condições de campo, normalmente, 99% ou mais, da exposição aos agrotóxicos ocorre pela via dérmica e 1% ou menos, ocorre na via respiratória (VAN HEMMEN, 1992, OLIVEIRA & MACHADO-NETO, 2003).

De acordo com a legislação brasileira em vigor, a Norma Regulamentadora 31 (NR 31), 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, 2011). Como medidas de proteção pessoal destacam-se as vestimentas de corpo inteiro, conjuntos de proteção ou equipamentos de proteção individuais (EPIs). De acordo com a Norma Regulamentadora (NR 6), os EPIs devem ter o Certificado de Aprovação (CA) emitido pelo Ministério do Trabalho e do Emprego (MTE) (BRASIL, 2011).

Para obtenção do CA, o fabricante ou importador tem que apresentar o laudo de ensaio comprovando que o EPI atende aos requisitos mínimos especificados na NR 6 (BRASIL, 2011). A eficiência no controle das exposições aos agrotóxicos e a vida útil dos EPIs são avaliadas em ensaios de laboratório, realizados de acordo com normas técnicas nacionais e internacionais.

Cabe ao fabricante responsabilizar-se pela manutenção da qualidade do EPI que deu origem ao CA; fornecer as informações referentes aos processos de limpeza e higienização máximas permitidas, indicar, quando for o caso, o número de higienizações acima do qual é necessário proceder à revisão ou à substituição do equipamento, para garantir o nível de proteção original (BRASIL, 2011).

Entretanto, até o ano de 2010 ainda não havia sido estabelecido o nível de proteção dos EPI's para o controle da exposição dérmica. Assim, nenhum EPI

disponível para uso no campo, mesmo com CA aprovado pelo MTE, passou por testes de avaliação de eficiência.

A partir da publicação da Portaria 189, de julho de 2010, ficaram estabelecidos os níveis de proteção dos materiais dos EPI's para o controle da exposição dérmica de acordo com a International Organization for Standardization (ISO), através da norma ISO 27065 (ISO, 2011) (BRASIL, 2011).

Por meio dos níveis de penetração estabelecido na norma ISO 27065 (ISO, 2011), determina-se o número de higienizações máximas dos materiais dos EPI, que acima do qual é necessário proceder à revisão ou a substituição do equipamento, ou seja, a vida útil.

Os métodos de avaliação da exposição dérmica aos agrotóxicos são agrupados em três categorias: qualitativo, semiquantitativo e quantitativo. Os métodos qualitativos normalmente são baseados em observações visuais da presença ou ausência da exposição dérmica marcada com pigmentos coloridos ou fluorescentes, de acordo com os procedimentos estabelecidos pela American Society of Testing and Materials (ASTM) descritos nas normas ASTM F 1359 (ASTM, 2007) e na norma ISO 17491-4 (ISO, 2008). Os métodos quantitativos são realizados por meio da quantificação dos agrotóxicos propriamente ditos ou de marcadores adicionados às caldas pulverizadas. Os métodos quantitativos ou qualitativos são baseados na penetração de agrotóxicos, corantes ou traçadores adicionados à calda, nos materiais porosos ou pelas possíveis aberturas existentes nas vestimentas.

Os ensaios de laboratório para avaliação quantitativa da modelagem, costuras, sobreposições e pontos de fechamento das vestimentas, ou dos conjuntos de EPIs, podem ser realizados segundo o método descrito na norma ASTM F 1359 (ASTM, 2007). A avaliação quantitativa descrita na norma ISO 16602 (ISO, 2007) possibilita a classificação de conjuntos de proteção contra substâncias químicas, sendo possível determinar a vida útil destas vestimentas.

**Objetivo geral.**

Avaliar a eficiência e a vida útil dos materiais de conjuntos de proteção individual hidrorrepelentes, após ciclos de usos e lavagens, em condições de campo e de laboratório para classificar os conjuntos de proteção individual contra os agrotóxicos.

**Objetivos específicos.**

Avaliar a eficiência dos materiais de proteção de conjuntos usados por trabalhadores em aplicações de agrotóxicos, em culturas de citros e de cana-de-açúcar e apenas lavados em condições de laboratório, por meio da determinação da repelência, retenção e penetração de formulações e de caldas do inseticida clorpirifós, do herbicida glifosato e do fungicida hidróxido de cobre.

Determinar a relação entre os parâmetros físico-químicos das formulações e caldas dos agrotóxicos e a repelência, retenção e penetração nos materiais e costuras de diferentes partes dos conjuntos de proteção, após usos e lavagens em condições de campo e lavagens em laboratório.

Determinar qualitativa e quantitativamente as falhas da modelagem, das costuras, das sobreposições e dos pontos de fechamento para classificar os conjuntos de proteção usados por trabalhadores em aplicações de agrotóxicos em culturas de citros e de cana-de-açúcar e apenas lavados em condições de laboratório, sem uso e após 5, 10, 20 e 30 lavagens.

Comparar e selecionar o método mais adequado para avaliar a eficiência dos conjuntos de proteção individual usados por trabalhadores em aplicações de

agrotóxicos em culturas de citros e de cana-de-açúcar e apenas lavados em condições de laboratório, sem uso e após 5, 10, 20 e 30 lavagens.

Propor a classificação dos conjuntos de proteção contra agrotóxicos pela eficiência e como critério para a determinação da vida útil, com base nos dados de repelência e de penetração nos materiais e costuras.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Caracterização da pesquisa**

Um dos principais riscos na atividade agrícola é a exposição ocupacional aos agrotóxicos, que pode resultar em danos à saúde dos trabalhadores. (BLAIR, 2005). Em condições de campo, normalmente 99 %, ou menos, da exposição aos agrotóxicos ocorre pela via dérmica e 1 %, ou menos, ocorre na via respiratória (VAN HEMMEN, 1992, OLIVEIRA & MACHADO-NETO, 2003). No Brasil, o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) ainda é a principal medida de proteção utilizada nestas condições. Isto porque a legislação em vigor, Norma Regulamentadora NR 6 (Brasil, 2011), determina que a empresa é obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, EPI adequado ao risco, em perfeito estado de conservação e funcionamento.

O equipamento de proteção individual, de fabricação nacional ou importada, só poderá ser posto a venda ou utilizado com a indicação do Certificado de Aprovação – CA (BRASIL,2011).

Em 2009 o Ministério do Trabalho e do Emprego (MTE) pela Portaria n.121, aprovou as normas técnicas de ensaio e requisitos obrigatórios aplicáveis aos equipamentos de proteção individual que foram enquadrados no anexo I da NR 6, para obtenção do certificado de aprovação.

A Portaria 194, de sete de setembro de 2010, altera a NR 6, em que o fabricante deve fornecer as informações referentes aos processos de limpeza e higienização de seus EPIs, indicando quando for o caso, o número de higienizações acima do qual é necessário proceder à revisão ou à substituição do equipamento, a fim de garantir que os mesmos mantenham as características de proteção original. Dessa forma, é necessário definir a vida útil dos conjuntos de proteção individual. A vida útil expressa a durabilidade de um produto, ou seja, a capacidade de duração de um produto (MICHAELIS, 2012).

O processo de avaliação da eficiência dos EPIs inicia-se com a seleção dos materiais que serão utilizados na manufatura do conjunto em ensaios de laboratório. Os resultados dos ensaios de laboratório são utilizados para selecionar e classificar os materiais em classes de repelência para os hidrorrepelentes ou de permeação, para os impermeáveis, para serem aprovados.

Os conjuntos de proteção confeccionados com os materiais selecionados e classificados são avaliados em ensaios de laboratório, de acordo com a legislação vigente para a obtenção do certificado de aprovação. Os ensaios e o critério de proteção mínimo para classificar os conjuntos de proteção contra produtos químicos estão definidos na norma ISO 16602 (ISO, 2007) e, especificamente para agrotóxicos, na norma ISO 27065 (ISO, 2011). Nestas normas estão determinados os valores mínimos de proteção dos materiais, as costuras e dos próprios conjuntos completos.

Entre as vestimentas descritas na norma ISO 16602 (ISO, 2007), aquelas confeccionadas com materiais porosos, tecidos compostos por fios de algodão e/ou fibras sintéticas, utilizadas no trabalho com os agrotóxicos são classificadas como do Tipo 6 - Roupas de proteção contra líquido química.

Para confeccionar estas vestimentas, os materiais devem passar pelos testes de resistência à permeação, penetração, retenção e repelência de líquidos. Por outro lado, as vestimentas, ou conjuntos de proteção individuais, confeccionados com estes materiais devem passar pelos testes de resistência à penetração de jatos e de pulverização de líquidos.

A Portaria n.189, de julho de 2010, estabelece os requisitos de proteção dos materiais e das costuras da norma ISO 27065 (ISO, 2011) (BRASIL, 2010) para classificar os conjuntos de proteção contra os agrotóxicos. Nesta norma de requisitos, em função do desempenho dos materiais e das costuras, os conjuntos de proteção completo, ou vestimentas de corpo inteiro, confeccionados com materiais porosos são classificados nos níveis 1b ou 2. De acordo com esta norma, para o conjunto ser classificado no nível 1b, a penetração da substância teste no material e na costura deve ser menor ou igual a 40% e para o nível 2, menor ou igual a 5%, avaliados com o procedimento da norma ISO 22608 (ISO, 2004).

Pela Portaria n. 246 de 29 de junho de 2011, que alterou a Portaria 189, estabeleceu que os conjuntos de proteção contra agrotóxicos hidrorrepelentes ser classificados apenas no nível de desempenho 2, da norma ISO 27065 (ISO, 2011). O nível de desempenho 2 estabelece que a penetração da substância teste no material e na costura deste conjuntos tem que ser menor ou igual a 5%, avaliados com o procedimento da norma ISO 22608 (ISO, 2004).

O desempenho das vestimentas de corpo inteiro, ou conjuntos de proteção, é avaliado com o procedimento da norma ISO 17491-4 (ISO, 2008) e ASTM F 1359 (ASTM, 2007). A avaliação consiste na observação visual da penetração de corantes entre as aberturas, costuras, e sobreposições entre partes dos conjuntos de proteção. A avaliação da resistência dos conjuntos de proteção contra os agrotóxicos pela ISO 27065, estabelece baixo e alto volume de pulverização de acordo a norma da ISO17491-4 (ISO, 2008). Na norma ASTM F 1359 (ASTM, 2007) a avaliação de conjuntos de proteção sob um banho de pulverização utilizando um nível de exposição maior que a ISO 17491-4 (ISO, 2011). O procedimento da norma ISO 17491-4 (ISO, 2008) é o requerido para avaliar conjuntos de proteção completo na norma de requisitos ISO 27065 (ISO, 2011).

Os procedimentos normativos de avaliação dos materiais e costuras das vestimentas de proteção e dos conjuntos de proteção de corpo inteiro estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Procedimentos normativos de avaliação dos materiais e das costuras, e dos conjuntos de proteção de corpo inteiro.

Avaliação	Norma específica	Método
Material e costura	ISO 22608 (2004)	Gravimétrico ou Analítico
	ASTM 2130 (2001)	Gravimétrico ou Analítico
Conjunto de proteção de corpo inteiro	ISO 17491-4 (2008)	Qualitativo
	ASTM 1359 (2007)	Qualitativo
	VBC 82.1 (1982)	Quantitativo

O procedimento de avaliação dos conjuntos completos nestas duas normas de requisitos (ISO 16602 e ISO 27065) é apenas qualitativo, por meio da observação visual da penetração da calda pulverizada diretamente sobre os conjuntos de proteção. Entretanto, acredita-se que os conjuntos de proteção contra agrotóxicos deveriam ser avaliados também por um procedimento quantitativo e se determinar a porcentagem de controle da exposição à calda pulverizada, para serem adequadamente utilizados pelos trabalhadores no campo pelos trabalhadores expostos.

Observa-se que apenas a avaliação qualitativa não se determina a proteção efetiva dos conjuntos de proteção individual contra os agrotóxicos. Esta avaliação qualitativa inclusive pode ser realizada simultaneamente à avaliação qualitativa apenas com a adição de um marcador na calda de pulverização.

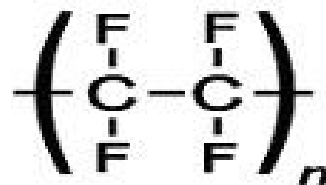
## **2.2. Resistência dos materiais hidrorrepelentes à penetração de agrotóxicos**

A maioria dos materiais hidrorrepelentes encontrados no mercado são tratados com substâncias repelentes como o Teflon<sup>®</sup> e o “Oleophobol”. O “Oleophobol” é constituído pela telomerização de flúor e carbono combinados tecnicamente para se transformar em perfluropolímeros de elevada qualidade. A molécula está apresentada na Figura 1.

Existem seis etapas para o tratamento de Oleophobol em tecidos de algodão de acordo com a MTE (2001) que serão descritos resumidamente a seguir:

- 1. Pré-tratamento:** Lavagem para a remoção de álcalis, detergentes aniônicos, gomas, ceras e óleos resultantes de processos anteriores ou da própria matéria-prima.
- 2. Receitas de acabamento:** Embora o Óleophobol sozinho possa dar bons resultados de repelência, é recomendada a aplicação de resinas (Knittex ou Liofix) como reticulantes, junto com o Oleophobol, para garantir o bom desempenho após as sucessivas lavagens.

- 3. Preparação do banho com Oleophobol:** A dissolução é feita em igual peso de água e adicionado ao banho previamente acidulado com ácido acético. O pH do banho, durante o acabamento, não deve superar 6,5. Com o pH 7 existe o risco de ocorrência de quebra de emulsão.
- 4. Aplicação do Oleophobol por impregnação:** A temperatura do banho não deve ultrapassar a 30°C. O chassi de impregnação, de preferência, não deve ser pequeno para permitir constante renovação do banho. A absorção de banho deve situar-se entre 70 a 80 %. No caso de tecidos que apresentam baixa absorção é recomendado o uso de um umectante volátil, o álcool isopropílico. A secagem deve ser entre 110 a 120°C.
- 5. Polimerização:** A escolha de melhor condição de polimerização deve levar em conta as características do equipamento, o tipo de matéria prima e eventuais alterações de nuance em função de corantes/pigmentos utilizados.
- 6- Calandragem e/ou sanforização:** O tecido é passado entre dois cilindros espremedores aquecidos e depois seco.



**Figura 1.** Molécula do politetrafluoretileno.

A aplicação de substâncias repelentes aos materiais porosos e não porosos aumenta a tensão interfacial entre o líquido contendo o agrotóxico e o tecido (GORE et al., 2006).

A resistência à penetração de agrotóxicos está diretamente associada a repelência e a absorção que os materiais podem proporcionar. Dessa forma, a quantificação da repelência, da retenção e da penetração de agrotóxicos testes são as

características usadas para determinar a eficiência dos materiais porosos das vestimentas de proteção contra os agrotóxicos (SHAW et al., 2001).

A penetração dos agrotóxicos é definida com a passagem de um composto químico que atravessa por meio de aberturas, poros dos materiais, costuras, furos ou outras imperfeições de sobreposições do conjunto do conjunto (SHAW et al., 2001).

O movimento da molécula do agrotóxico ocorre em três etapas: adsorção, absorção e dessorção. A adsorção é controlada pela relação entre a energia de superfície do tecido e a tensão superficial da calda de pulverização. A absorção é a forma com que o agrotóxico interage dentro da estrutura do tecido. Este movimento é determinado pela estrutura do tecido e o tamanho da molécula do agrotóxico. A dessorção é capacidade do agrotóxico em penetrar pelo tecido (LEONAS, 1991).

A repelência da água e o ângulo de contato com o tecido de poliéster, tratados com teflon aumentam com a concentração de substâncias hidrorrepelentes aplicada ao tecido e diminuem com o aumento do número de lavagens AATCC 22 (SHYR et al., 2011)

OBENDORF et al. (2009) avaliaram a adsorção de surfactantes iônicos presentes em sabões após processos de lavagens em tecidos de algodão. Constataram que a mudança de pH na solução de lavagem afeta a adsorção de surfactantes nos tecidos. Os surfactantes catiônicos são adsorvidos em tecidos de algodão, devido às cargas negativas. Este mecanismo de adsorção pode explicar porque determinados agrotóxicos são mais retidos nos tecidos.

Alguns testes de penetração, retenção e penetração de agrotóxicos tem sido utilizados por pesquisadores e por laboratórios para verificar a eficiência de materiais e de costuras de tecidos porosos de vestimentas de proteção. Nas normas ISO 22608 (ISO, 2004) e ASTM 2130 (ASTM, 2001), com o método da pipeta é testada a resistência dos materiais aos agrotóxicos sem a utilização de força hidrostática ou pressão mecânica. Uma gota da calda teste com o agrotóxico é dispensada de uma pipeta a 3 cm acima e sobre o material ou a costura.

A resistência à penetração de material de proteção contra os agrotóxicos depende da metodologia empregada e do tipo de tecido. Em tecidos constituídos de

100% algodão com tratamento hidrorrepelente (óleo fobol) tem se constatado penetrações abaixo de 1,6%, quando avaliados pelo método do teste da calha, da pipeta e do atomizador, Porém, em tecidos compostos com algodão/poliéster a penetração é de 12,8% com o método da pipeta, de 16,5% com o método da calha, e nenhuma penetração com o método do atomizador (SHAW et al, 2001).

Em estudos de avaliação da penetração de três tipos de formulação de agrotóxicos em quatro materiais de proteção com o teste da norma ISO 22608 (ISO, 2002), com o método A (gravimétrico) ocorreu variância total de 8% entre as formulações avaliadas. Por outro lado, com o método B, de quantificação dos ingredientes ativos das formulações por cromatografia a gás, a variância total foi de 39% (SHAW & ABBI, 2004). Neste trabalho, foi constatado que as menores penetrações no tecido ocorreram com as formulações com tamanho de partículas maiores. Entretanto, nas maiores penetrações em quatro tipos de tecidos (algodão, algodão/poliéster, poliéster, algodão hidrorrepelente) ocorreram com as formulações com menor tensão superficial e viscosidade (SHAW & ABBI, 2004).

A penetração e a retenção de agrotóxicos dependem do tipo material: materiais constituídos com 100% de algodão retêm mais atrazina do que outros materiais, devido a forte atração da molécula pelo tecido (TAYLOR et al, 2000).

NELSON et al. (1992) citaram que as diferenças de retenção de agrotóxicos em materiais de proteção são atribuídas ao tipo de fibra do material, pois a retenção de agrotóxicos em materiais de algodão (100%) ocorre em maior proporção que em materiais de algodão/poliéster (50%/50%). A retenção do carbaryl, na formulação suspensão concentrada, atrazine (suspensão concentrada e pó molhável) é maior no material de algodão e de cypermethrin (pó molhável) e trifluralin (concentrado emulsionável) é maior no material algodão/poliéster.

Estudos de materiais tratados com nanofibra de poliuretano para conjuntos de proteção do trabalhador rural foram testadas de acordo com a norma ASTM F 2130. Neste material ocorreu redução de 25% na penetração, em relação a materiais sem este tratamento, testados com três tipos de formulações, Porém, a penetração da formulação de agrotóxico com baixa tensão superficial (20,57 dinas/cm) e alta

viscosidade (20 cP) é alta em materiais sem o tratamento de nanofibra (LEE E OBENDORF, 2007). Em tecidos de algodão usados na fabricação de vestimentas de proteção contra agrotóxicos quando tratados com carboximetilação e amido ocorreu menor retenção e penetração de metil paration, em relação a tecidos não tratados com estas substâncias, após o procedimento de um ciclo de lavagem (CSISZÁR et al, 1998).

Em materiais dos conjuntos de proteção constituídos de algodão/poliéster (50/50) com  $215 \text{ g m}^{-2}$  tratados com substancia hidrorrepelente Nano Tex ocorreu a penetração de apenas 2,4% após 15 lavagens. Porém, em conjuntos de proteção de algodão sem tratamento hidrorrepelente com  $287 \text{ g m}^{-2}$  ocorreu a penetração de 18,7% após 5 lavagens (MACHERA et al, 2009).

Materiais hidrorrepelentes usados na confecção de conjuntos de proteção para aplicadores de agrotóxicos em condições de campo foram 5,5 vezes mais eficientes do que materiais que não continham substâncias hidrorrepelentes (MACHERA et al, 2005).

Vários tipos de tecidos com diferentes constituições como poliéster, algodão, poliamida, lavados por diversas vezes, de acordo com a norma ISO 6330, tiveram principais características modificadas, tais como a gramatura, espessura e a direção do entrelaçamento das fibras do tecido (GORE et al, 2006). Os tecidos de algodão misturados com seda, lavados de acordo com a norma ISO 6330 e depois passados com ferro doméstico, tiveram, logo depois da primeira lavagem, variação na espessura e na direção das fibras, mas o entrelaçamento das fibras permaneceu constante após seis lavagens (VAN AMBER et al., 2010). Outros fatores que também alteram a distorção dos fios de tecido de algodão, quando lavados sem detergente, são o modo de agitação na lavagem e de centrifugação, e o tempo e a temperatura das lavagens (HIGGINS et al, 2003).

A lavagem de conjuntos de proteção tratadas com substâncias hidrorrepelentes por 10, 20 e 30 vezes com o sabão líquido Omo Multiação causou redução na permeabilidade do tecido, quando comparado a lavagens sem o uso do sabão (OLIVEIRA & MACHADO NETO, 2005).

FAULDE et al. (2003) observaram, por meio da microscopia eletrônica de varredura, que os tecido dos uniformes de aplicadores de agrotóxicos após 10 lavagens, estavam com ruptura do ligamento entre as fibras do tecido.

Tecidos com tratamento hidrorrepelente Sontara, lavados com agitação mecânica e secados por 10 vezes, estavam com aumento significativo na penetração de água a partir de 5 lavagens (KWON E SARMADI, 1995). Outro fator que diminui a hidrorrepelência dos materiais é o processo de lavagem com sabão constituído com lípases; pois em uma única lavagem, a quantidade de lipídios foi reduzida nos tecidos de algodão com tratamento hidrorrepelente (OBENDORF et al., 2001).

## **2.3. Métodos de avaliação da eficiência de conjuntos de proteção individual**

### **2.3.1. Método quantitativo**

Nos métodos quantitativos são avaliados as penetrações dos agrotóxicos ou de marcadores metálicos ou semi-metálicos nas vestimentas de amostragem usadas sob os conjuntos protetores, de acordo com o protocolo padrão VBC 82.1 (WHO, 1982).

Normalmente são utilizadas, como vestimentas de amostragem, macacões de tecido de algodão, do tipo brim, para amostrar as exposições do corpo (cabeça, tronco e membros); luvas para as mãos e meias para os pés (VAN HEMMEN, 1992). A quantificação nestas vestimentas é o valor da exposição dérmica da parte do corpo que representa.

O cátion cobre de fungicidas à base de oxiclreto de cobre, é um Superaente traçador nas caldas de aplicação de agrotóxicos (MACHADO NETO & MATUO, 1989).

As principais vantagens deste cátion, em relação aos agrotóxicos são as seguintes:

- baixa toxicidade dos fungicidas cúpricos, possibilitando a realização de avaliações de exposições sem expor os trabalhadores a possíveis riscos de intoxicação;
- o cátion Cu não se degrada durante as avaliações, transporte e armazenamento dos amostradores ao laboratório até a realização dos procedimentos de análise;

- uso intensivo dos fungicidas cúpricos para as plantas cultivadas, pois são recomendados para o controle de doenças da maioria das culturas;
- baixo custo dos fungicidas cúpricos;
- baixo custo e alta eficiência do procedimento analítico de solubilização e recuperação do cobre dos amostradores, bem como da leitura deste cátion em espectrofotômetro de absorção atômica;
- os dados de exposição ao fungicida cúprico podem ser utilizados para se estimar a exposição a qualquer outro agrotóxico aplicado nas mesmas condições de trabalho, pois o uso de dados substitutos é plenamente aceitável (JENSEN, 1984).

Os coletores são afixados sobre os macacões, de acordo com as indicações do protocolo padrão (WHO, 1982) para se avaliar a exposição dérmica e para as mãos; luvas de 100 % algodão.

Após os períodos de exposições, os coletores são retirados dos aplicadores, acondicionados em sacos de plásticos etiquetados, posteriormente levados ao laboratório para quantificação do cátion cobre coletado (MACHADO NETO & MATUO, 1989).

A extração do cátion nos coletores é realizada através de uma solução extratora contendo HCl, cuja recuperação foi determinada por MACHADO NETO & MATUO (1989) em 100%. As leituras das concentrações do traçador nos extratos são realizadas em um espectrofotômetro de absorção atômica.

Com a quantificação da quantidade do cobre retida nas vestimentas amostradoras e a concentração do traçador na calda pulverizada, calcula-se a quantidade de calda que ficou retida na vestimenta amostradora, que é a exposição dérmica (ED) à calda pulverizada em cada parte amostrada. Com o valor das EDs e das dosagens recomendadas dos agrotóxicos nas caldas são estimadas as EDs dos aplicadores aos agrotóxicos que poderiam ser aplicados na condição de trabalho em que a ED foi avaliada. Nestes dados são calculadas as médias aritméticas e os desvios padrões, para cada parte do corpo. A variação aceita entre os valores das EDs das repetições de uma mesma parte do corpo é a média  $\pm 2$  vezes o desvio padrão calculado, segundo o protocolo padrão VBC 82.1 (WHO, 1982).

### **2.3.2. Método qualitativo e semiquantitativo**

Os métodos qualitativos consistem no uso de algum composto marcador no veículo de aplicação dos agrotóxicos (água no caso das caldas ou materiais sólidos), ou nas próprias formulações de pronto uso, que imprime uma marcação (coloração), ou fluorescência, nas vestimentas ou conjuntos de proteção usados pelos trabalhadores.

Normalmente são usadas vestimentas brancas para a amostragem da exposição ocorrida nas diversas partes ou regiões do corpo, ao se realizar determinada atividade.

Estes métodos são apenas qualitativos, pois os pigmentos marcam a exposição dérmica nas partes do corpo do trabalhador exposto.

Com os métodos qualitativos de avaliação da exposição dérmica consegue-se apenas visualizar diretamente as exposições, o que os tornam Superiores para treinamentos de pessoas em geral. A utilização da técnica visual com traçador fluorescente para avaliação da exposição é vantajosa, pois pode ser utilizada para estimar a penetração de agrotóxicos através de camadas de vestimentas de proteção. Em condições de altas exposições ocorre correlação com a massa aplicada e a análise visual (BROUWER et al., 2001). A fluorescência é proporcional a concentração (massa) do traçador (SKOOG et al., 2006).

Pela norma ASTM F 1359 (ASTM, 2007), a resistência à penetração de líquidos é medida com marcador colorido ou fluorescente por meio do modelo das vestimentas de proteção de corpo inteiro, especialmente costuras, aberturas e interfaces com outros componentes, tais como: luvas, botas, capuz e equipamento respiratório.

Pela norma ISO 17491-4 (ISO, 2008), examina-se visualmente a superfície externa das vestimentas de amostragem, sob os conjuntos de proteção avaliados. Marca-se a localização e a extensão de qualquer sinal de penetração, coloração ou fluorescência visualizada. Mede-se a área de cada local marcado com um planímetro, por exemplo, para compor o relatório da área total marcada, para caracterizar a proteção ou qualidade do conjunto de proteção individual. Para o conjunto de proteção ser aprovado, não deve ser observado na vestimenta de amostragem a penetração maior do que três vezes o total da superfície da mancha de calibração.

O uso de traçadores fluorescentes ajuda a identificar as possíveis origens de exposição no ambiente de trabalho (CHERRIE et al. 2000). O método qualitativo possibilita a avaliação semiquantitativa por meio da atribuição de notas da porcentagem da área do corpo exposta e da intensidade exposição, de acordo com a matriz semiquantitativa de pontuação, proposta por FENSKE (1988).

Em estudos de eficiência de diferentes materiais com dois tipos de traçadores fluorescentes (riboflavina – hidrofílico e Uvitex – lipofílico) obtêm-se estimativas razoáveis, quando comparadas à transferência de agrotóxicos do grupo dos piretróides e os organofosforados, pois condições físico-químicas interferem na permeação dos agrotóxicos através dos materiais de proteção. O traçador lipofílico tem maior transferência através dos materiais avaliados do que o traçador hidrofílico (HUBAL et al, 2008).

A técnica de vídeo imagem utiliza a riboflavina como agente traçador para simular a deposição de resíduos de agrotóxicos na superfície da pele do braço e das mãos de aplicadores, no interior de uma câmara (IVANCIC et al, 2008).

A escala de notas entre 0 a 5 tem sido usada para classificar a intensidade do traçador florescente depositado sobre a superfície do corpo de trabalhadores rurais na avaliação da exposição dérmica. A Nota 0 é atribuída para áreas sem fluorescência. As notas entre 1 e 5, são atribuídas de acordo com o grau de intensidade do brilho da fluorescência. cujas imagens florescentes têm formas de manchas, névoas ou respingos (ARAGÓN et al., 2006).

Pelo método semiquantitativo é possível avaliar a reprodutibilidade de imagens de traçador fluorescente da exposição dérmica para aplicadores de agrotóxicos (ARAGÓN et al., 2004). Porém, imagens com baixa luminosidade dificultam o processo semiquantitativo (ARAGÓN et al. 2006). O método semiquantitativo foi utilizado por MACHADO-NETO et al. (1996) para avaliar a eficiência de vestimenta de proteção individual usados por trabalhadores em aplicação de inseticida granulado na cultura do café com três métodos de aplicação diferentes.

BLANCO et al. (2008) criaram uma metodologia semiquantitativa de avaliação da exposição dérmica baseada em fatores determinantes em situação de campo como

área de exposição do corpo, tipo de contato do agrotóxico com o corpo, direção do vento no momento da aplicação, altura da cultura no momento da aplicação, volume de aplicação, tipos de vestimentas.

## **2.4. Eficiência de conjuntos de proteção individual**

### **2.4.1. Condições de campo**

Os conjuntos de proteção da via dérmica funcionam como uma camada protetora entre os agrotóxicos e a superfície do corpo do trabalhador. A proteção proporcionada pelas vestimentas é devida à repelência ou às baixas absorções, retenções ou penetrações dos agrotóxicos nos conjuntos de proteção. A penetração nos materiais de proteção é definida como o fluxo de agrotóxicos através de poros, aberturas ou imperfeições do material que os conjuntos são confeccionados (OBENDORF et al.,2003).

GOEDE et al. (2003) atribuíram notas para avaliar o efeito dos fatores determinantes da exposição ocupacional, com a finalidade de corrigir e classificar a exposição dérmica das partes do corpo. Em atividades de preparo de calda e abastecimento de tanques, a exposição dérmica nas mãos são maiores (por unidade de área) do que nas demais partes do corpo do trabalhador.

Os fatores determinantes da exposição ocupacional considerados foram: viscosidade e volatilidade da substância aplicada; tipo de partícula; temperatura durante a aplicação, tamanho de gota, tamanho de partícula da substância aplicada, tipo de trabalho realizado (manual ou automatizado), se a pulverização atinge mais a parte superior ou inferior do corpo (WARREN et al. 2003).

Alguns estudos de avaliação das exposições ocupacionais dos aplicadores de agrotóxicos e a eficiência de roupas de proteção usadas em diferentes condições de campo já foram realizados em diversas culturas no Brasil (MOMESSO E MACHADO NETO, 2003; MACHADO NETO E MACHADO, 2007; CRISTÓFORO, 2007; OLIVEIRA,

2004). Nestes estudos foram utilizados os procedimentos de avaliação da exposição dérmica e respiratórios descrito no Protocolo VBC 82.1 (WHO, 1982).

Os fatores que afetaram o controle da exposição dérmica, avaliada em condições de campo na cultura da batata, foram o tipo de bico utilizado em aplicação com costal manual e a espessura dos materiais dos conjuntos de proteção (FABIAN et al. 2012).

A variação da eficiência das roupas de proteção, quando avaliadas em teste de campo, utilizadas por trabalhadores rurais está relacionada, muitas vezes, ao tipo de trabalho realizado por aplicadores de agrotóxicos. O contato direto e contínuo da roupa do trabalhador com as plantas pode diminuir a eficiência do controle da exposição dérmica do conjunto (APREA et al., 2005).

A eficiência de conjuntos de proteção de algodão, tratado com Teflon, usados por tratorista em aplicações com turbopulverizador na cultura do citros foi 96,7% e para o pulverizador de pistolas foi 78 % (OLIVEIRA 2000).

A exposição dérmica dos trabalhadores em aplicações do inseticida malation na cultura do pimentão em estufa foi maior na parte superior do corpo do trabalhador para três tipos de vestimentas hidrorrepelentes de algodão, algodão/poliéster e algodão. Este fato ocorreu devido à pulverização dirigida para o alto, em direção à parte aérea das plantas cultivadas em bancada (MACHERA et al, 2009).

A eficiência no controle de exposição dérmica de um conjunto de vestimenta hidrorrepelente na aplicação de herbicida na cultura da soja foi 76,5% para o tratorista e 50,9% com um pulverizador de barra acoplado ao trator (CRISTÓFORO E MACHADO NETO, 2007).

A eficiência de dois conjuntos de proteção hidrorrepelentes utilizados por tratoristas em aplicação de agrotóxicos com turbopulverizador na cultura da goiaba foi de 96, 7% e 96,2%, respectivamente (TÁCIO et al., 2008). A eficiência de conjuntos de proteção confeccionados com material impermeável Tyvek usado por tratorista em pulverização com turbopulverizador foi maior, com redução da penetração de terbutilazina, dimetoato, azinfos-metil em diferentes partes do corpo, em relação ao conjunto confeccionado com material de algodão (PROTANO et al, 2009). Estes autores

verificaram que o controle da exposição dérmica variou de 84% a 92% na aplicação desses agrotóxicos na cultura do milho e beterraba com turbopulverizador.

A penetração dos agrotóxicos, através das roupas de proteção usados em condições de campo variou entre 2% e 27%, em atividades similares, mas com equipamentos diferentes e diversos agrotóxicos formulados (VITALI et al. 2009).

Muitas vezes a ineficiência dos conjuntos de proteção se deve ao uso inapropriado ou a construção mal feita, e os agrotóxicos penetram nas vestimentas por meio de aberturas, costuras, zíperes, mangas dobradas, má sobreposições das mangas com as luvas (APREA et al, 2004).

Não obstante o tecido hidrorrepelente causarem desconforto aos trabalhadores, principalmente nas regiões agrícolas mais quentes, acredita-se que com as informações de eficiência comprovada dos EPI, a distribuição da exposição pelas regiões do corpo dos aplicadores e as metodologias de avaliação das exposições, poder-se recomendar EPI para as regiões do corpo mais expostas e proporcionar segurança e menor desconforto ao trabalhador (OLIVEIRA, 2004).

A eficiência das vestimentas ou conjuntos de proteção é calculada com base na exposição dérmica potencial, que é a quantidade de agrotóxicos que atinge as diferentes regiões do corpo sobre as roupas de amostragem vestidas por aplicadores e manuseadores de agrotóxicos (GLASS et al. 2001; 2000 e OECD, 1997).

#### **2.4.2. Em condições de laboratório**

A eficiência dos materiais das vestimentas ou conjuntos de proteção e do próprio conjunto proteção deve ser avaliada em testes de laboratório e com procedimentos normalizados (BRASIL, 2009). Com o procedimento da norma ASTM F1359 (ASTM, 2007) avalia-se a resistência de vestimentas de proteção à penetração de respingos de líquidos.

Com esta norma, a modelagem do conjunto 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 ou conjuntos de proteção. BARKER (2005) cita que o critério de avaliação do procedimento da norma ASTM F1359-99a (ASTM, 2004) é subjetivo, pois não determina a coleta do líquido no interior da roupa de proteção, luvas e botas após a exposição.

Estudos iniciais da exposição em câmara de teste, têm sido relatados por vários autores. Porém, a maioria dos testes tem sido para avaliar a exposição respiratória a substâncias químicas (SEINER, 1996; BUTCHER, 1979; HACKNEY et al., 1975; RANBORG et al., 1996; SOSTRAND et al., 1997, LUNDGREN et al., 2006). As roupas de proteção têm sido estudadas em teste de propriedade ergonômicas em manequins em câmara sob as condições ambientais e de exposição controladas (HOLMÉR, 1999). Nos métodos de avaliação de exposição dérmica são utilizados pequenos amostradores que substituintes da pele, adesivos na pele e um coletor de partículas resultaram em boa aplicabilidade quando usados na pulverização com amido de milho e farinha de trigo dentro de uma câmara de teste sobre um manequim humano (LUNDGREN et al. 2006). Porém, existem poucos trabalhos na literatura especializada que avaliam quantitativamente a eficiência de conjuntos de proteção em câmara fechada.

#### **2.4.3. Métodos para estudos de modelagem de conjuntos de proteção**

A avaliação de falha, resistência à penetração ou permeação de líquidos em conjuntos de proteção individual podem ser realizada, segundo a norma ASTM F 1359 (ASTM, 2007). Com esta norma em especial se avalia a penetração de líquido através das costuras, aberturas e interfaces com os componentes do conjunto de proteção individual por meio da pulverização de calda marcadora, composta com pigmentos fluorescentes ou corantes. A avaliação é realizada com as vestimentas de proteção vestidas em manequins com forma similar ao corpo humano, previamente vestido com vestimenta de amostragem, para coletar a calda não controlada. A pulverização da calda marcadora sobre o manequim é realizada em tempos pré-determinados e com o

manequim girando em volta do seu eixo para que todas as partes do corpo tenham exposições similares.

O procedimento do método D, da norma ISO 17491 (ISO, 2002), é similar ao da norma ASTM F 1359 (ASTM, 2007). Porém, há diferenças no tempo de exposição e no volume de calda aplicado sobre o manequim com as vestimentas em teste.

A avaliação qualitativa da penetração do corante fluorescente ou outro marcador utilizado na calda de pulverização não deve exceder 3 cm de diâmetro de mancha na vestimenta de amostragem, de acordo com a norma ISO 27065, avaliado com o procedimento estabelecido na norma ISO 17491-4 (ISO, 2008), método A ou B. Se as manchas do corante marcador na vestimenta de amostragem exceder a 3 cm de diâmetro, o conjunto de proteção é reprovado.

O princípio do método descrito na norma ISO 17491-4 (ISO, 2008), consiste na pulverização de um líquido de um traçador fluorescente ou corante marcador sobre a vestimenta protetora vestida por uma pessoa do teste. A penetração do líquido é examinada visualmente sob as vestimentas de proteção e identificado qualquer sinal de coloração da superfície externa do conjunto de amostragem, sob o conjunto de proteção individual em avaliação. A proteção dos materiais porosos dos conjuntos individual repelente aos agrotóxicos é avaliada qualitativamente pelo método A (baixo volume) e para materiais impermeáveis pelo B (alto volume), é avaliada qualitativamente pelo procedimento estabelecido na norma ISO 17491-4 (ISO, 2008).

BARKER (2005) destaca a desvantagem da norma ASTM F 1359 – 99a (ISO, 2004) por ser apenas qualitativa, pois a avaliação é feita pela visualização de manchas da calda marcadora nas vestimentas de amostragem sob os conjuntos de proteção, e não pela coleta do líquido que penetra no interior do conjunto de proteção, nas luvas e nas botas após o tempo de pulverização. Cita também que este método, por ser visual, é subjetivo no critério de avaliação.

Intermediário aos procedimentos de avaliações qualitativas e quantitativas das exposições dérmicas aos agrotóxicos encontra-se o procedimento de avaliação semiquantitativa proposto por FENSKE (1988), denominado de matriz semiquantitativa. Após a exposição e a retiradas dos conjuntos de proteção em avaliação, as manchas

nas vestimentas de amostragem são avaliadas visualmente por meio da atribuição de notas da porcentagem da área da parte do corpo manchada e notas da intensidade da mancha. As duas notas são multiplicadas e resulta em uma pontuação da exposição das diversas partes do corpo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Estudos com os conjuntos de proteção individual usados e lavados em condições de campo

Os estudos de campo foram realizados com dois conjuntos de proteção individual, denominados de Bege Cru e Camuflado, confeccionados com os materiais hidrorrepelentes. O conjunto Bege Cru foi confeccionado com o material na cor Bege Cru, com fios compostos com 100% de algodão, tratado com substância oleosa e hidrorrepelente. O conjunto Bege Cru é fabricado pela empresa Azeredo EPI e tem o número de C.A. 9510 para o boné; 9511 para o jaleco e 9512 para a calça.

O conjunto Camuflado, confeccionado com o material na cor Camuflado, com fios compostos com 63% de algodão e 37% de poliéster, também tratado com substância oleosa e hidrorrepelente. O conjunto Camuflado é fabricado pela empresa TNT Uniline Roupas de Proteção e tem o número de C.A. 5.365 para o macacão e 8.650 para o conjunto de jaqueta e calça comprida.

A gramatura do material do conjunto Bege Cru é de 143, 4 g/m<sup>2</sup> e do Camuflado, 82,2 g/m<sup>2</sup>. As micrografias da estrutura dos materiais Bege Cru e Camuflado obtidas por microscopia de varredura estão apresentadas na Figura 2.



**Figura 2.** Micrografia da trama do material Bege Cru aumentado 100x. B- Estrutura do material Camuflado aumentado 100x.

O conjunto Bege Cru é constituído por capuz do tipo boné com tecido para proteção do pescoço e a parte superior dos ombros, camisa de mangas compridas e calça comprida. O conjunto Camuflado é composto por capuz costurado na gola da camisa, de mangas compridas e calça comprida. As calças dos dois conjuntos foram reforçadas com material impermeável na parte inferior frontal a partir da altura dos joelhos.

### **3.1.1. Condições de usos e lavagens**

Os dois tipos de conjuntos de proteção individual Bege Cru e Camuflado foram usados e lavados em condições de campo nas culturas de citros, na atividade de tratorista, considerado de uso menos agressivo ao conjunto de proteção individual, e de cana-de-açúcar, na atividade de aplicação do herbicida glifosato em jato dirigido em cultura adulta, considerada de uso mais agressivo à vestimenta de proteção individual, após sofrerem a ação da utilização dos materiais foram lavados. Também estes dois tipos de conjuntos foram somente lavados em laboratório.

Ao final dos ciclos de 5, 10, 20 e 30 usos e/ou lavagens, secagens. O conjunto Bege Cru foi passado a 50° C, de acordo com instruções do fabricante. Para a realização dos testes em laboratório, os conjuntos foram separados ao acaso. Após 5, 10, 20 e 30 usos, lavagens e secagens, quatro conjuntos de cada empresa foram separados ao acaso para a realização dos estudos em laboratório. Foram usados 32 conjuntos de proteção individual por cultura e 64 em todo o estudo de campo nas culturas de citros e cana-de-açúcar.

### 3.1.1.1. Condições locais e ambientais durante o uso dos conjuntos de proteção individual.

#### 3.1.1.1.1. Cultura de citros

Os dois conjuntos de proteção individual Bege Cru e Camuflado foram usados na atividade de tratorista em aplicações de diversos agrotóxicos na parte aérea de plantas de citros. As aplicações foram realizadas em pomares de citros da Fazenda Cambuhy Agrícola Ltda, no Município de Matão – SP ( Figura 3).



**Figura 3.** Uso do conjunto de proteção Bege Cru, na rotina de do tratorista na Fazenda Cambuhy.

As plantas foram da variedade Valência, com 22 anos de idade, plantadas no espaçamento de 8 x 5m, com 4m de altura média e as copas com 4m de diâmetro. Foram utilizados turbopulverizadores convencionais acoplados a tratores, com apenas as capotas originais.

Foram utilizados três turbopulverizadores da marca FMCopling, modelo Gulier 160/2000, tracionados por tratores da MF – 265. O pulverizador de arrasto de jato transportado, estava composto por tanque de 2.000 L, bomba KPL 160, com 48 bicos, agitador hidráulico, turbina de 32 polegadas, com incorporador de agrotóxico e reservatório de água limpa. Os tratores foram conduzidos na 2ª marcha reduzida a 1600 rpm e velocidade de 1,6 km/h. A vazão média dos bicos nos três pulverizadores foi de 1,44 L/min, com pressão de 100 libras/pol<sup>2</sup>. O tempo médio de aplicação foi de 20 minutos para cada repetição, sendo 17,5 L/planta, com a pulverização de 1000 L de calda.

As pulverizações foram realizadas nos períodos entre 7 e 11 horas e entre 13 e 16 horas nos dias de 3 a 7 de fevereiro de 2008, condições médias de temperatura foi de 28,9° C, umidade relativa de 42,6% e velocidade do vento de 3,8 Km/h.

#### **3.1.1.1.2. Procedimento de lavagem dos conjuntos de proteção individual**

No final de cada dia de uso, os conjuntos foram lavados em uma lavadora automática, da marca Electrolux, modelo Turbo-8 kg (Figura 4). O procedimento de lavagem foi o programa —Sintético Delicado original da própria lavadora, realizado em 3 etapas: agitação por 10 minutos; enxágüe por 18 minutos; e centrifugação por 18 minutos.

Este procedimento é semelhante ao programa de mesmo nome da norma ISO 6330 (ISO, 2000). Antes do início a cada lavagem, foi adicionado à água o sabão de coco líquido da marca Baby Soft, na concentração de 1% na água.



**Figura 4.** Lavadora automática, da marca Eletrolux, modelo Turbo-8 kg, utilizada para lavagem das vestimentas na Fazenda Cambuhy.

O sabão Baby soft é composto: por ingredientes ativos, espessante, agente anti-redepositante, sequestrante, coadjuvante, opacificante, branqueador óptico, hidrótopo, conservante (1,2 benzotiazolin-3-ona), corante, fragrância e água.

Após a centrifugação na máquina, os conjuntos foram pendurados para secagem em varal, ao ar livre e à sombra.

De acordo com a recomendação do fabricante, a empresa Azeredo EPI, após a secagem, apenas os conjuntos de tecido Bege Cru foram passados com um ferro elétrico, na temperatura média de 50 °C. De acordo com a recomendação do fabricante, a empresa TNT Uniline Roupas de Proteção, os conjuntos de tecido Camuflados não foram passados com o ferro.

### **3.1.1.2. Condições locais e ambientais durante o uso dos conjuntos de vestimentas**

#### **3.1.1.2.1. Cultura de cana-de-açúcar**

As avaliações dos dois conjuntos de proteção individual foram realizadas na Usina Bonfim, do grupo Cosan, localizada no Município de Guariba - SP.

Os conjuntos de proteção individual foram usados por trabalhadores em aplicação de controle de plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar, tradicionais da região de Jaboticabal (Figura 5).



**Figura 5.** Uso das vestimentas na rotina de aplicação de herbicida na Usina Bonfim, conjunto Bege Cru (A) e conjunto Camuflado (B).

Os conjuntos foram usados por trabalhadores do campo sem aplicações do herbicida glifosato em operação de controle, para o controle das plantas daninhas. Não foi adicionado do glifosato à calda de pulverização do aplicador de herbicida para não interferir na avaliação de eficiência da vestimenta de proteção, devido o glifosato ser utilizado na avaliação e costuras dos conjuntos pelo método segundo a ISO 22608 (ISO, 2004).

Os aplicadores de herbicidas pulverizaram entre as linhas da cultura no espaçamento de 1,4 m da variedade de cana-de-açúcar RB 867515, no estádio de cana-soca em terceiro corte e com 2,5 m de altura e 0,50 m.

As pulverizações foram realizadas nos períodos entre 7 e 11 horas e entre 13 e 16 horas nos dias de 15 a 21 de maio de 2008. As condições climáticas foram: temperatura média de 30,2o C, umidade relativa de 44% e velocidade do vento de 1,7 km/h.

### **3.1.1.2.2. Procedimento de lavagem dos conjuntos de proteção individual**

Ao final do dia de uso, os conjuntos foram lavados em equipamentos industriais em uma lavadora industrial. A lavagem ocorreu em uma lavadora mecânica da marca SITEC, modelo SLE-50M (Figura 6) na lavanderia da Usina Bonfim, do grupo Cosan, localizada no Município de Guariba – SP. Após a lavagem ocorreu centrifugação em um extrator centrífugo, modelo SP-30M.

O procedimento de lavagem foi o programa —Sintético Delicado original da própria lavadora, realizado em 3 etapas: agitação por 10 minutos; enxágüe por 18 minutos; e centrifugação por 18 minutos. Este procedimento é semelhante ao programa de mesmo nome da norma ISO 6330 (ISO, 2000). Antes do início de cada lavagem, foi adicionado o sabão de coco líquido da marca Baby Soft, na concentração de 1% na água. Após a centrifugação, os conjuntos foram secos à sombra.

De acordo com a recomendação do fabricante do conjunto Bege Cru, em seguida às secagens, os conjuntos foram passados com um ferro elétrico, na temperatura média de 50 °C.



**Figura 6.** Lavadora mecânica, da marca SITEC, modelo SLE-50M, utilizada para lavagem das vestimentas (A) e extrator centrífugo, modelo SP-30M, utilizado na centrifugação das vestimentas na Usina Cosan, Unidade Bonfim (B) (Nociti,2009).

### 3.2. Lavagens em condições de laboratório

Os dois conjuntos de proteção individual Bege Cru e Camuflado foram apenas lavados em condições de laboratório na máquina de lavar roupas, padronizada na norma ISO 6330 (ISO,2000), da marca Electrolux, modelo FOM 71 CLS (Figura 7)

As lavagens foram realizadas de acordo com o procedimento descrito na norma ISO 6330 (ISO, 2000). Cada ciclo de lavagem foi realizado com 2 kg de roupas, normalmente 3 conjuntos Camuflado e 4 Bege Cru, com 50 g do sabão AATCC 1993, recomendado na norma ISO 6330 (ISO, 2000), anexo A (Tabela 2).

O procedimento de lavagem utilizado foi o n. 8 da norma ISO 6330 (ISO, 2000), que estabelece a temperatura da água de  $30 \pm 3$  °C, nível de água de 13 cm, tempo de lavagem de 3 min, 3 enxágües com duração de 3 min. para os dois primeiros enxágües e 2 min. para o último enxágüe, e tempo de centrifugação de 6 min para cada ciclo de lavagem. No final do processo de lavagem as roupas de proteção ficam com 38% de umidade média.



**Figura 7.** Máquina de lavar roupa padronizada na norma ISO 6330 (ISO, 2000), da marca Electrolux, modelo FOM 71 CLS.

**Tabela 2.** Composição do sabão AATC 1993, segundo a norma ISO 6330.

Composição	Porcentagem (%)
Alkilbenzenosulfonato	18,00
Aluminosilicato de sódio	25,00
Carbonato de sódio	18,00
Silicato de sódio	0,50
Sulfato de sódio	22,13
Polietileno glicol	2,76
Poliacrilato de sódio	3,50
Supressor de silicone	0,04
Umidade	10,00
Ingredientes inertes*	0,07

\*(não reagem com surfactantes)

Após as lavagens, os conjuntos de proteção foram secos em varal, à sombra e ventilação natural, dentro de uma construção com a parte superior das paredes fechada com tela de arame (Figura 8). Após a secagem, o conjunto Bege Cru foi passadas com

ferro elétrico com na temperatura média de 50 °C, de acordo com a recomendação do fabricante.



**Figura 8.** Conjuntos de proteção individual estendidos em varal à sombra para secagem após lavagens no laboratório.

As lavagens dos conjuntos de proteção apenas lavados em condições de laboratório foram realizadas para comparar e determinar possíveis efeitos do uso nas condições de trabalho de baixa agressividade (tratorista na cultura de citros) e alta agressividade (aplicadores de herbicida na cultura de cana-de-açúcar) aos conjuntos de proteção individual. Por outro lado, este estudo é fundamental para validar a proposta de utilizar apenas as lavagens em condições de laboratório com o procedimento da norma ISO 6330 (ISO, 2000) para representar o uso destas vestimentas de proteção individual nas diversas condições de campo. Esta informação é fundamental para validar a proposta de adaptar a câmara teste da norma ASTM F 1359 (ASTM, 2007), o procedimento da norma ISO 17491-4 (ISO, 2008) e o protocolo VBC 82.1, da WHO (1982).

### 3.3. Métodos analíticos

Os métodos analíticos ajustados na Faculdade de Ciências Agrárias e Vetrinárias – Câmpus de Jaboticabal no Laboratório de Ecotoxicologia dos Agrotóxicos e Saúde Ocupacional (LABOR SEG) foram os de espectrofotometria de absorção atômica em chama para hidróxido de cobre, utilizado como traçador nas caldas. Os estudos com clorpirifós, glifosato e hidróxido de cobre, nas caldas e formulações de Nufos CE<sup>®</sup>, Roundup Original SAq<sup>®</sup> e Supera SC<sup>®</sup>, respectivamente foram realizados por gravimetria, de acordo com a norma ISO 22608 (ISO, 2004) – método A, o que dispensou o ajustamento de um método analítico para estes agrotóxicos.

#### 3.3.1. Espectrofotometria de absorção atômica em chama

##### 3.3.1.1. Método analítico para hidróxido de cobre

A técnica analítica para a determinação do hidróxido de cobre foi ajustada para o limite de detecção mínimo de 0,01%, de acordo com a norma ASTM F 2130 (ASTM, 2001). As análises do hidróxido de cobre foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica em chama.

O equipamento utilizado é da marca GBC, modelo GBC 932 AA, operado nas seguintes condições (Tabela 3):

**Tabela 3.** Parâmetros e condições do espectrômetro de absorção atômica para determinação de hidróxido de cobre

Parâmetros:	Condições:
Lâmpada	Catodo
Corrente	3,0 mA
Comprimento de onda	324,8 nm
Fenda	0,2 nm
Chama	Ar
Gás	Acetileno oxidante

### **3.3.1.2. Curva de calibração do cobre metálico e limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ)**

#### **3.3.1.2.1. Padrão analítico**

A curva padrão de cobre foi obtida a partir de uma solução de cloreto de cobre ( $\text{CuCl}_2$  em água) Titrisol Merk 9987, fabricado em 10-09-2008 e validade até 31-08-2013, de acordo com o certificado de análise. O limite de detecção (LD) e o limite de quantificação (LQ) foram calculados de acordo com SKOOG et al. (1998).

#### **3.3.1.2.2. SUPERA SC<sup>®</sup>**

Foi utilizado o agrotóxico comercial Supera SC<sup>®</sup>, com 350 g/L em equivalente de cobre metálico, na formulação suspensão concentrada e classificado como fungicida de contato do grupo químico dos inorgânicos. Foi utilizado um frasco do lote número 5327-08-1992, embalado em 28/10/2008, vencimento em 28/10/2011 e fabricado pela empresa Oxiquímica Agrociência Ltda. O hidróxido de cobre ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ) é insolúvel em solventes orgânicos e facilmente solúvel em solução aquosa de amônia e em água (2,9 mg/L), em pH 7,0 e a 25°C. A tensão superficial da formulação é de 43,4 dinas/cm e a viscosidade, de 32,64 cP.

A curva de calibração foi estabelecida com os valores de: 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0 e 10,0  $\mu\text{g}/\text{mL}$  do cobre metálico, da formulação de hidróxido de cobre em ácido clorídrico a 2 N, grau P.A., nas condições analíticas pré-estabelecidas. O valor do limite de detecção (LD) considerado foi duas a três vezes o ruído da linha de base (ANVISA, 2002).

### **3.4. Estudos com os materiais hidrorrepelentes**

#### **3.4.1. Materiais hidrorrepelentes**

Amostras de 8 x 8 cm de lado foram retiradas dos conjuntos hidrorrepelentes Bege Cru e Camuflado usados em campo (citros e cana-de-açúcar) e dos conjuntos lavados em laboratório. Os materiais foram retirados do capuz, tórax frente, tórax atrás, perna frente e perna atrás dos conjuntos sem e após 5, 10, 20 e 30 ciclos de lavagens foram separadas para realizar as determinações de repelência, retenção e penetração dos agrotóxicos, de acordo com a norma ASTM 2130 (ISO, 2001) e pela ISO 22608 (ISO, 2004), com o método A gravimétrico. As costuras do capuz, braço, tórax lateral, perna cavalo, perna dentro e perna lateral também foram avaliadas.

Os materiais dos conjuntos usados em campo foram lavados depois de cada uso. O material do conjunto Bege Cru foi passado após secagem de acordo com recomendação do fabricante.

##### **3.4.1.1. Preparo e contaminação das amostras dos materiais hidrorrepelentes**

Para a realização do teste de repelência, retenção e penetração dos agrotóxicos em estudo foi utilizado o procedimento descrito nas normas ASTM F 2130 (ISO, 2001) e ISO 22608 (ISO, 2004). Este teste é usado para avaliar a eficiência de materiais de proteção a compostos químicos tóxicos por meio da gota dispensada com uma micropipeta.

Os agrotóxicos usados no teste foram o glifosato na formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup>; clorpirifós na formulação de Nufos CE<sup>®</sup> e hidróxido de cobre na formulação de Supera SC<sup>®</sup>. Os parâmetros físicos-químicos dos agrotóxicos (Tabela 4) e suas respectivas formulações (Tabela 5) utilizados na contaminação dos materiais hidrorrepelentes de acordo com a ISO 22608 (ISO, 2004).

**Tabela 4.** Parâmetros físicos químicos dos compostos ativos clorpirifós, glifosato e hidróxido de cobre.

Parâmetros	Compostos ativos		
	Clorpirifós	Glifosato	Hidróxido de cobre
Fórmula molecular:	C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> Cl <sub>3</sub> NO <sub>3</sub> PS	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> NO <sub>5</sub> P	Cu(OH) <sup>2</sup>
Massa molecular (g/mol):	350,59	169,07	97,56
Densidade (g/cm <sup>3</sup> ):	1,39	1,70	3,37
Solub. em água (g/L) 25 °C:	0,02	12,00	insolúvel
pKa:	4,55	0,8 -2,6-6,0-11,0	2,15 -7,1-12,4

**Tabela 5.** Parâmetros físicos químicos das caldas e formulações de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup> e Supera SC<sup>®</sup>

Formulações	Parâmetros			
	pH	Tensão (dinas/cm)	Viscosidade (cP)	Condutividade (µs/cm)
Nufos CE <sup>®</sup> 5% i.a.	3,4	30,4	2,3	99,1
Nufos CE <sup>®</sup>	2,5	30,3	8,1	0,0
Roundup Original SAq <sup>®</sup> 5% i.a.	4,4	44,8	1,4	745,0
Roundup Original SAq <sup>®</sup>	4,7	39,0	39,6	537,0
Supera SC <sup>®</sup> 3 % i.a.	8,7	32,8	1,8	217,0
Supera SC <sup>®</sup>	8,2	43,4	586,0	1335,0

### 3.4.1.2. Teste de resistência dos materiais hidrorrepentes aos agrotóxicos

A avaliação da resistência dos materiais foi iniciada com o acondicionamento dos mesmos por 20 minutos em uma sala climatizada com a temperatura de  $25 \pm 5$  ° C e a umidade relativa do ar de  $60 \pm 10$  %, de acordo com o procedimento estabelecido na norma ISO 22608 (ISO, 2004).

O procedimento do teste com os materiais hidrorrepelentes foi o método A, gravimétrico, da norma ISO 22608 (ISO, 2004), conforme se observa na Figura 9 e descrito a seguir.

1 - Sobre uma placa de acrílico de 10 x 10 cm, utilizada como base, foi colocada uma lâmina de papel absorvente Whatman Benchkote Plus com dimensões de 8 x 8 cm. Este papel tem uma face impermeabilizada com um filme de polietileno, que é colocada para baixo e voltada para a placa base.

2- Sobre a lâmina de papel filtro, com a face absorvente voltada para cima, foi colocada uma amostra do material ou da costura do conjunto de proteção em teste, com dimensões de 8 x 8 cm (Figura 9 A). Outra placa de acrílico de 10 x 10 cm e com uma abertura central quadrada de 6 x 6 cm, usada como uma moldura, foi colocada sobre a amostra do material de proteção em teste. A placa moldura é utilizada para manter e uniformizar o contato entre a superfície do material em teste com o papel absorvente para baixo. O papel de filtro e o material ou a costura de tecidos foram pesados em balança analítica antes da montagem do teste.

3- Com uma pipeta, com a ponta da ponteira a 3 cm acima da superfície do material, foi dispensada uma alíquota de 0,2 ml de uma das formulações descritas na tabela 4 e, ao mesmo tempo, disparado um cronômetro (Figura 9 B). Depois de 10 minutos, a placa moldura foi retirada e uma segunda lâmina do papel filtro pesada foi colocada sobre o material em teste com a face impermeável voltada para cima. Em seguida, a placa moldura foi recolocada sobre a segunda lâmina de papel absorvente. Depois de dois minutos, o teste foi desmontado na seqüência inversa de montagem com o auxílio de pinça metálica.

4 - Após a retirada da placa moldura, as três camadas foram separadas com o auxílio de uma pinça, manipulando-as pelas bordas ou áreas que não foram contaminadas pela gota do agrotóxico. Após este procedimento novamente foram pesados os filtros e o material de tecido para cálculo de porcentagem de repelência, retenção e penetração do herbicida.



**Figura 9.** Esquema de montagem do teste de avaliação de materiais repelentes, de acordo com as normas ASTM F2130:2001 e ISO 22608 (ISO, 2004).

### 3.4.1.3. Cálculos das porcentagens de repelência, retenção e penetração

A porcentagem de repelência, retenção e penetração do ingrediente ativo dos agrotóxicos foram calculadas de acordo com os procedimentos estabelecidos nas normas ASTM F 2130 (ASTM, 2001) e ISO 22608 (ISO, 2004):

Porcentagem de repelência (PR) =  $M_r \times (100/M_t)$

Porcentagem de retenção (PPR) =  $M_{pr} \times (100/M_t)$

Porcentagem de penetração (PP) =  $M_p \times (100/M_t)$

onde:

$M_r$  = massa (mg) da formulação retida no papel filtro (8 x 8 cm) usado para remover o excesso do agrotóxico líquido após 10 min.

$M_{pr}$  = massa (mg) da formulação retida na amostra (material de proteção).

Mp = massa (mg) da formulação retida no papel filtro colocado embaixo do material do conjunto de proteção.

Mt = massa total (mg) da formulação aplicada na amostra do teste.

#### **3.4.1.4. Classificação dos materiais**

Os materiais e as costuras dos tecidos hidrorrepelentes usados e/ou lavados foram classificados pela sua vida útil de acordo com a Portaria n.246 de 29 de junho de 2011.

A Portaria 246 de 2011 estabelece que materiais e costuras dos tecidos hidrorrepelentes devem, no mínimo, atender ao nível de desempenho 2, estabelecido na norma ISO 27065 (ISO, 2011). O nível de desempenho 2 estabelece que a penetração da substância teste no material para confeccionar os EPIs deve ser menor ou igual a 5%, pelo procedimento da norma ISO 22608 (ISO, 2004).

A norma ISO 16602 (ISO, 2007) estabelece que a repelência dos materiais e costuras dos conjuntos de proteção aos produtos químicos são classificação em três classes: Classe 1: Repelência > 80%; Classe 2: Repelência > 90%; Classe 3: Repelência > 95%

### **3.5. Avaliação da eficiência dos conjuntos de proteção individual**

A eficiência no controle da exposição dérmica dos dois tipos de conjuntos de proteção individual, retirados ao acaso após os usos, lavagens e passagem a ferro quente (Bege Cru) foi realizada para os conjuntos lavados em laboratório e nas duas condições de trabalho nas culturas de citros e de cana-de-açúcar, na qual a avaliação foi em condições de laboratório na câmara de teste.

Na câmara teste foram realizadas avaliações qualitativas, de acordo com a norma ASTM F 1359 (ASTM, 2007) e quantitativas, com procedimento VBC 82.1, de avaliação de campo (WHO, 1982).

### **3.5.1. Na câmara de testes**

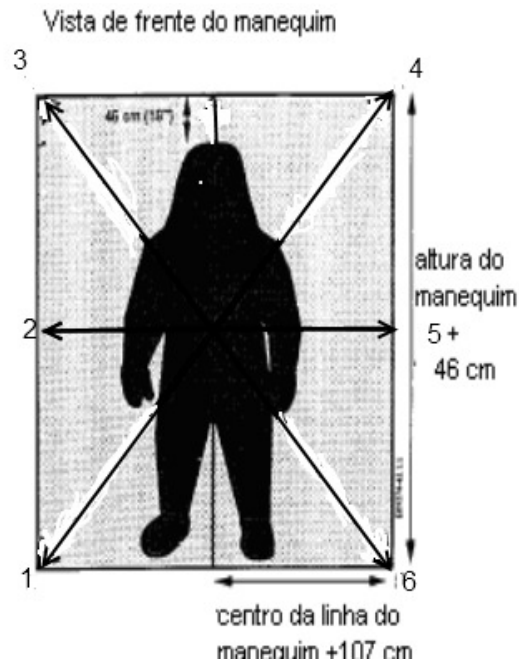
#### **3.5.1.1. Estrutura física**

A câmara de teste para a pulverização das vestimentas protetoras nos manequins inicialmente seria construída para atender a norma da ASTM F 1359 (ASTM, 2007). Devido á alta vazão da pulverização indicada nesta norma, utilizada para avaliar a proteção a respingos de agrotóxicos químicos, houve necessidade de se ajustar as vazões mais próximas às utilizadas em pulverização de agrotóxicos, como as indicadas na norma ISO 17491- 4 (ISO, 2008).

As pontas dos bicos de pulverização foram selecionadas para produzirem vazões menores. A avaliação dos conjuntos de proteção nestas duas normas, ASTM F 1359 (ASTM, 2007) e ISO 17491-4 (ISO, 2008), são apenas qualitativas. Para fazer a avaliação quantitativa da eficiência dos conjuntos de proteção no controle da exposição dérmica aos agrotóxicos, foi utilizado o procedimento descrito no protocolo VCB/82.1, da WHO (1982). Assim, a câmara de teste foi construída e adaptada para fazer a avaliação quantitativa da eficiência dos conjuntos de proteção individual no controle da exposição dérmica.

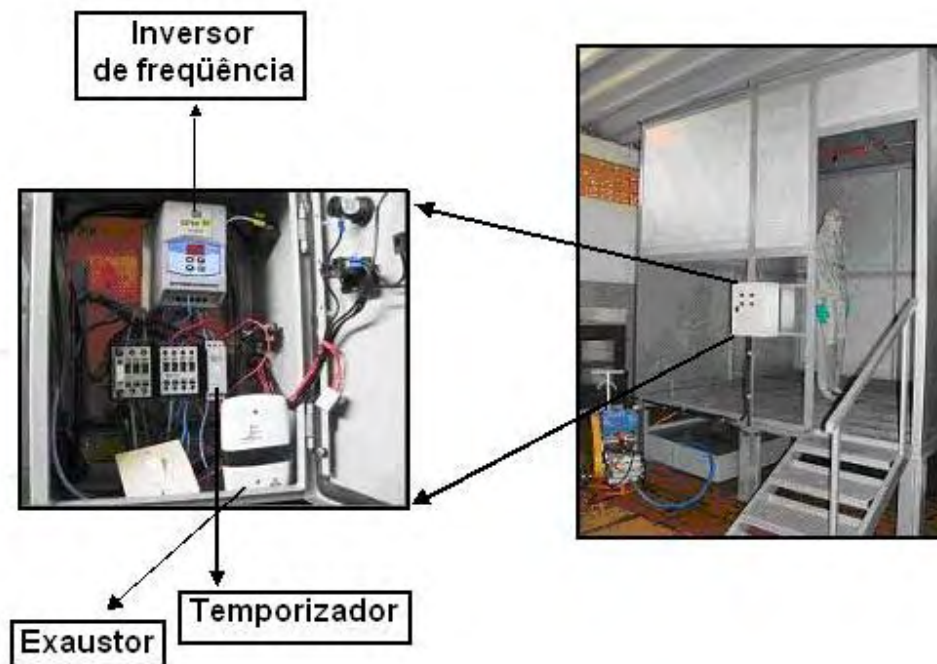
A câmara tem uma área de 7,56 m<sup>2</sup> e altura do pé-direito de 2,65 m. O piso da câmara é de chapa metálica perfurada, para a passagem e coleta do líquido pulverizado para a parte inferior afunilada e direcionada para o tanque de calda. O manequim está sobre um suporte giratório mecânico no centro da câmara e 107 cm de distância das pontas dos bicos de pulverização na vertical e a cabeça do manequim a 46 cm da barra superior.

A altura do manequim é de 1,75 m e recebe a pulverização dos seis bicos posicionados nas barras verticais (Figura 8). Os bicos nas posições 2 e 5 estão posicionados a 1,10 m de altura e os bicos 3 e 4 estão posicionados a 2,20. O circuito hidráulico de pulverização é composto por: manômetro, motor bomba, reservatório de 300 L, mangueiras de 1/2" e cinco bicos tipo leque Teejet F 110.01.



**Figura 10.** Posição dos bicos de pulverização na barra no entorno do manequim na câmara testes adaptada para avaliação qualitativa da eficiência dos conjuntos de vestimentas de proteção.

A câmara teste tem um sistema de automatizado para o controle da rotação do suporte do manequim e do tempo de pulverização (Figura 11). O painel de controle tem o inversor de freqüência, que controla a velocidade do motor que gira o manequim; um temporizador, com variação de 10 a 100 s, que controla o tempo de pulverização; um sistema de acionamento do retorno do motor bomba, para agitação da calda de pulverização; acionamento do exaustor; e os interruptores de ligar e desligar as luzes negras e fluorescentes.



**Figura 11.** Câmara de teste de avaliação da eficiência dos conjuntos de proteção adaptada a partir da câmara da norma ASTM F 1359 (ASTM, 2007). A – Estrutura da câmara. B. Painel de automação.

### 3.5.1.2. Exposição dérmica potencial da câmara no manequim

As exposições dérmicas potencial nas partes do corpo do manequim foram avaliadas com pulverização constante com os seis bicos simultaneamente durante o período em que o manequim faz um giro de 360°. As vestimentas de amostragem utilizadas foram macacões e para a máxima absorção de água.

A calda foi composta por 400 mL de Supera SC<sup>®</sup>/100L (MOMESSO & MACHADO-NETO, 2003), 600 g /100 L de corante fluorescente Luxcor 200 AML<sup>®</sup> e 0,3% de tensoativo lauril éter sulfato de sódio. O tensoativo foi adicionado à calda para ajustar a tensão superficial em  $0,032 + 0,002$  N/m ( $32 \pm 2$  dinas/cm) de acordo com a norma ASTM F 1359 (ASTM, 2007). A viscosidade da calda foi de 1,03 cP, a condutividade de 292,2 mS/cm e o pH de 8,7.

O cátion cobre do hidróxido de cobre da formulação comercial Supera SC<sup>®</sup> (350 g/L) foi utilizado como traçador na calda (MOMESSO & MACHADO-NETO, 2003) e como dado substituto (JENSEN, 1984) para determinar a exposição dérmica à calda nas diversas partes do corpo do manequim.

O corante fluorescente foi utilizado como traçador para fazer avaliações qualitativas e semiquantitativas das exposições dérmicas no manequim. As avaliações semiquantitativas foram realizadas por meio das notas estabelecidas na matriz semiquantitativa de MACHADO NETO et al. (1996).

Foram realizados testes com diversas pressões e vazões para selecionar as condições adequadas de distribuição e coleta das exposições nas vestimentas de amostragem no manequim. A vazão mais adequada e sem saturação e escorrimento da calda nas vestimentas de amostragem foi de  $0,11 \pm 0,01$  L/20 s/bico e com a pressão de 40 lb/pol<sup>2</sup>. A vazão total da barra foi de 0,66 L/20s (1,98 L/min.) e a exposição potencial nas partes do corpo do manequim encontram-se na Tabela 6. Esta avaliação foi realizada com cinco repetições.

### **3.5.1.3. Condições ambientais durante as pulverizações na câmara teste**

As condições ambientais durante as avaliações dos conjuntos de proteção individual na câmara teste foram: temperatura média de 28,22 °C e umidade relativa média de 58,39 %. As temperaturas e a umidade relativa registradas para cada avaliação estão contidas no anexo 1.

### 3.5.1.3.1. Avaliação quantitativa da exposição dérmica

A eficiência dos conjuntos Bege Cru e Camuflado usados nas duas condições de trabalho no campo e apenas lavados em condições de laboratório foi avaliada na câmara teste. Os conjuntos de proteção foram vestidos nos manequins sobre o macacão de amostragem de algodão (100%) com capuz, de cor preta, que cobriam todas as partes do corpo, inclusive a face.

A exposição dérmica potencial foi calculada com base na quantificação de cátions da calda pulverizada de acordo com HARRIS (2003) pela seguinte fórmula:

$$V_2 \text{ (mL)} = \frac{C_1 \text{ (mg L}^{-1}) \cdot V_1 \text{ (mL)}}{C_2}$$

Onde:  $C_1$  = concentração do cátion da calda de pulverização.

$V_1$  = Volume de calda extratora usado em cada amostra da vestimenta.

$C_2$  = Concentração do cátion retido na amostra da vestimenta de amostragem.

$V_2$  = Volume de calda retido na amostra da vestimenta de amostragem.

Para toda exposição realizada dentro da câmara ou no campo foi coletado 100 mL de calda de pulverização, para a realização dos cálculos da exposição dérmica potencial.

Os macacões foram confeccionados com as pernas compridas até o tornozelo; mangas compridas; e capuz cobrindo toda a cabeça, inclusive a face (Figura 12 A).

**Tabela 6.** Exposições dérmicas potenciais (EDP) em mL/20s à calda nas diversas partes do corpo do manequim proporcionadas pela câmara teste, com as respectivas médias e desvios padrões (D.P.).

Partes do corpo	Repetições					Média	D.P.
	A	B	C	D	E		
Cab. + Pesc.	12,9	13,4	12,7	11,5	14,6	13,0	1,1
Braços	14,7	13,7	21,0	17,0	15,6	16,4	2,9
Tronco frente	17,6	15,2	19,7	16,6	15,1	16,8	1,9
Tronco atrás	17,3	16,7	18,0	16,0	16,3	16,9	0,8
Perna frente	30,5	28,3	26,7	27,6	28,0	28,2	1,4
Perna atrás	28,0	29,2	26,7	28,3	30,9	28,6	1,5
Total	121,0	116,5	124,8	117,0	120,5	119,9	1,5

D.P. = Desvio Padrão.



**Figura 12.** (A) Manequins com as vestimentas de amostragem e com conjunto Bege Cru (B) para avaliação da eficiência.

Os manequins vestidos com as vestimentas de amostragem e os conjuntos de proteção individual foram pulverizados por 20s durante um giro 360°.

Após as avaliações qualitativas da penetração das caldas nos conjuntos de proteção, de acordo com a norma ASTM F 1359 (ASTM, 2007), foi realizada a avaliação quantitativa nas vestimentas de amostragem. Após as avaliações

quantitativas, as vestimentas de amostragem foram retiradas do manequim e seccionadas para representar as diferentes partes do corpo.

As partes seccionadas das vestimentas de amostragem foram colocadas separadamente em potes de vidros que, posteriormente, receberam a solução de HCl 2 N, para a solubilização do cátion cobre da calda penetrada. Em seguida, os potes de vidro foram colocados na mesa agitadora modelo TE 421 da Tecnal, durante 3 horas, a 40 °C, sob rotação de 120 rpm,

As quantidades de solução HCl para extração do cobre para cada uma das partes do corpo foram as seguintes: capuz – 600 mL; tórax- frente e tórax-atrás – 900 mL; perna- frente e perna-atrás: 1400 mL.

A avaliação da eficiência do método analítico em extrair o cátion cobre das vestimentas de amostragem foi realizada por meio da recuperação do cátion cobre da formulação SUPERA SC<sup>®</sup> e quantificação por de espectrometria de absorção atômica em chama. Amostras dos materiais amostragem foram fortificadas com massas de cobre cujas concentrações finais na solução extratora estavam entre 0,2 a 6,40 ppm. Após a períodos de duas horas para secagem da calda foram adicionados 100 mL da solução extratora, HCl 2 N.

Aos dados da recuperação do cátion cobre do material do macacão amostrador foi ajustada a equação linear:  $Y = 0,984X - 0,002$  ( $R^2 = 99,99$ ), e a recuperação média de 97 %.

Foram coletadas amostras das caldas pulverizadas para cada repetição de cada conjunto de proteção para os cálculos do volume retido na vestimenta de amostragem.

### **3.5.1.3.2. Avaliação qualitativa da exposição dérmica**

A avaliação qualitativa da penetração da calda foi realizada por meio da visualização de fluorescência nas partes internas dos conjuntos de proteção em estudo e nas vestimentas de amostragem de cor preta devido à passagem do corante fluorescente Luxcor 200 AML<sup>®</sup>.

Com lâmpadas fluorescentes foram observadas e registradas as penetrações da calda pulverizada nos pontos de junções, nas sobreposições do conjunto, aberturas e costuras dos conjuntos nas diferentes partes do corpo do manequim e nas partes internas dos conjuntos de proteção, de acordo com os procedimentos das normas ASTM F 1359 (ASTM, 2007) ajustada e ISO 17491-4 (ISO, 2008).

Após a pulverização, foi ligado o exaustor invertido insuflando ar sobre o manequim até secagem do conjunto de proteção. Dentro da câmara, no escuro e com uma luz ultravioleta acesa, os conjuntos de proteção foram observados e registrados a presença de fluorescência nas partes internas, sob as costuras, aberturas, junções e sobreposições das peças. Da mesma forma, as vestimentas de amostragem foram observadas e registradas a presença de fluorescência nas diversas partes do corpo.

#### **3.5.1.4. Avaliação semiquantitativa da exposição dérmica**

A fluorescência nas vestimentas de amostragem também foi utilizada para avaliar semiquantitativamente a penetração da calda nas vestimentas de proteção individual em estudo por meio da matriz semiquantitativa bi-dimensional proposta por MACHADO NETO et al. (1996).

Por meio da visualização da fluorescência nas vestimentas de amostragem, foram atribuídos valores de porcentagem (0 a 100%) área da parte do corpo com fluorescência, e notas de 0 a 5 para a intensidade da fluorescência. Os valores de porcentagens foram transformados em notas de 0 a 5, conforme se observa na Tabela 7.

A pontuação final das partes do corpo é o resultado da multiplicação da nota de porcentagem da área exposta pela nota da intensidade da fluorescência.

**Tabela 7.** Matriz semiquantitativa para avaliação da exposição dérmica (fluorescência) sobre as vestimentas de amostragem (MACHADO-NETO et al. 1996).

(%) Área exposta	Nota	Intensidade da exposição					
		baixo		moderado		alto	
		0	1	2	3	4	5
0-20	1	0	1	2	3	4	5
20-40	2	0	2	4	6	8	10
40-60	3	0	3	6	9	12	15
60-80	4	0	4	8	12	16	20
80-100	5	0	5	10	15	20	25

O esquema das avaliações quantitativas, semiquantitativa e qualitativa para avaliar a eficiência dos conjuntos Bege Cru e Camuflado esta apresentada na Figura 13.



**Figura 13.** A - Colocação da roupa amostradora e do conjunto Bege Cru; B- manequim pronto para ser pulverizado; C vestimenta Bege Cru após pulverização; D- conjunto Bege Cru sendo seccionado; E- Vestimenta amostradora; F – pontos fluorescentes na vestimenta de amostragem avaliados semiquantitativamente pela luz negra; G- Vestimenta amostradora sendo seccionada; H – Partes do corpo das vestimentas de amostragem mergulhadas em HCl 2N; I – Filtração derivada do processo de extração do cobre; J – Leitura no espectrofotômetro das amostras de solução extratora contendo cobre.

### **3.5.1.5. Cálculos da eficiência, vida útil dos conjuntos de proteção usados em duas condições de trabalho no campo e lavadas em laboratório**

#### **3.5.1.5.1. Cálculo da eficiência dos conjuntos de proteção individual**

A eficiência (Efic) dos dois conjuntos de vestimentas de proteção individual com os respectivos números de lavagens de acordo com TÁCIO et al. (2008) foi calculada com a seguinte fórmula:

$$\text{Efic} = \frac{(\text{EDP} - \text{EDNC})}{\text{EDP}} \times 100 (\%)$$

onde: EDP = Exposição dérmica potencial avaliada.

EDNC = Exposição dérmica não controlada pelos conjuntos de vestimentas de proteção individual.

#### **3.5.1.5.2. Proposta para classificação dos conjuntos de proteção individual com base na eficiência e na porcentagem de penetração para determinação da vida útil**

Para determinar a vida útil dos conjuntos de proteção individual pelo número de usos e/ ou lavagens não existe nenhum valor de referencia na bibliografia consultada nem em normas de referencia ou de procedimento de teste.

Portanto, com base nas classes estabelecidas na norma ISO 16602 (ISO, 2007) para classificação de materiais repelentes, neste trabalho, para classificar e determinar a vida útil dos conjuntos de proteção individual laváveis, de acordo com o valor de eficiência e de penetração, se propõe as seguintes classes:

**Tabela 8.** Classificação quanto à repelência e à penetração dos agrotóxicos nos materiais hidrorrepelentes pela norma 16602 (ISO, 2007) e a classificação proposta pela porcentagem de controle da exposição dérmica proporcionada pelo conjunto de vestimenta, avaliada quantitativamente.

Classes	Classes da norma ISO 16602 para classificar os conjuntos de EPI por meio de teste nos material e costuras		Classes Propostas para classificar os conjuntos de EPI pelo controle da exposição dérmica	
	Penetração	Repelência	Penetração	Repelência
1	< 10%	> 80%	< 10%	> 80%
2	< 5%	> 90%	< 5%	>90%
3	< 1%	> 95%		

Conjuntos de vestimentas de proteção individual com valores de Eficiência < 80%; Penetração > 10% serão reprovados.

### 3.6. Análise dos dados

#### 3.6.1. Dados de repelência, retenção e penetração dos materiais e costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado

Os dados de repelência, retenção e penetração dos materiais ou costuras dos materiais hidrorrepelentes dos conjuntos Bege Cru e Camuflado, avaliados de acordo com a ISO 22608 (ISO, 2004) foram analisados estatisticamente em relação a 0, 5, 10, 20 30 usos e/ou lavagens em condições de campo e laboratório pelo teste ANOVA.

O teste ANOVA foi realizado com 8 repetições para os materiais e 6 repetições para as costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado.

O teste de comparação de médias foi realizado por meio do teste Scott & knott (SCOTT E KNOTT, 1974). As análises de comparação de médias foram realizadas no programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2000).

### **3.6.1.1. Correlação de repelência, retenção e penetração dos materiais e costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado**

O coeficiente de Pearson foi usado para examinar a correlação dos parâmetros físicos químicos das formulações de agrotóxicos, o número de lavagens, procedência de uso dos materiais, partes do corpo do conjunto, para a repelência, retenção e penetração no material e costura do conjunto Bege Cru e Camuflado. Statistica 7.0 (STATSOFT, 2009) foi usado para esta análise.

### **3.6.2. Dados de eficiência dos conjuntos Bege Cru e Camuflado**

Os valores de eficiência para os conjuntos Bege Cru e Camuflado calculados foram analisados estatisticamente por meio do delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3 X 5, sendo 3 tipos de procedências (citros, cana-de-açúcar e laboratório) e 5 usos e/ou lavagens (0, 5, 10, 20 e 30).

A análise de variância foi realizada com o teste F (ANOVA) e Scott & Knott para comparação de médias (SCOTT E KNOTT, 1974), com o programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2000). O teste ANOVA foi realizado com 5 repetições para cada conjunto após cada procedimento de uso e/ou lavagens.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Estudos com os materiais e costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado.**

#### **4.1.1. Penetração da calda padrão nos materiais e nas costuras e classificação dos conjuntos pelo critério da norma ISO 27065.**

#### **4.1.2. Materiais e costuras sem em uso e lavagem.**

Os valores de penetração da calda padrão, com 5% de glifosato da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, nos materiais e costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado estão apresentados na Tabela 9. A penetração da calda com glifosato foi significativamente maior no material e na costura do conjunto Camuflado que no conjunto Bege Cru, ambos sem uso e lavagem. A presença de fibra sintética no material do conjunto Camuflado aumenta a penetração da calda e, principalmente, na costura.

Estas diferenças significativas provavelmente são devidas a características diferenciais dos materiais, como: gramatura, compactação, fator de cobertura entre os fios (LEE & OBENDORF, 2005). A maior penetração da calda no material Camuflado também pode ser devida à gramatura de 1,7 vezes menor que a do material Bege Cru.

As diferenças entre as características físicas e químicas das fibras dos materiais também podem explicar a menor penetração da calda no material Bege Cru. Diferentes interações intermoleculares que ocorrem; como dipolo-dipolo, dipolo-induzido, forças de van der Waals e ligações de hidrogênio entre as moléculas da calda, principalmente as de água, com as dos materiais: algodão ou poliéster. As moléculas das fibras de algodão têm maior número de átomos que as moléculas de poliéster. Esta diferença pode dificultar a penetração da calda e o transporte por capilaridade no material Bege Cru, de acordo com a explicação de RAHEEL & DAI (2000). LEE & OBENDORF (2005) constataram maiores penetrações da calda com de atrazina (formulação granulada) e

pendimentalim (formulação concentrado emulsionável) em materiais com fibra sintética de poliéster em relação a materiais de fibras de algodão.

As penetrações da calda no material e na costura do conjunto Bege Cru atendem ao critério de classificação do conjunto de vestimentas individual contra agrotóxicos no nível 2 (penetração < 5%) estabelecido na norma ISO 27065 (ISO, 2011). A penetração da calda no material do conjunto Camuflado também atende a este critério de classificação, mas a costura não; o que o desclassifica para a confecção de conjuntos de vestimentas de proteção contra agrotóxicos de nível 2.

**Tabela 9.** Porcentagem de penetração da calda com 5% de glifosato da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> no material Bege Cru e Camuflado, sem uso e sem lavagem.

Procedência	Material		Teste F
	Bege Cru	Camuflado	
Laboratório	2.76 B <sup>1</sup>	3.53 A	62.87*
Citros	2.69 B	4.00 A	72.99*
Cana-de-acúcar	3.02 B	4.58 A	59.43*
	Costura		
Laboratório	1.83 B	<b>76.11 A</b>	2.631.67**
Citros	2.39 B	<b>75.86 A</b>	2.825.30**
Cana-de-acúcar	1.83 B	<b>77.91 A</b>	2.881.74**

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesma letra maiúscula, comparada na linha para procedência de uso, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p=0,05). Em negrito as porcentagens de penetrações acima de 5%.

\*\* Significativo pelo teste F (p < 0,05 e 0,01, respectivamente).

A porcentagem de penetração da calda no material do conjunto Bege Cru sem uso e lavagem foi em torno de 3% e na costura, 2%, e no material do Camuflado variou entre 3,5% e 4,6% e na costura, entre 76% e 78%.

#### 4.1.3. Materiais e costuras após os usos dos conjuntos em condições de campo e lavagens.

Na Tabela 10 verifica-se que a penetração da calda padrão é significativamente maior nos materiais e nas costuras dos dois conjuntos usados e lavados nas condições de trabalho na cultura de cana-de-açúcar, seguida pela atividade na cultura de citros. O

aumento na penetração da calda padrão foi menor nos conjuntos apenas lavados em condições de laboratório. Portanto, as condições de uso e lavagens no campo causam desgastes e reduz a proteção dos materiais e costura dos conjuntos, e com maior intensidade no material e costura do Camuflado.

**Tabela 10.** Porcentagem de penetração da calda com 5% de glifosato da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, nos materiais e costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado usados e lavados e apenas lavados em condições de laboratório.

N. usos e lavagens	Procedência	Material			Costura		
		Bege Cru	Camuflado	Teste F	Bege Cru	Camuflado	Teste F
0	Laboratório	2,76 A a	3,53 A a	62,87*	1,83 B a	<b>76,11</b> A a	1.057,90*
	Citros	2,69 B a	4,00 A a	72,99*	2,21 B a	<b>75,86</b> A a	1.141,63*
	Cana-de-açúcar	3,02 B a	4,58 A a	59,43*	2,99 B a	<b>77,91</b> A a	1.158,93*
	Teste F	2,58 <sup>NS</sup>	1,31 <sup>NS</sup>		0,14 <sup>NS</sup>	2,19 <sup>NS</sup>	
5	Laboratório	2,91 A b	3,96 A b	0,28 <sup>NS</sup>	<b>34,09</b> B b	<b>77,40</b> A b	375,05*
	Citros	3,02 B b	<b>9,18</b> A a	21,33*	<b>40,16</b> B a	<b>78,70</b> A b	377,07*
	Cana-de-açúcar	<b>9,28</b> A a	<b>10,22</b> A a	0,00 <sup>NS</sup>	<b>42,68</b> B a	<b>83,60</b> A a	259,39*
	Teste F	9,76 *	7,03 *		69,32*	4,86*	
10	Laboratório	3,16 A b	<b>5,24</b> A b	0,46 <sup>NS</sup>	<b>42,46</b> B b	<b>74,79</b> A b	71,43*
	Citros	4,02 A b	<b>8,41</b> A b	0,00 <sup>NS</sup>	<b>51,91</b> B b	<b>82,53</b> A a	187,37*
	Cana-de-açúcar	<b>8,41</b> B a	<b>14,77</b> A a	41,70 *	<b>57,25</b> B a	<b>80,51</b> A a	229,34*
	Teste F	4,89 *	14,57*		22,45*	6,43*	
20	Laboratório	3,66 B b	<b>11,30</b> A c	18,00*	<b>41,92</b> B b	<b>66,91</b> A b	31,36*
	Citros	4,18 B b	<b>61,19</b> A b	1.004,86**	<b>54,37</b> B a	<b>71,24</b> A b	36,84*
	Cana-de-açúcar	<b>8,15</b> B a	<b>85,53</b> A a	1.230,23 <sup>NS</sup>	<b>57,67</b> B a	<b>79,62</b> A a	284,12*
	Teste F	72,66*	885,44*		27,60*	16,71*	
30	Laboratório	2,86 B b	<b>15,59</b> A c	50,02*	<b>50,69</b> B b	<b>81,66</b> A b	9,54*
	Citros	4,52 B b	<b>76,32</b> A b	1.593,45**	<b>74,75</b> B a	<b>81,55</b> A b	18,29*
	Cana-de-açúcar	<b>72,32</b> B a	<b>85,28</b> A a	56,78 <sup>NS</sup>	<b>71,99</b> B a	<b>87,55</b> A a	272,96*
	Teste F	972,26*	888,81*		7,80 *	4,27*	

<sup>†</sup>Médias seguidas por mesma letra maiúscula, comparada na linha para material ou costura dos conjuntos Bege Cru e Camuflado, letra minúscula, comparada na coluna para a procedência de usos, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p=0,05$ ). Em negrito as porcentagens de penetrações acima de 5%.

\*, \*\*, <sup>NS</sup> Significativo pelo teste F ( $p < 0,05$  e  $0,01$ , respectivamente) e não significativo.

Os usos e lavagens nas condições de campo aumentaram significativamente a penetração da calda nos materiais e nas costuras e de forma proporcional; quanto maior o número, maior a penetração e mais intensamente no conjunto Camuflado. Com apenas lavagens em condições de laboratório o aumento da penetração da calda é

menos intenso, tanto nos materiais como nas costuras. Portanto, quanto maior o número de usos e lavagens e quanto mais agressiva a condição de trabalho maior é a perda de proteção dos conjuntos. As aplicações na cultura de cana-de-açúcar são mais agressivas para os conjuntos; são expostos ao caminhar do trabalhador nas entrelinhas da cultura com pulverizador nas costas e ao contato direto com as folhas das plantas de daninhas e da cultura. Esta exposição não acontece na atividade de tratorista fazendo aplicação de agrotóxicos na cultura de citros.

Os efeitos na penetração da calda padrão refletem diretamente na classificação dos conjuntos pelo critério da norma ISO 27065 (ISO, 2011). Na Tabela 10 verifica-se aumentos na penetração da calda no material e na costura maiores que 5% nas avaliações de 5, 10 e 20 e 30 usos e as lavagens do conjunto Bege Cru apenas na cultura de cana-de-açúcar, o que desclassifica o material e a costura para confecção de conjuntos de vestimentas de proteção contra agrotóxicos de nível 2, pelo critério da norma ISO 27065.

A penetração da calda no material do conjunto Bege Cru lavado em laboratório e usado em citros atende ao critério desta norma, mas a costura não, o que o desclassifica para a confecção de conjuntos de vestimentas de proteção contra agrotóxicos de nível 2 após 5 usos e lavagens, pelo critério da norma ISO 27065.

O material Camuflado sem uso e lavagem atende a classificação da norma ISO 27065. Porém, após 5 usos e lavagens, a penetração da calda foi maior que 5% no material e a costura, o que os desclassificam para a confecção de conjunto de proteção contra agrotóxicos pelo critério desta norma.

Em tecidos de poliéster, com tratamento de fluorcarbono, foi constatada alta resistência à penetração de água, devido ao alto ângulo de contato da superfície do tecido com gotas de água. Entretanto, a lavagem desses tecidos diminuiu a resistência à água, devido à reação de hidrólise dos componentes hidrofílicos do fluorcarbono no processo de lavagem (SHYR, et al. 2011).

Pela penetração da calda padrão na costura do conjunto Bege Cru o classifica no nível 2, de acordo com a ISO 27065 (ISO, 2011), somente na condição de sem uso e

lavagem, e a costura do conjunto Camuflado não classifica o conjunto, pois a penetração foi maior que 5%.

Após cinco, 10, 20 e 30 usos e lavagens dos conjuntos Bege Cru e Camuflado pelos trabalhadores em aplicações de herbicida em jato dirigido às plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar ocorreram aumentos significativos na penetração da calda padrão nos respectivos materiais, em relação aos mesmos lavados em laboratório e usado pelos tratoristas em aplicações de agrotóxicos na cultura do citros.

No conjunto Bege Cru, com 30 usos e lavagens nas condições da cultura de cana-de-açúcar, a variação no aumento da penetração da calda padrão no material e costura foi de 3% a 72%. Porém, esta variação foi menor para o material e a costura do conjunto lavado e usado na cultura de citros e, maior ainda quando apenas lavado em laboratório.

No conjunto Camuflado, a penetração da calda no material do conjunto Camuflado aumentou de 4,6% para 85%, ao longo de 30 usos e lavagens na cultura de cana-de-açúcar. A penetração do herbicida na costura do conjunto Camuflado usado na cultura da cana-de-açúcar aumentou de 78 a 88% ao longo dos 30 usos e lavagens.

GORE et al, (2006) verificaram que em diferentes tipos de tecidos submetidos a 12 lavagens, de acordo com a ISO 6330, as propriedades físicas do material foram significativamente modificadas, como gramatura, espessura do tecido e direção das fibras. Ao longo do ciclo de lavagens as propriedades físicas podem variar aumentando ou diminuindo de acordo com a alongação, ou desfibrilamento, e rompimento das fibras.

#### **4.1.4. Repelência e Retenção da calda padrão nos materiais e nas costuras e classificação dos conjuntos pelo critério da norma ISO 16602.**

##### **4.1.4.1. Material e costura do conjunto Bege Cru**

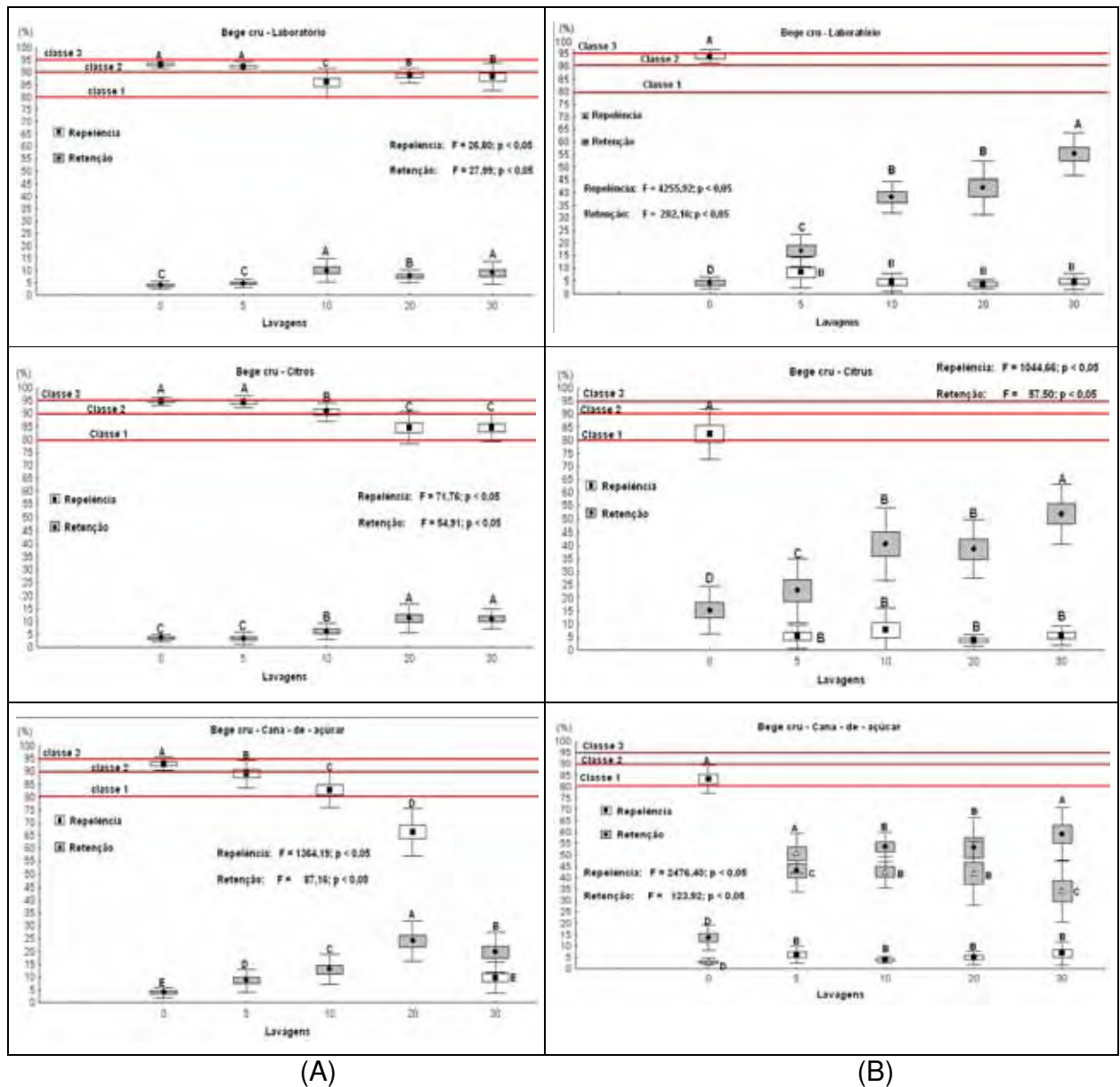
As porcentagens médias de retenção e repelência da calda padrão no material e costura do conjunto Bege Cru sem lavagem e com 5, 10, 20 e 30 usos e lavagens em condições de campo (citros e cana-de-açúcar) e lavados em condições de laboratório estão apresentadas na Figura 14.

Pela porcentagem de repelência no material e pelo critério da norma ISO 16602 (ISO, 2007), o conjunto Bege Cru classifica-se na classe 2 (repelência > 90%) sem e com 5 usos e lavagens. Devido à redução da repelência do material, o conjunto classifica-se na classe 1 (repelência > 80%) com 10, 20 e 30 lavagens apenas em condições de laboratório e usado em cultura de citros e na cultura de cana-de-açúcar, com 10 usos e lavagens.

A repelência da calda padrão no material do conjunto Bege Cru ao longo das lavagens em laboratório variou entre 93% e 86%. A repelência dos materiais foi reduzida de 95%, sem uso e lavagem, para 85%, com 30 usos e lavagens no material usado na cultura do citros. Estas reduções na repelência do conjunto lavado em laboratório foram similares ao material usado na cultura de citros.

O uso do material do conjunto Bege Cru pelo aplicador de herbicida na cultura de cana-de-açúcar reduziu significativamente a repelência do material à calda padrão, que foi de 93% sem uso e lavagem para 10% com 30 usos e lavagens.

A porcentagem de retenção da calda padrão no material do conjunto Bege Cru lavado em laboratório variou de 4% a 10%; para o conjunto usado na cultura do citros, de 4% a 11%; e para o conjunto usado na cultura da cana-de-açúcar, de 4% a 24%. Portanto, o uso do conjunto aumenta a retenção da calda no material, principalmente na cultura de cana-de-açúcar.



**Figura 14.** Porcentagem de retenção e repelência da calda com 5% de glifosato da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Bege Cru sem e com 5, 10, 20 e 30 usos e lavagens.

Pela repelência da calda padrão na costura do conjunto Bege Cru, sem uso e lavagem, que depois foram usados no campo e apenas lavado em laboratório, classifica o conjunto Bege Cru na classe 2 (repelência > 90%) da norma ISO 16602 (ISO, 2007).

A repelência da calda padrão na costura do conjunto Bege Cru lavada em laboratório foi reduzida de 94% para 5% com 0 e 30 lavagens; de 83% para 4% usado e lavado na cultura de citros; e de 83% a 4% usado e lavado na cultura de cana-de-açúcar. Portanto, a perda da repelência e o aumento da penetração da calda padrão na costura aumentam com o número de usos e lavagens do conjunto Bege Cru.

A repelência do material foi maior que a da costura do conjunto Bege Cru. Ao contrário, a penetração foi maior na costura do que no material. Estes efeitos são devidos ao furo da agulha, que aumenta a porosidade da costura, em relação à do material.

#### **4.1.4.2. Material e costura do conjunto Camuflado**

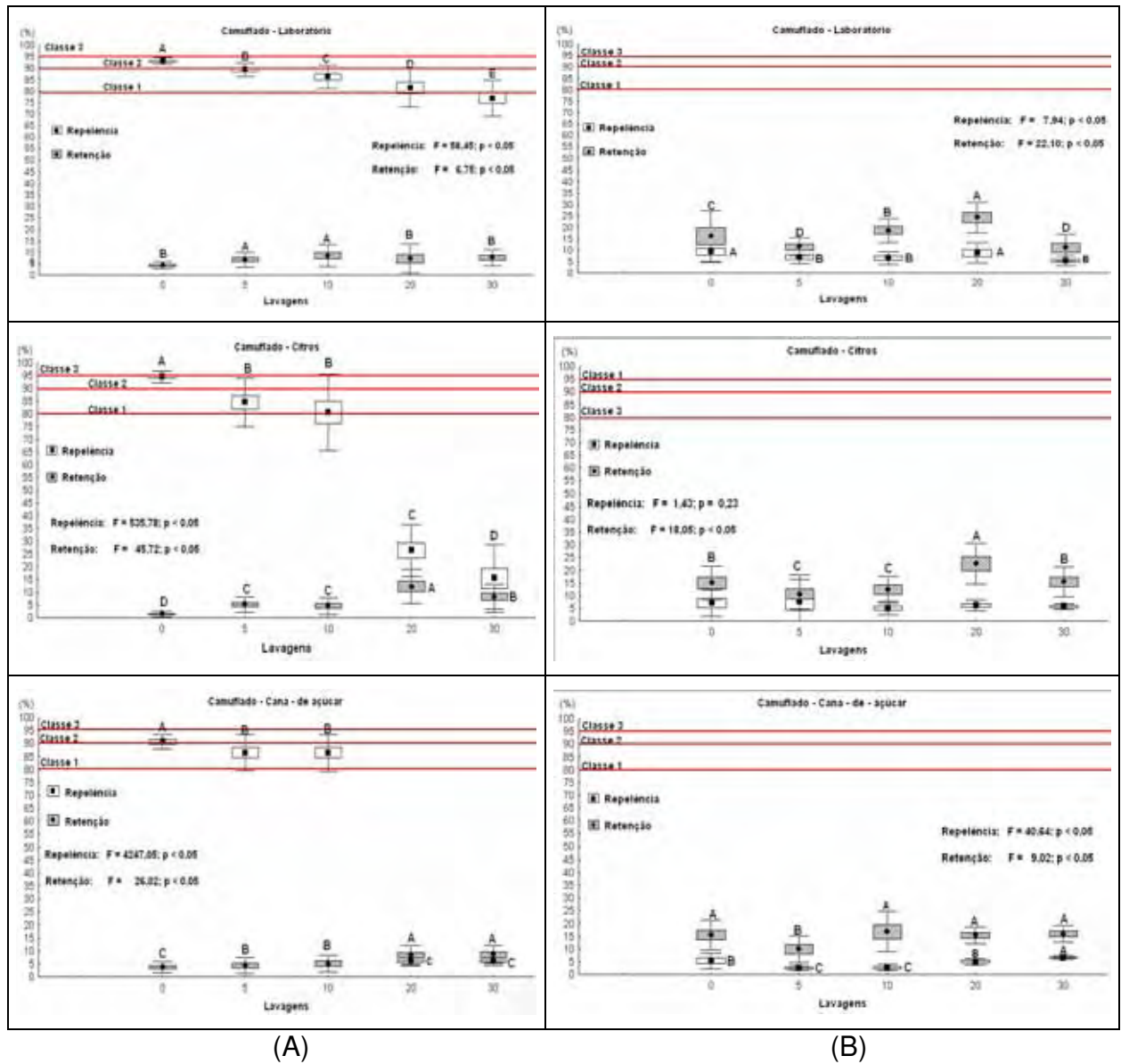
A retenção e a repelência da calda padrão no material e na costura do conjunto hidrorrepelente Camuflado sem e com 5, 10, 20 e 30 usos e lavagens em condições de campo (citros e cana-de-açúcar) e apenas lavado em laboratório estão apresentadas na Figura 15. Pela repelência do material e o critério de repelência, pela norma ISO 16602 (ISO, 2007) o conjunto Camuflado classifica-se na classe 2 sem uso e lavagem; na classe 1 após 5, 10 e 20 lavagens em laboratório, e após 5 e 10 usos e lavagens em condições de campo.

A porcentagem de repelência da calda padrão no material Camuflado lavado em laboratório foi reduzida significativamente de 93 a 77% após 30 lavagens. Porém, a maior redução da repelência da calda padrão no material usado em condições de campo foi de 95% a 6% ao longo dos 30 usos e lavagens.

A porcentagem de retenção da calda padrão no material Camuflado lavado em laboratório aumentou de 4,28% para 8,52%; após os 30 usos e lavagens na cultura de citros, de 1,38% a 12,36%, e na cultura de cana-de-açúcar, de 4% a 9%.

A porcentagem de repelência da calda padrão na costura do conjunto Camuflado lavado em laboratório variou de 9% a 5% ao longo dos ciclos de lavagens; para os conjuntos usados e lavados na cultura de citros variou de 5% a 8%, e na cultura de cana-de-açúcar, de 2% a 7%. Com estes valores de repelência na costura, o conjunto

Camuflado não atende a classificação pela repelência da calda padrão, de acordo com o critério da norma ISO 16602 (ISO, 2007), devido à repelência inferior a 80%.



**Figura 15.** Porcentagem de retenção e repelência da calda com 5% de glifosato da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Camuflado pelo teste ISO 22608.

A porcentagem de retenção da calda padrão na costura do conjunto Camuflado lavado em laboratório variou de 11% a 24% ao longo do ciclo de lavagens em condição de uso em citros variou de 5% a 8%, e para a costura do conjunto em cana-de-açúcar variou de 10% a 17%. Apesar da variação da porcentagem de retenção da calda de agrotóxico na costura ao longo dos ciclos de lavagens seus valores foram similares para as três procedências estudadas.

#### **4.1.5. Penetração das caldas e das formulações Roundup Original SAq<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup>, Supera SC<sup>®</sup> nos materiais e hidrorrepelentes e das costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado**

##### **4.1.5.1. Material do conjunto Bege Cru**

As porcentagens médias de penetração das formulações e caldas de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup>, Supera SC<sup>®</sup>, no material do conjunto hidrorrepelente Bege Cru sem lavagem e com 5, 10, 20 e 30 usos e/ou lavagens em campo (citros e cana-de-açúcar) e lavados em laboratório estão apresentadas na Tabela 11.

Em 0 uso ou lavagem, o material Bege Cru foi classificado como nível 2, de acordo com a norma ISO 27065 (ISO, 2011), pois a penetração das formulações estudadas foram menores que 5%.

Com cinco usos e lavagens ou somente lavagens, a penetração das formulações dos agrotóxicos no material Bege Cru classifica o conjunto de proteção no nível 2, de acordo com a norma ISO 27065 (ISO, 2011), com as caldas de Nufos CE<sup>®</sup>, exceto para o material lavado em laboratório avaliado, e Supera SC<sup>®</sup>. Pela penetração da calda de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, o material do conjunto Bege Cru usado na cultura de cana-de-açúcar também atende a este critério de a classificação apenas com 5 usos e lavagens.

Pela penetração da formulação de Nufos CE<sup>®</sup>, o material classifica o conjunto Bege Cru usado nas condições de campo no nível 2 com até 10 usos e lavagens.

O material Bege Cru foi classificado em nível 2, de acordo com a norma ISO 27065 (ISO, 27065) ao longo de 30 usos e/ou lavagens, para as formulações de Roundup Original SAq<sup>®</sup> e Supera SC<sup>®</sup>.

**Tabela 11.** Porcentagem de penetração das caldas e das formulações de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup>, Supera SC<sup>®</sup>, no material do conjunto Bege Cru.

N. usos e lavagens	Procedência	Formulações						Teste F
		Roundup Original SAq <sup>®</sup>		Nufos CE <sup>®</sup>		Supera SC <sup>®</sup>		
		Calda	Formulação	Calda	Formulação	Calda	Formulação	
0	Laboratório	2,76 A a <sup>1</sup>	1,13 A a	4,25 A a	0,86 A a	2,36 A a	1,46 A a	0,58 <sup>NS</sup>
	Citros	1,69 A a	1,45 A a	3,27 A a	0,99 A a	3,65 A a	2,56 A a	0,54 <sup>NS</sup>
	Cana-de-açúcar	3,02 A a	1,57 A a	4,58 A a	0,62 A a	2,98 A a	1,90 A a	1,38 <sup>NS</sup>
	Teste F	2,58 <sup>NS</sup>	0,04 <sup>NS</sup>	1,21 <sup>NS</sup>	0,76 <sup>NS</sup>	0,98 <sup>NS</sup>	1,13 <sup>NS</sup>	
5	Laboratório	1,91 B b	1,29 B a	<b>7,47</b> A b	1,63 B b	2,55 B c	2,63 B a	2,36*
	Citros	3,02 B b	1,47 B a	<b>5,53</b> B b	1,52 B b	<b>83,68</b> A b	2,45 B a	517,18*
	Cana-de-açúcar	<b>9,28</b> B a	2,23 C a	<b>11,09</b> B a	3,91 C a	<b>74,63</b> A a	1,26 C a	395,45*
	Teste F	9,76 *	0,95 <sup>NS</sup>	56,76*	13,45*	324,56*	3,43 <sup>NS</sup>	
10	Laboratório	3,16 B b	1,15 B a	<b>7,95</b> A b	1,76 B	<b>6,08</b> A b	3,92 B a	3,08*
	Citros	4,02 B b	1,91 D a	<b>6,66</b> C b	<b>21,91</b> B	<b>80,80</b> A a	1,89 D a	453,30**
	Cana-de-açúcar	<b>8,41</b> D a	2,24 D a	<b>72,44</b> B a	<b>63,68</b> C	<b>77,65</b> A a	2,28 D a	669,06**
	Teste F	4,89*	3,22 <sup>NS</sup>	676,34*	543,12*	921,76*	2,56 <sup>NS</sup>	
20	Laboratório	3,66 B b	1,27 B a	<b>11,06</b> B c	1,87 B	<b>8,19</b> A	2,58 B a	7,42*
	Citros	4,18 B b	1,31 B a	<b>64,11</b> A b	<b>78,39</b> A	<b>77,87</b> A	2,11 B a	1.134,28**
	Cana-de-açúcar	<b>8,15</b> A a	3,01 E a	<b>74,31</b> C a	<b>83,97</b> A	<b>74,79</b> B	2,50 E a	1.321,99**
	Teste F	72,66*	2,76 <sup>NS</sup>	1.234,56*	1.456,78*	1.234,56*	4,56 <sup>NS</sup>	
30	Laboratório	2,86 C b	2,35 C a	<b>11,01</b> B b	2,45 C b	<b>67,76</b> A	2,84 C	322,68*
	Citros	4,52 C b	2,51 B a	<b>76,34</b> A a	<b>81,51</b> A a	<b>78,81</b> A	2,93 B	1.220,27**
	Cana-de-açúcar	<b>72,32</b> A a	4,15 C a	<b>69,65</b> B a	<b>88,17</b> A a	<b>68,98</b> B	2,83 C	1.664,33**
	Teste F	972,26*	3,09 <sup>NS</sup>	1.232,09**	1.042,05**	867,43**	5,98 <sup>NS</sup>	

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesma letra maiúscula, comparada na linha para as formulações, letra minúscula, comparada na coluna para a procedência de usos, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p=0,05$ ). Em negrito as porcentagens de penetrações acima de 5%.

\*,<sup>NS</sup> Significativo pelo teste F ( $p < 0,05$  e  $0,01$ , respectivamente) e não significativo.

Os maiores valores de penetração no material do conjunto estão relacionados aos menores valores de tensão e viscosidade das formulações estudadas. Estas relações também foram discutidas por SHAW & ABBI, (2004), por meio de avaliações em tecidos de algodão e tecidos de algodão com fibras sintéticas.

Os maiores valores de penetração da calda padrão da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> no material do conjunto Bege Cru usado na cultura da cana-de-açúcar devem se ao desgaste mais agressivo do conjunto, devido ao caminhamento e o atrito das folhas das plantas.

Em 30 usos e lavagens, a penetração das formulações e caldas de Nufos CE<sup>®</sup>, Supera SC<sup>®</sup> e Roundup Original SAq<sup>®</sup> no material Bege Cru, foram de 70 a 88%, o que desclassifica o para a confecção de conjuntos de vestimentas de proteção contra agrotóxicos de nível 2.

A penetração de materiais compostos de 100% algodão (277 g m<sup>-2</sup>) sem nenhuma lavagem, expostos a calda com 0,23% de atrazina pelo teste da pipeta foi igual a 0% (SHAW et al. 2001).

As porcentagens de penetrações 5% i.a de atrazina na formulação suspensão concentrada pelo procedimento da ISO 22608:2002 nos tecidos de 100% algodão de três diferentes estruturas com 126, 211, 268 g m<sup>2</sup> foram 58,4%, 32,5% e 2% respectivamente (SHAW & ABBI, 2004).

#### **4.1.5.2. Costura do Conjunto Bege Cru**

As porcentagens médias de penetração das formulações e caldas de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup>, Supera SC<sup>®</sup> na costura do conjunto hidrorrepelente Bege Cru sem lavagem e com 5, 10, 20 e 30 usos e/ou lavagens em campo (citros e cana-de-açúcar) e lavados em laboratório estão apresentadas na Tabela 12.

A costura do conjunto Bege Cru foi classificada como nível 2, de acordo com a norma ISO 27065 (ISO, 2011), pois a penetrações das formulações e caldas de Roundup Original SAq<sup>®</sup> e formulação de Supera SC<sup>®</sup> foram menores que 5%, nas

avaliações em 0 uso ou lavagem. Esta classificação se mantém para a costura do conjunto, ao longo de 30 usos e lavagens para a formulação de Roundup Original® e Supera SC®.

**Tabela 12.** Porcentagem de penetração das formulações e caldas de Roundup Original SAq®, Nufos CE®, Supera SC®, na costura do conjunto Bege Cru.

N. usos e lavagens	Procedência	Formulações						Teste F
		Roundup Original SAq®		Nufos CE®		Supera SC®		
		Calda	Formulação	Calda	Formulação	Calda	Formulação	
0	Laboratório	1,83 B a <sup>1</sup>	0,34 B a	<b>6,03</b> A b	<b>5,23</b> B c	<b>6,34</b> A a	0,45 B a	18,98*
	Citros	2,21 C a	0,45 C a	<b>11,23</b> A a	<b>6,23</b> B b	<b>6,78</b> B a	0,34 C a	23,45*
	Cana-de-açúcar	2,99 C a	0,65 C a	<b>12,56</b> A a	<b>11,76</b> A a	<b>7,46</b> B a	0,56 C a	35,69*
	Teste F	0,14 <sup>NS</sup>	0,64 <sup>NS</sup>	8,78*	23,45*	0,68 <sup>NS</sup>	1,79 <sup>NS</sup>	
5	Laboratório	<b>34,09</b> B b	1,86 D a	<b>39,86</b> A b	<b>10,11</b> C c	<b>42,32</b> A a	1,12 D a	113,34*
	Citros	<b>40,16</b> B a	1,23 D a	<b>55,87</b> A a	<b>15,67</b> C b	<b>43,23</b> B a	1,56 D a	432,67*
	Cana-de-açúcar	<b>42,68</b> B a	2,45 D a	<b>56,78</b> A a	<b>26,43</b> C a	<b>42,12</b> B a	2,05 D a	543,08*
	Teste F	69,32*	4,56 <sup>NS</sup>	68,78*	11,09*	4,05 <sup>NS</sup>	1,28 <sup>NS</sup>	
10	Laboratório	<b>42,46</b> B b	1,54 D b	<b>53,12</b> A a	<b>13,24</b> C c	<b>44,32</b> B a	1,45 D a	654,32**
	Citros	<b>51,91</b> A b	2,34 C a	<b>52,31</b> A a	<b>22,45</b> C b	<b>42,43</b> B a	2,34 C a	543,12**
	Cana-de-açúcar	<b>57,25</b> A a	3,54 C a	<b>50,12</b> A a	<b>32,67</b> C a	<b>45,67</b> B a	2,76 C a	734,23**
	Teste F	22,45*	17,01*	0,76 <sup>NS</sup>	28,13*	2,09 <sup>NS</sup>	2,06 <sup>NS</sup>	
20	Laboratório	<b>41,92</b> A b	2,54 C b	<b>47,21</b> A a	<b>12,56</b> B c	<b>47,87</b> A a	2,34 C a	643,22*
	Citros	<b>54,37</b> A a	4,53 C a	<b>51,20</b> A a	<b>28,45</b> B b	<b>48,79</b> A a	3,12 C a	601,23*
	Cana-de-açúcar	<b>57,67</b> A a	4,23 C a	<b>52,14</b> A a	<b>36,45</b> B a	<b>50,65</b> A a	3,54 C a	674,53**
	Teste F	27,60*	9,09*	2,12 <sup>NS</sup>	67,89*	1,65 <sup>NS</sup>	1,89 <sup>NS</sup>	
30	Laboratório	<b>50,69</b> A b	3,24 C a	<b>54,45</b> A a	<b>15,67</b> B b	<b>49,51</b> A a	2,67 C a	456,32**
	Citros	<b>74,75</b> A a	4,87 C a	<b>57,32</b> B a	<b>34,67</b> C a	<b>53,23</b> B a	3,45 C a	502,34**
	Cana-de-açúcar	<b>71,99</b> A a	4,32 C a	<b>58,92</b> B a	<b>38,54</b> C a	<b>52,56</b> B a	3,64 C a	467,31**
	Teste F	7,80*	13,06 <sup>NS</sup>	4,56 <sup>NS</sup>	51,23*	1,12 <sup>NS</sup>	3,65 <sup>NS</sup>	

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesma letra maiúscula, comparada na linha para as formulações, letra minúscula, comparada na coluna para a procedência de usos, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p=0,05). Em negrito as porcentagens de penetrações acima de 5%.

\*, \*\*, NS Significativo pelo teste F (p < 0,05 e 0,01, respectivamente) e não significativo.

As maiores penetrações na costura do conjunto Bege Cru foram para as caldas da formulação de Nufos CE<sup>®</sup>, Supera SC<sup>®</sup>, Roundup Original SAq<sup>®</sup> e formulação de Nufos CE<sup>®</sup>, respectivamente em 0 até 20 usos e/ou lavagens. Em 30 usos e/ou lavagens, a penetração das caldas na costura do conjunto foi maior em relação as formulações.

O aumento da penetração da calda padrão da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> na costura do conjunto Bege Cru usado na cana-de-açúcar foi de 3 a 72%.

O efeito do uso no campo do conjunto Bege Cru para a penetração da formulação de Supera SC<sup>®</sup> não foi significativo, ao longo de 30 usos e/ou lavagens. Estes resultados também são observados para a calda de Nufos CE<sup>®</sup> a partir de 10 usos e/ou lavagens. Este fato provavelmente ocorre devido ao tipo da costura que influencia a penetração.

A alta viscosidade das formulações de Roundup Original SAq<sup>®</sup> e Supera SC<sup>®</sup> dificultaram a penetração na costura do conjunto Camuflado. Porém as formulações com baixa viscosidade e tensão facilitaram a penetração na costura do conjunto.

#### **4.1.5.3. Material Camuflado**

As porcentagens médias de penetração das caldas e formulações de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup>, Supera SC<sup>®</sup>, no material do conjunto hidrorrepelente Camuflado sem lavagem e com 5, 10, 20 e 30 usos e/ou lavagens em campo (citros e cana-de-açúcar) e lavados em laboratório estão apresentadas na Tabela 13.

Em 0 uso ou lavagem, o material Camuflado foi classificado como nível 2, de acordo com a norma ISO 27065 (ISO, 2011), pois a penetração das formulações estudadas foram menores que 5%, exceto para a calda de Nufos CE<sup>®</sup>.

A alta viscosidade de 586 cP da formulação de Supera SC<sup>®</sup>, reduz a penetração desse agrotóxico, classificando o material Camuflado em nível 2, de acordo com a norma da ISO 27065 (ISO, 2011), ao longo de 30 usos e lavagens.

**Tabela 13.** Porcentagem de penetração das formulações e caldas de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup>, Supera SC<sup>®</sup>, no material do conjunto Camuflado.

N. Usos e lavagens	Procedência	Formulações						Teste F
		Roundup Original <sup>®</sup>		Nufos CE <sup>®</sup>		Supera SC <sup>®</sup>		
		Calda	Formulação	Calda	Formulação	Calda	Formulação	
0	Laboratório	3,53 B a <sup>1</sup>	1,16 C a	<b>6,56</b> A a	1,27 C a	3,74 B a	1,59 C a	9,08 <sup>NS</sup>
	Citros	4,00 B a	0,84 C a	<b>8,67</b> A a	1,15 C a	3,31 B a	2,14 C a	24,77 <sup>NS</sup>
	Cana-de-açúcar	4,58 B a	1,36 D a	<b>7,80</b> A a	0,92 D a	3,76 C a	1,55 D a	15,98 <sup>NS</sup>
	Teste F	3,19 <sup>NS</sup>	4,54 <sup>NS</sup>	14,67 <sup>NS</sup>	8,98 <sup>NS</sup>	5,65 <sup>NS</sup>	5,67 <sup>NS</sup>	
5	Laboratório	3,96 C b	1,66 D a	<b>86,84</b> A a	1,52 D b	<b>83,90</b> B a	2,35 C a	3.880,49**
	Citros	<b>9,28</b> C a	2,07 D a	<b>79,17</b> B a	3,01 D b	<b>86,42</b> A a	1,97 D a	3.496,79**
	Cana-de-açúcar	<b>10,22</b> B a	3,12 C a	<b>86,40</b> A a	<b>10,00</b> B a	<b>87,12</b> A a	2,73 C a	3.664,33**
	Teste F	112,34*	4,54 <sup>NS</sup>	3,24 <sup>NS</sup>	56,78*	12,34	4,78 <sup>NS</sup>	
10	Laboratório	<b>5,24</b> B c	1,19 E b	<b>85,52</b> A a	2,60 C c	<b>87,21</b> A a	1,61 C a	3.948,16**
	Citros	<b>8,41</b> D b	2,16 E b	<b>84,65</b> B a	<b>33,83</b> C b	<b>87,70</b> A a	2,88 E a	3.259,03**
	Cana-de-açúcar	<b>14,77</b> C a	<b>9,00</b> C a	<b>85,56</b> A a	<b>71,50</b> B a	<b>86,18</b> A a	2,29 D a	3.585,20*
	Teste F	78,98*	34,55*	12,45 <sup>NS</sup>	67,89*	3,45 <sup>NS</sup>	4,43 <sup>NS</sup>	
20	Laboratório	<b>11,30</b> B b	1,80 D c	<b>85,71</b> A a	2,29 C b	<b>84,95</b> A a	1,34 C a	3.734,46**
	Citros	<b>61,19</b> C a	4,31 D b	<b>84,90</b> A a	<b>77,26</b> B a	<b>83,56</b> A a	2,70 D a	3.167,94**
	Cana-de-açúcar	<b>85,53</b> B a	<b>88,04</b> A a	<b>83,77</b> B a	<b>84,85</b> B a	<b>85,27</b> B a	3,41 C a	2.374,15**
	Teste F	345,76*	322,54*	14,76 <sup>NS</sup>	234,87*	3,56 <sup>NS</sup>	3,78 <sup>NS</sup>	
30	Laboratório	<b>15,59</b> C b	3,38 D c	<b>86,33</b> A a	3,43 D b	<b>82,19</b> A a	2,20 D a	3.483,97**
	Citros	<b>76,32</b> B a	<b>10,83</b> C b	<b>81,41</b> B a	<b>76,94</b> B a	<b>84,99</b> A a	3,50 D a	3.011,13**
	Cana-de-açúcar	<b>85,28</b> A a	<b>87,08</b> A a	<b>82,95</b> B a	<b>83,46</b> B a	<b>84,05</b> B a	3,83 C a	2.297,45**
	Teste F	888,81**	213,98*	7,89 <sup>NS</sup>	312,76*	15,87 <sup>NS</sup>	2,43 <sup>NS</sup>	

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesma letra maiúscula, comparada na linha para as formulações, letra minúscula, comparada na coluna para a procedência de usos, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p=0,05$ ). Em negrito as porcentagens de penetrações acima de 5%

\*, \*\*, NS Significativo pelo teste F ( $p < 0,05$  e  $0,01$ , respectivamente) e não significativo.

A partir de cinco usos e lavagens, a penetração da calda de Supera SC<sup>®</sup> no material Camuflado é superior a 5%. O efeito do uso no campo também facilita a penetração da calda de Roundup Original SAq<sup>®</sup> e da formulação de Nufos CE<sup>®</sup> maior

que 5%, nesta condição. Nesta condição de 5 usos e lavagens, o material Camuflado lavado em laboratório e usado na cultura do citros foi classificado em nível 2 para a formulação de Nufos CE<sup>®</sup>, para calda padrão de Roundup Original<sup>®</sup> somente o material do conjunto lavado em laboratório.

A penetração do material Camuflado sem uso e/ou lavagem não aumentou pelo uso e avaliações das caldas e formulações de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup> e Supera SC<sup>®</sup>, exceto para a calda de Nufos CE<sup>®</sup>.

A penetração das formulações de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, de Nufos CE<sup>®</sup> e da calda de Roundup Original SAq<sup>®</sup> aumentam com o efeito do uso e/ou lavagens do material Camuflado. Principalmente com o uso do material do conjunto Camuflado por aplicadores de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar o aumento foi 4,58 a 85,28%, ao longo dos 30 usos e lavagens, na avaliação com a calda padrão de Roundup Original SAq<sup>®</sup>.

#### **4.1.5.4. Costura do conjunto Camuflado**

As porcentagens médias de penetração das formulações e caldas de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup>, Supera SC<sup>®</sup>, na costura do conjunto hidrorrepelente Camuflado sem lavagem e com 5, 10, 20 e 30 usos e/ou lavagens em campo (citros e cana-de-açúcar) e lavados em laboratório estão apresentadas na Tabela 14.

Pela penetração da formulação de Nufos CE<sup>®</sup> na costura do conjunto Camuflado foi classificada como nível 2, de acordo com a norma ISO 27065 (ISO, 2011), pois a penetração foi menor que 5%, ao longo de 30 usos e/ou lavagens. Esta classificação também é estabelecida para a formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, até 5 usos e/ou lavagens.

O efeito da procedência de uso do conjunto Camuflado não foi significativo para a penetração, para cada lavagem estudada.

As maiores porcentagens de penetração na costura do conjunto Camuflado foram para a calda padrão de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, calda de Nufos CE<sup>®</sup> e Supera SC<sup>®</sup>, respectivamente.

A porcentagem de penetração da costura do conjunto Camuflado, para avaliação da calda padrão de Roundup Original SAq<sup>®</sup> variou de 74 a 83%.

**Tabela 14.** Porcentagem de penetração das formulações e caldas de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup>, Supera SC<sup>®</sup>, na costura do conjunto Camuflado.

N. Usos e lavagens	Procedência	Formulações						Teste F
		Roundup Original SAq <sup>®</sup>		Nufos CE <sup>®</sup>		Supera SC <sup>®</sup>		
		Calda	Formulação	Calda	Formulação	Calda	Formulação	
0	Laboratório	<b>75,67</b> A a <sup>1</sup>	3,45 C a	<b>78,89</b> A a	<b>62,34</b> B a	<b>79,86</b> A a	1,22 C a	499,67**
	Citros	<b>78,01</b> A a	4,07 C a	<b>78,65</b> A a	<b>63,78</b> B a	<b>76,56</b> A a	1,43 C a	672,13**
	Cana-de-açúcar	<b>80,6</b> A a	4,78 D a	<b>77,45</b> A a	<b>57,89</b> C a	<b>72,56</b> B a	1,54 D a	954,67**
	Teste F	2,76 <sup>NS</sup>	0,12 <sup>NS</sup>	4,06 <sup>NS</sup>	1,49 <sup>NS</sup>	2,08 <sup>NS</sup>	0,41 <sup>NS</sup>	
5	Laboratório	<b>79,23</b> A a	4,23 C a	<b>76,56</b> A a	<b>60,32</b> B a	<b>80,56</b> A a	2,06 C a	512,04**
	Citros	<b>74,23</b> A a	4,88 C a	<b>81,34</b> A a	<b>62,78</b> B a	<b>77,89</b> A a	2,43 C a	639,54**
	Cana-de-açúcar	<b>78,87</b> A a	4,91 C a	<b>79,76</b> A a	<b>58,98</b> B a	<b>75,67</b> A a	2,76 C a	731,50**
	Teste F	4,12 <sup>NS</sup>	3,67 <sup>NS</sup>	2,67 <sup>NS</sup>	1,87 <sup>NS</sup>	1,43 <sup>NS</sup>	0,65 <sup>NS</sup>	
10	Laboratório	<b>76,45</b> A a	<b>8,34</b> C a	<b>81,23</b> A a	<b>57,89</b> B a	<b>80,45</b> A a	2,56 C a	723,47**
	Citros	<b>83,76</b> A a	<b>9,78</b> C a	<b>80,32</b> A a	<b>63,78</b> B a	<b>74,76</b> A a	3,04 C a	899,43**
	Cana-de-açúcar	<b>77,97</b> A a	<b>8,96</b> C a	<b>78,97</b> A a	<b>58,98</b> B a	<b>76,89</b> A a	3,76 C a	945,41**
	Teste F	1,34 <sup>NS</sup>	2,34 <sup>NS</sup>	3,09 <sup>NS</sup>	2,07 <sup>NS</sup>	1,91 <sup>NS</sup>	1,04 <sup>NS</sup>	
20	Laboratório	<b>77,12</b> A a	<b>13,45</b> C a	<b>80,03</b> A a	<b>55,78</b> B a	<b>75,76</b> A a	2,87 D a	799,32**
	Citros	<b>71,78</b> A a	<b>14,56</b> C a	<b>79,05</b> A a	<b>62,53</b> B a	<b>78,92</b> A a	3,23 D a	789,33**
	Cana-de-açúcar	<b>78,98</b> A a	<b>13,78</b> C a	<b>77,89</b> A a	<b>58,07</b> B a	<b>71,29</b> A a	3,54 D a	678,29**
	Teste F	3,03 <sup>NS</sup>	2,14 <sup>NS</sup>	1,08 <sup>NS</sup>	9,13 <sup>NS</sup>	2,34 <sup>NS</sup>	0,96 <sup>NS</sup>	
30	Laboratório	<b>83,56</b> A a	<b>22,34</b> C a	<b>79,03</b> A a	<b>59,87</b> B a	<b>71,65</b> A a	3,08 D a	875,26**
	Citros	<b>75,32</b> A a	<b>23,65</b> C a	<b>77,87</b> A a	<b>61,21</b> B a	<b>73,89</b> A a	3,87 D a	967,22**
	Cana-de-açúcar	<b>77,65</b> A a	<b>18,97</b> C a	<b>78,05</b> A a	<b>57,87</b> B a	<b>70,45</b> A a	3,91 D a	859,19**
	Teste F	10,81 <sup>NS</sup>	9,02 <sup>NS</sup>	2,07 <sup>NS</sup>	4,07 <sup>NS</sup>	3,11 <sup>NS</sup>	0,12 <sup>NS</sup>	

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesma letra maiúscula, comparada na linha para as formulações, letra minúscula, comparada na coluna para a procedência de usos, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott. Em negrito as porcentagens de penetrações acima de 5%.

<sup>\*\*</sup>, <sup>NS</sup> Significativo pelo teste F (p < 0,01, respectivamente) e não significativo.

#### 4.1.6. Parâmetros da calda de agrotóxicos e a penetração dos agrotóxicos no material e costura Bege Cru e Camuflado

A correlação de Pearson dos parâmetros da calda de agrotóxicos, lavagens, partes do corpo do conjunto e procedência de uso para as porcentagens de penetração nos materiais e costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado, estão apresentadas na Tabela 15.

**Tabela 15.** Coeficiente de correlação de Pearson para as porcentagens de penetração nos materiais e costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado para os parâmetros da calda de agrotóxicos, lavagens, partes do corpo do conjunto e procedência de uso.

Variáveis	Bege Cru		Camuflado	
	Material	Costura	Material	Costura
Lavagem	<b>0,37</b>	0,27	<b>0,41</b>	0,02
pH	0,05	-0,13	-0,02	-0,28
Tensão	<b>-0,44</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,49</b>	<b>-0,50</b>
Viscosidade	-0,26	<b>-0,47</b>	<b>-0,39</b>	<b>-0,68</b>
Condutividade	<b>-0,41</b>	<b>-0,40</b>	<b>-0,48</b>	<b>-0,62</b>
Formulação	0,27	-0,02	0,09	-0,08
Concentração	-0,28	<b>-0,70</b>	-0,14	<b>-0,82</b>
Procedência	0,31	0,01	0,10	-0,04
Corpo	0,00	0,00	0,00	-0,04

Valores em negrito indicam significância ao nível de 5%.

A correlação do número de lavagens foi positiva para a penetração e retenção das caldas e formulações de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup> e Supera SC<sup>®</sup> no material do conjunto Bege Cru, ou seja, quanto maior o número de lavagens maior a penetração dessas formulações nos materiais dos conjuntos Bege Cru e Camuflado.

Os parâmetros da calda e das formulações dos agrotóxicos (tensão, viscosidade, condutividade) foram negativamente associados com a penetração de agrotóxicos nos materiais e costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado, ou seja, quanto maior forem os valores destas variáveis menor será a penetração.

A condutividade das formulações está associada com cargas iônicas (positiva ou negativa) que estão presentes em agentes surfactantes presentes nas formulações de agrotóxicos, sendo que estas interações de cargas com o tecido de algodão pode aumentar a penetração de líquidos nos tecidos. Tecidos de algodão são carregados levemente com cargas negativas devido aos grupos carboxílicos (STANA-KLEISCHEK et al., 1999).

Em estudos de repelência, retenção e penetração pelo método ISO 22608, foi observado que a penetração de agrotóxicos (tensão de 20-38 dinas/cm, viscosidade de 0,93-20,83 mPa.s) aumenta com o aumento da viscosidade e com a diminuição da tensão superficial (LEE & OBENDORF, 2005).

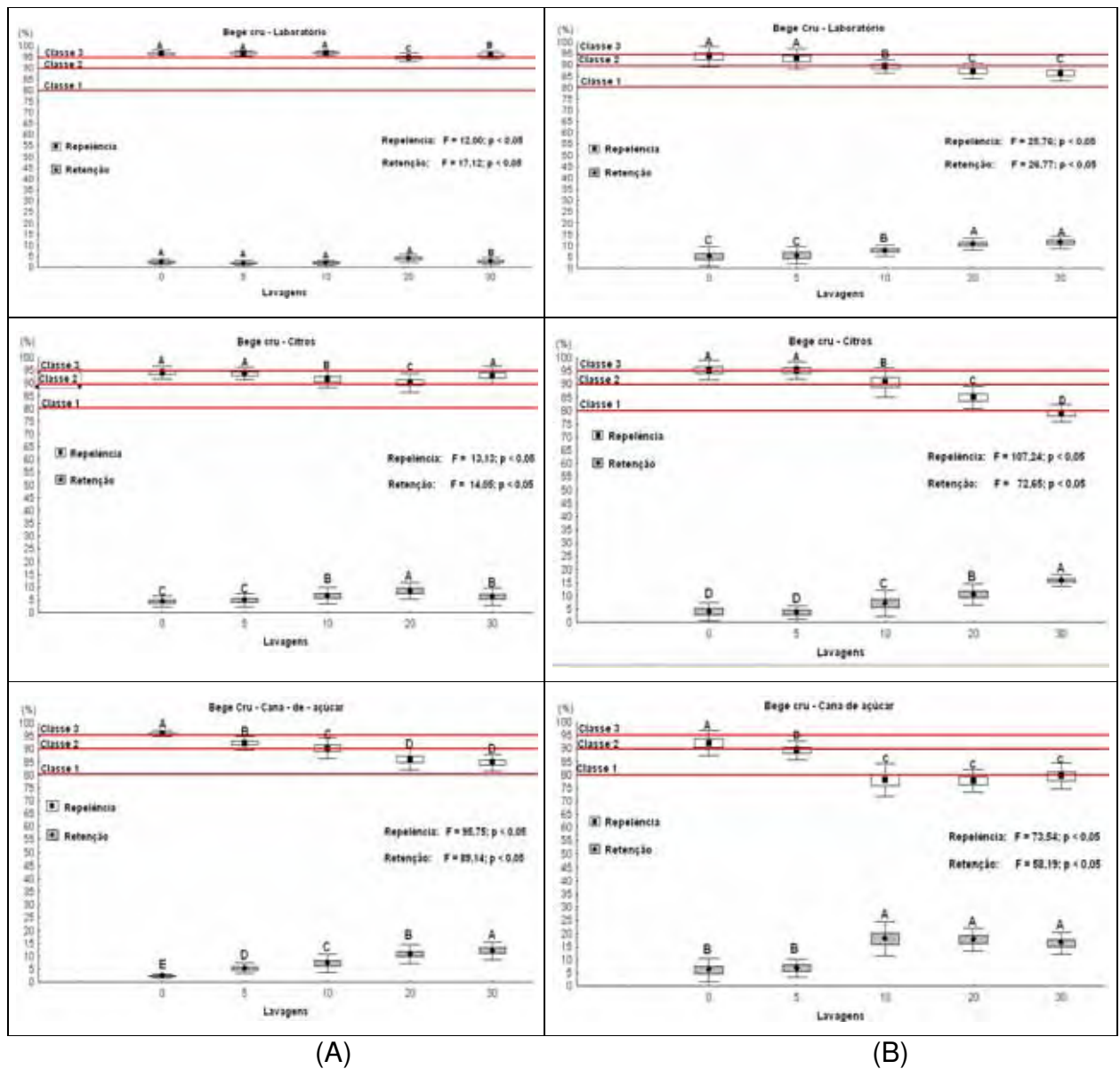
A concentração da formulação foi associada negativamente com a penetração dos agrotóxicos na costura e no material Camuflado. Observa-se que caldas das formulações estudadas aumentam a penetração, isto pode estar correlacionado com a viscosidade, pois as caldas têm menor viscosidade, facilitando a penetração.

#### **4.1.7. Repelência, Retenção as formulações Roundup Original SAq<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup>, Supera SC<sup>®</sup> materiais e hidrorrepelentes e das costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado**

##### **4.1.7.1. Formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup>**

###### **4.1.7.1.1. Material e costura do conjunto Bege Cru**

As porcentagens médias de retenção e repelência do glifosato da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, no material e costura do conjunto hidrorrepelente Bege Cru sem lavagem e com 5, 10, 20 e 30 usos e/ou lavagens em campo (citros e cana-de-açúcar) e lavados em laboratório estão apresentadas na Figura 16.



**Figura 16.** Porcentagem de retenção e repelência da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Bege Cru pelo teste da norma ISO 22608.

Pela porcentagem de repelência no material e pelo critério da norma ISO 16602 (ISO, 2007), o conjunto Bege Cru classifica-se no nível 3 (repelência > 95%) ao longo das lavagens em laboratório. A classificação do conjunto do material Bege Cru usado em citros foi 2, ao longo de usos e lavagens. A classificação do conjunto do material

usado na cana-de-açúcar foi 3 na avaliação sem uso e lavagem, no nível 2 para 5 e 10 usos e lavagens, no nível 1 para 20 e 30 usos e lavagens.

A porcentagem de repelência da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> no material Bege Cru foi reduzida ao longo dos 30 usos e/ou lavagens. A repelência no material Bege Cru lavado em laboratório, na avaliação da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> foi maior que 95%, para o material usado em citros foi maior que 90% e para o usado em cana foi maior que 85%, respectivamente.

Essa redução mais drástica da eficiência do material do conjunto Bege Cru usado por aplicadores de herbicida na cultura da cana-de-açúcar pode ser explicado devido o desgaste do material com as folhas cortantes da cana, juntamente com posteriores lavagens.

O aumento de retenção da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> no material e na costura do Bege Cru ocorreu ao longo dos 30 usos e/ou lavagens, exceto na avaliação do material utilizado por tratorista em citros em que a retenção foi reduzida significativamente de 20 para 30 usos e lavagens. A retenção da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> no material variou de 2% a 12%, para a costura variou de 4% a 18%.

Pela porcentagem de repelência da costura do conjunto Bege Cru e pelo critério da norma ISO 16602 (ISO, 2007), a costura classifica o conjunto no nível 2, para a formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, nas avaliações em 0 e 5 usos e/ou lavagens. Na classe 1 para a costura do conjunto lavado 10, 20 e 30 vezes em laboratório, para avaliação de uso em citros em 20 usos e lavagens, para o uso em cana-de-açúcar na avaliação de 5 usos e lavagens.

A porcentagem de repelência da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> foi maior que 78% na costura do conjunto Bege Cru lavado em laboratório. Porém, o número de usos e lavagens reduz a repelência da costura. A redução da repelência da formulação foi maior para a costura do que no material utilizado em campo.

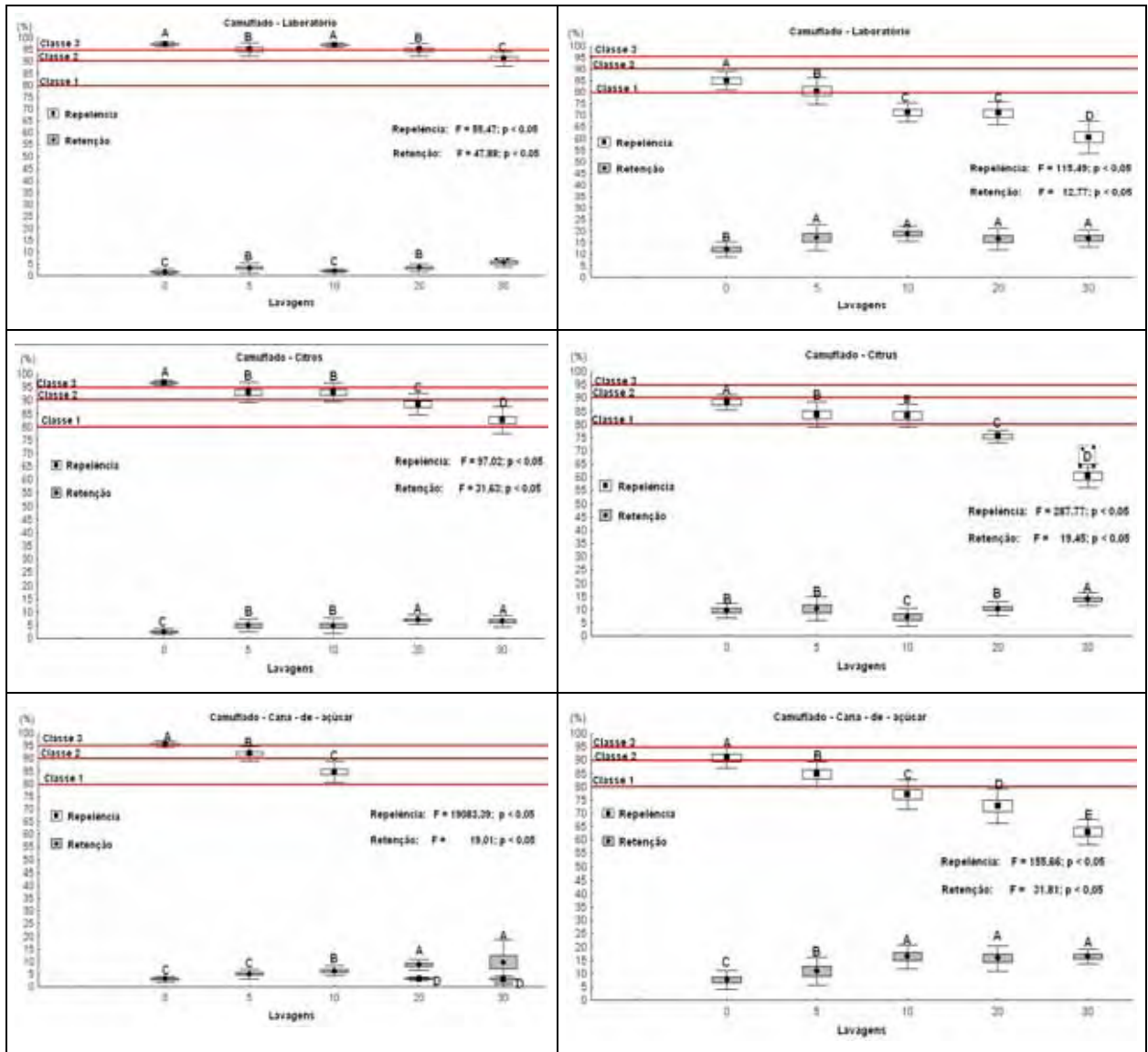
#### 4.1.7.1.2. Conjunto Camuflado

As porcentagens médias de retenção e repelência do glifosato da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, no material e costura do conjunto hidrorrepelente Camuflado sem lavagem e com 5, 10, 20 e 30 usos e/ou lavagens em campo (citros e cana-de-açúcar) e lavados em laboratório estão apresentadas na Figura 17.

Pela porcentagem de repelência no material e pelo critério da norma ISO 16602 (ISO, 2007), o conjunto Camuflado classifica-se no nível 3 (repelência > 95%), nas avaliações de 0, 5, 10 e 20 lavagens em laboratório. O nível 2 do conjunto foi observado nas avaliações de 30 lavagens em laboratório, na condição de uso em citros para 5 e 10 usos e lavagens, na condição de uso em cana-de-açúcar nas avaliações de 5 usos e lavagens. O nível 1 do conjunto foi para o material usado em citros, em 20 e 30 usos e lavagens; para o uso na cana-de-açúcar foi nas avaliações de 10 usos e lavagens.

A porcentagem da repelência do glifosato da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> no material lavado em laboratório foi superior a 91%, porém variavelmente significativa ao longo das 30 lavagens. A repelência do material do conjunto Camuflado utilizado por tratorista foi reduzida significativamente a 82% para 30 usos e lavagens, exceto para 5 e 10 usos e lavagens. Porém, a repelência do material Camuflado utilizado por aplicadores de herbicidas foi reduzida significativamente a 3% para 30 usos e lavagens, exceto para 20 usos e lavagens. O uso severo do material do conjunto de proteção pelos aplicadores de agrotóxicos interferiu na repelência a formulação de agrotóxico.

O aumento da porcentagem da retenção do glifosato da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> no material, do conjunto Camuflado utilizado no campo foi significativo para as 30 lavagens, exceto para 20 e 30 usos e lavagens. Porém, a retenção da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> no material Camuflado lavado em laboratório variou ao longo das lavagens. A porcentagem de retenção média foi inferior a 10% para o material Camuflado ao longo do estudo de usos e lavagens.



**Figura 17.** Porcentagem de retenção e repelência de glifosato da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Camuflado pelo teste da norma ISO 22608.

Pela porcentagem de repelência na costura e pelo critério da norma ISO 16602 (ISO, 2007), o conjunto Camuflado classifica-se na classe 2 (repelência > 90%) somente na avaliação sem uso e lavagem. Devido à redução da repelência do material, a costura classifica-se na classe 1 (repelência > 80%) nas avaliações em 0 e 5

lavagens em laboratório e na condição de uso em citros, na condição de uso na cana-de-açúcar em 5 usos e lavagens.

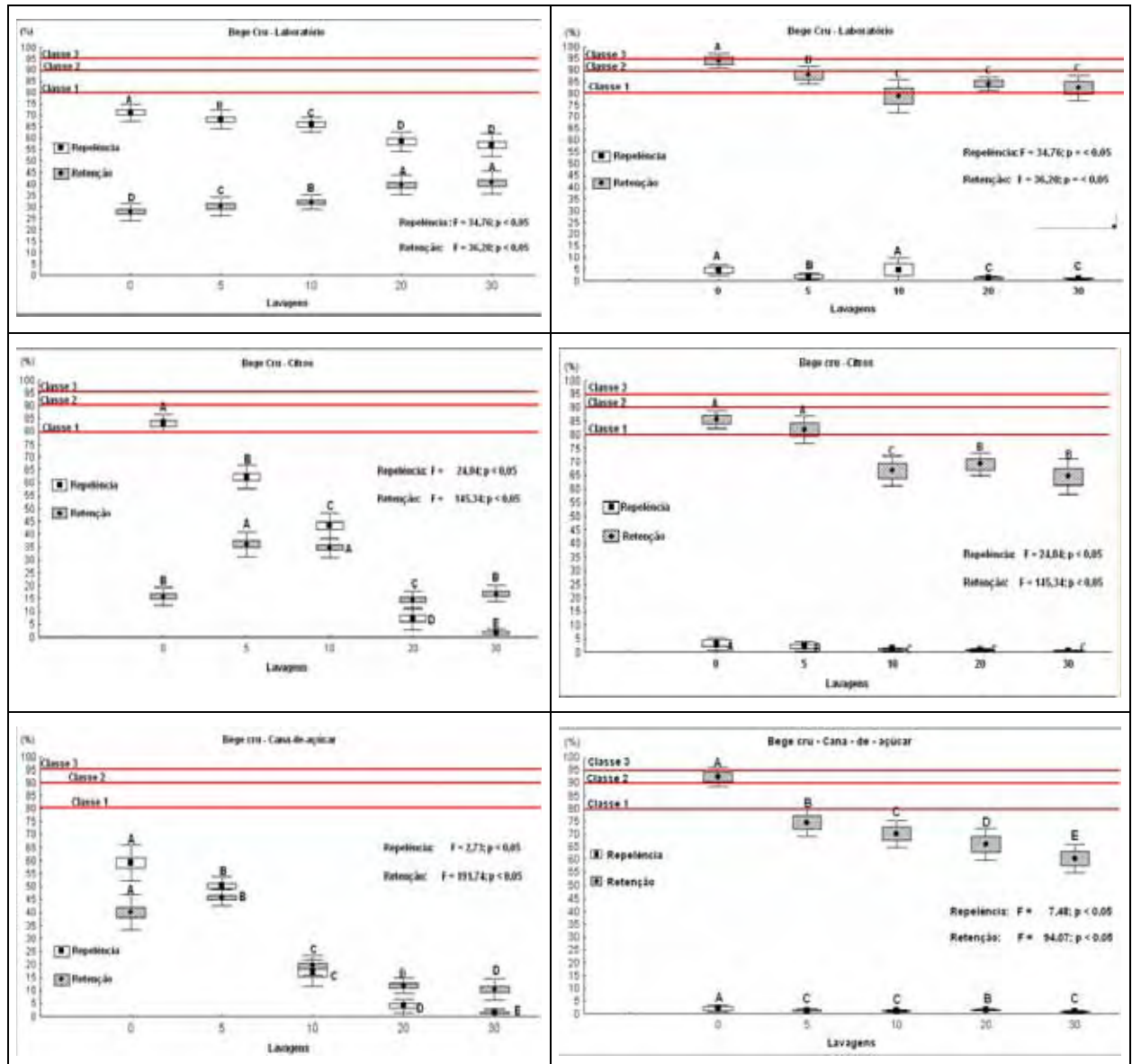
A porcentagem de repelência de glifosato da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> na costura do conjunto Camuflado ao longo de 30 usos e/ou lavagens foi reduzida a 60%. Observou-se que o comportamento da repelência da formulação de agrotóxico na costura para as 30 lavagens foi similar para as três procedências estudadas. Porém, a redução da repelência na costura foi mais severa quando comparada à redução da formulação no material, exceto para o material utilizado na cultura da cana.

A porcentagem de retenção da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> na costura do conjunto Camuflado lavado em laboratório variou de 12% a 19% ao longo dos ciclos de lavagens; para a costura do conjunto usado em citros variou de 7% a 14%, e para a costura do conjunto usado na cana variou de 8% a 16%. O aumento da porcentagem de glifosato da formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup> na costura não foi contínuo ao longo do ciclo de lavagens, o que pode ser explicado devido a não homogeneidade das amostras das costuras analisadas devido ao uso e as condições de lavagens.

#### **4.1.7.2. Formulação de Nufos CE<sup>®</sup>**

##### **4.1.7.2.1. Material e costura do conjunto Bege Cru**

As porcentagens médias de retenção e repelência de clorpirifós da formulação de Nufos CE<sup>®</sup>, no material e costura do conjunto hidrorrepelente Bege Cru sem lavagem e com 5, 10, 20 e 30 usos e/ou lavagens em campo (citros e cana-de-açúcar) e lavados em laboratório estão apresentadas na Figura 18.



**Figura 18.** Porcentagem de retenção e repelência de clorpirifós na formulação de Nufos CE<sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Bege Cru pelo teste da norma ISO 22608.

Pela porcentagem de repelência no material e pelo critério da norma ISO 16602 (ISO, 2007), o conjunto Bege Cru classifica-se no nível 1 (repelência > 80%) sem uso e lavagem para o material usado em citros. A costura do conjunto Bege Cru, não foi classificada quanto a sua repelência para a formulação de Nufos CE<sup>®</sup>, pois a repelência foi inferior a 80%.

A repelência da formulação de Nufos CE<sup>®</sup> no material do conjunto Bege Cru para as três condições (laboratório, citros e cana) foi reduzida ao longo de usos e/ou lavagens. A retenção do material lavado em laboratório foi reduzida de 71% a 57%, para a procedência de uso no citros foi de 83,24% a 1,60%, e para o uso em cana-de-açúcar de 59% a 1%.

A porcentagem de retenção de clorpirifós na formulação de Nufos CE<sup>®</sup> no material Bege Cru lavado em laboratório aumentou significativamente de 28% a 41% ao longo das lavagens. Porém, a retenção da formulação de Nufos CE<sup>®</sup> no material Bege Cru do conjunto utilizado por aplicadores em citros variou de 16% a 36% , para a procedência de uso na cana-de-açúcar a variação foi de 46 a 10%.

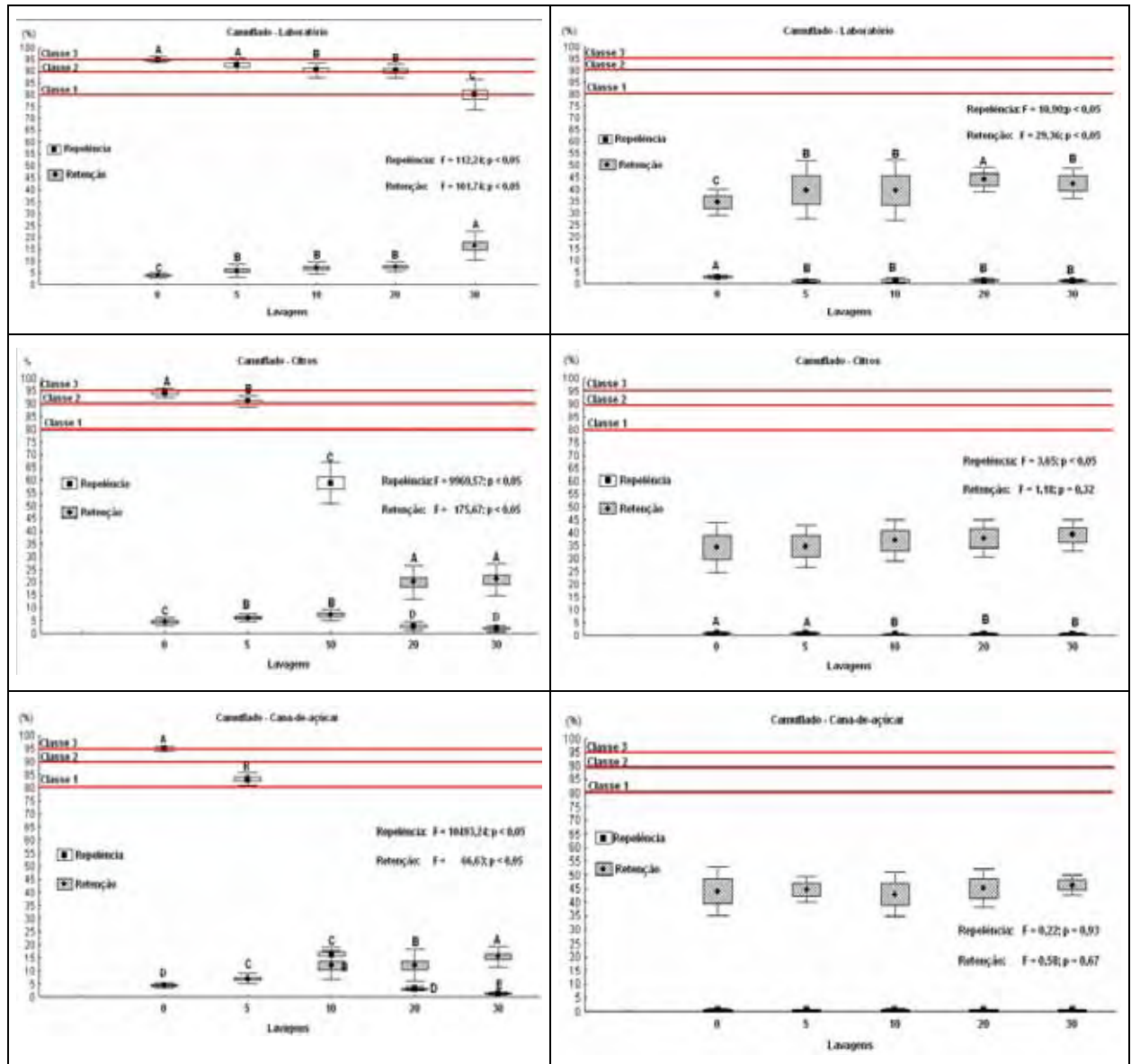
De acordo com os diferentes comportamentos da retenção da formulação de Nufos CE<sup>®</sup> no material Bege Cru com diferentes procedências de uso e processos de lavagens, as mudanças físicas das fibras podem ter contribuído para a variação de retenção ao longo das lavagens.

A repelência da formulação de Nufos CE<sup>®</sup> na costura do conjunto Bege Cru foi inferior a 5%, não sendo observada grandes variações ao longo das lavagens, e variou de 4% a 1%.

A retenção do clorpirifós da formulação de Nufos CE<sup>®</sup> na costura do conjunto Bege Cru diminuiu ao longo do estudo das lavagens, ao contrário do que ocorreu com a retenção do material. A porcentagem de retenção na costura variou de 94% a 60%, sendo a redução da retenção mais severa para a costura do conjunto do que para a costura do conjunto utilizado por aplicadores em campo.

#### **4.1.7.2.2. Material e costura do conjunto Camuflado**

As porcentagens médias de retenção e repelência de clorpirifós da formulação de Nufos CE<sup>®</sup>, no material e costura do conjunto hidrorrepelente Camuflado sem lavagem e com 5, 10, 20 e 30 usos e/ou lavagens em campo (citros e cana-de-açúcar) e lavados em laboratório estão apresentadas na Figura 19.



**Figura 19.** Porcentagem de retenção e repelência de clorpirifós na formulação de Nufos CE<sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Camuflado pelo teste da norma ISO 22608.

Pela porcentagem de repelência no material e pelo critério da norma ISO 16602 (ISO, 2007), o conjunto Camuflado lavado em laboratório classifica-se na classe 2 (repelência > 90%) sem e com 5, 10 e 20 usos e lavagens, para o conjunto usado em citros nas avaliações de 0 e 5 usos e lavagens; para o conjunto usado em cana-de-açúcar em 0 uso e lavagem. Devido à redução da repelência do material, somente o

conjunto lavado em laboratório classifica-se no nível 1 (repelência > 80%) em 30 lavagens.

A repelência da formulação de Nufos CE<sup>®</sup> no material do conjunto Camuflado lavado em laboratório foi reduzida de 95% a 80%. Porém, a redução da repelência desse agrotóxico para o conjunto usado em citros foi de 94 a 1%, para o conjunto usado na cana-de-açúcar à redução foi de 95% a 2%.

A retenção da formulação de Nufos CE<sup>®</sup> no material do conjunto Camuflado com procedência laboratório aumentou de 4% a 16% ao longo das lavagens, porém significativamente de 20 para 30 lavagens. Para o material do conjunto Bege Cru utilizado em citros o aumento foi de 5% a 21% ao longo de usos e lavagens e para o conjunto usado na cana-de-açúcar o aumento foi de 5% a 15%.

A repelência da formulação de Nufos CE<sup>®</sup> na costura do conjunto Camuflado variou de 3% a 0,57%. A redução da repelência das costuras dos conjuntos lavados em laboratório e utilizada por tratoristas foi significativa no início do ciclo de lavagens e constante ao final das 30 lavagens. Com estes valores de repelência na costura, o conjunto Camuflado não atende a classificação pela repelência da calda padrão, de acordo com o critério da norma ISO 16602 (ISO, 2007), devido à repelência inferior a 80%.

Esta diminuição da repelência da formulação de agrotóxico na costura em relação ao material deve-se ao maior espaço entre os fios da costura que a formulação de Nufos CE<sup>®</sup> pode penetrar.

A retenção da formulação de Nufos CE<sup>®</sup> na costura do conjunto Camuflado utilizadas pelos trabalhadores rurais no campo não foi significativa ao longo dos 30 usos e lavagens, e variou de 24% a 46%. Porém, a retenção desse agrotóxico na costura do conjunto lavado em laboratório variou significativamente de 35% a 42%. Observa-se por meio dos gráficos que a retenção da costura do conjunto foi superior ao do material contribuindo para maior resíduo do agrotóxico.

### **4.1.7.3. Calda de clorpirifós com 5% da formulação de Nufos CE®**

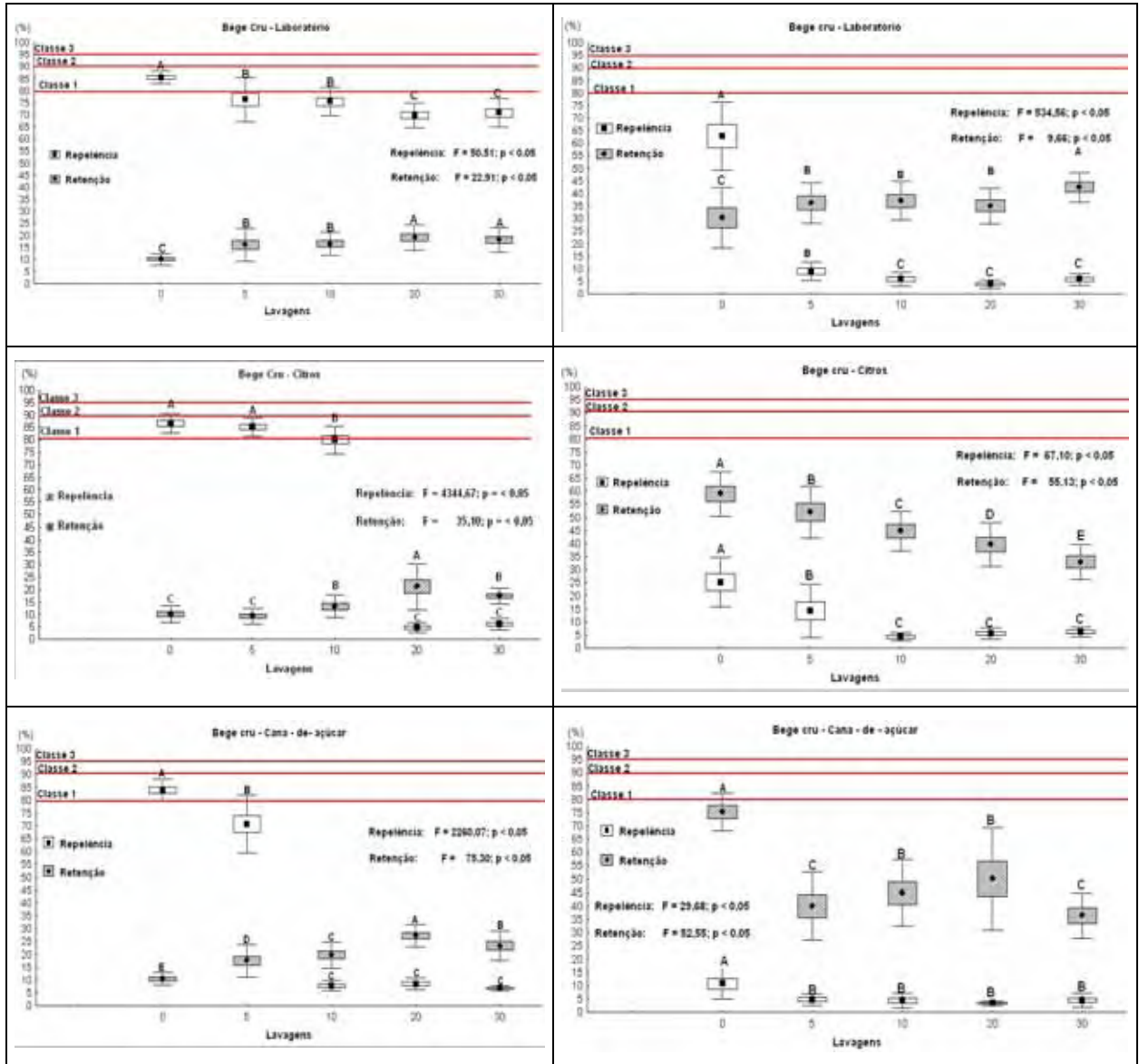
#### **4.1.7.3.1. Material e costura do conjunto Bege Cru**

As porcentagens médias de retenção e repelência da calda com 5% de clorpirifós da formulação de Nufos CE® no material e costura do conjunto hidrorrepelente Bege Cru sem lavagem e com 5, 10, 20 e 30 usos e/ou lavagens em campo (citros e cana-de-açúcar) e lavados em laboratório estão apresentadas na Figura 20.

Pela porcentagem de repelência no material e pelo critério da norma ISO 16602 (ISO, 2007), o conjunto Bege Cru classifica-se na classe 1 (repelência > 80%) sem e com 5 usos e lavagens, em condição de laboratório e usado em citros. A costura não foi classificada de acordo com este critério, pois a repelência foi inferior a 80%.

As porcentagens médias de repelência do clorpirifós, na calda com 5% de clorpirifós da formulação de Nufos CE® para o material Bege Cru, nas avaliações das procedências estudadas foram reduzidas ao longo das 30 lavagens. Porém, a repelência ao final das lavagens foi de 20 % para o material utilizado em campo, sendo mais drástica que o material lavado em laboratório que é de 71% ao final das 30 lavagens.

A porcentagem média de retenção da calda com 5% de clorpirifós da formulação de Nufos CE® no material Bege Cru procedente de laboratório foi significativamente incrementa até 30 lavagens, exceto para 5 e 10 lavagens, e entre 20 e 30 lavagens. Para o material do conjunto Bege Cru utilizado em campo por trabalhadores rurais, a porcentagem de retenção média aumenta significativamente até 20 usos e lavagens posteriormente diminuindo para 30 usos e lavagens. Esta possível explicação, de acordo com DAROUX (2010), deve-se à constatação de que após 6 lavagens ocorre distorção, quebra e afrouxamento das fibras de dois materiais, compostos com 100% algodão e gramaturas de 390 e 230 g/m<sup>2</sup>. A quebra das fibras, assim como o afrouxamento deve-se ao aumento ao longo de usos e lavagens com posterior liberação de fibras, fazendo com que a retenção diminua.



(A)

(B)

**Figura 20.** Porcentagem de retenção e repelência da calda contendo 5% de clorpirifós da formulação de Nufos CE<sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Bege Cru pelo teste ISO 22608.

#### 4.1.7.3.2. Material e costura do conjunto Camuflado

As porcentagens médias de retenção e repelência do clorpirifós da formulação de Nufos CE<sup>®</sup>, no material e costura do conjunto hidrorrepelente Camuflado sem lavagem e com 5, 10, 20 e 30 usos e/ou lavagens em campo (citros e cana-de-açúcar) e lavados em laboratório estão apresentadas na Figura 21.

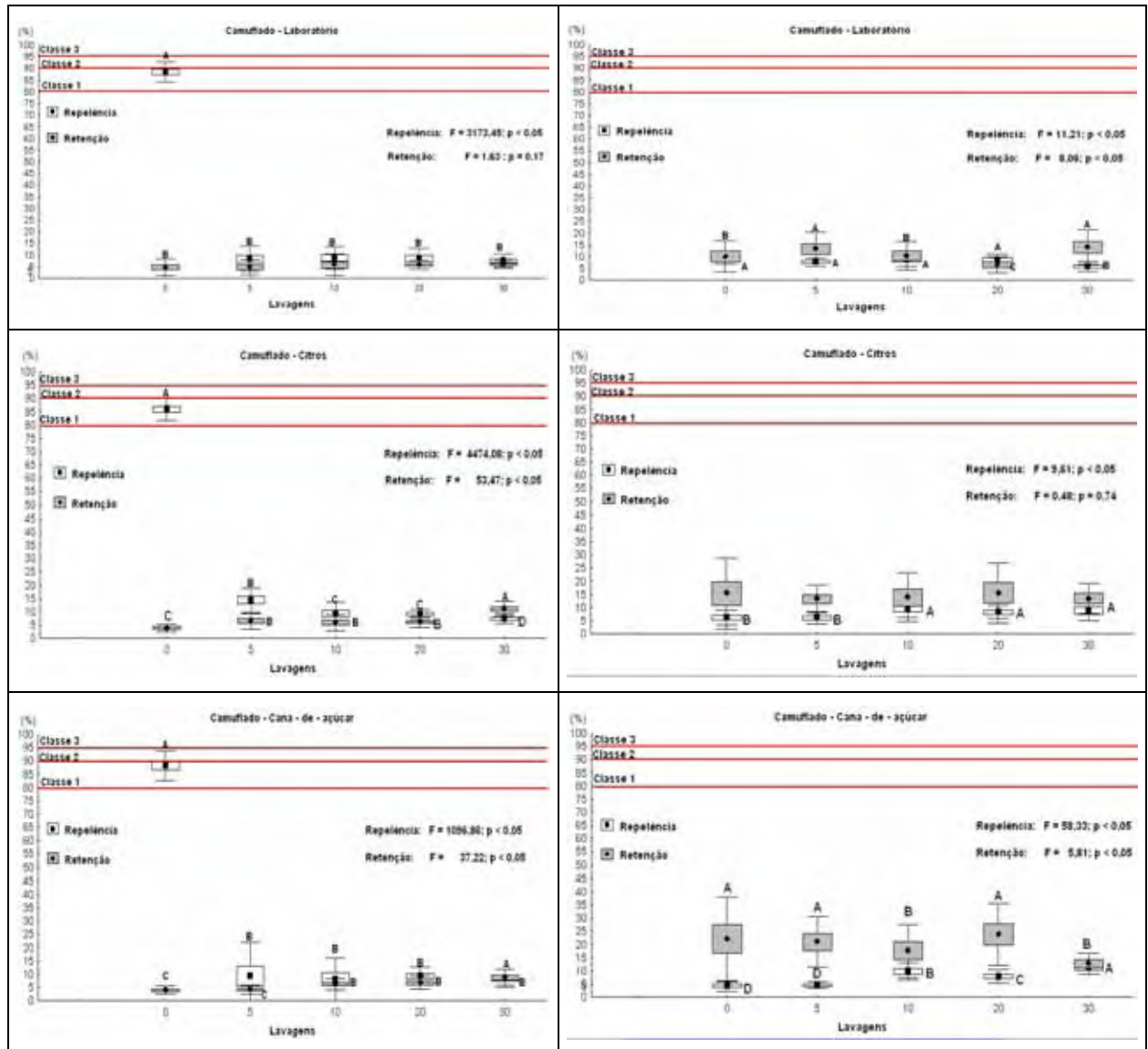
Pela porcentagem de repelência no material e pelo critério da norma ISO 16602 (ISO, 2007), o conjunto Bege Cru classifica-se na classe 1 (repelência > 80%) somente sem uso e/ou lavagem.

A porcentagem de repelência da calda de agrotóxico no material Camuflado lavado em laboratório foi reduzida de 89 a 8%, para o material usado em citros foi de 86% a 7%, para o material usado na cana-de-açúcar foi de 88% a 8%. A redução mais drástica ocorreu de 0 lavagem para 5 usos e/ou lavagens no material Camuflado.

O aumento da retenção da calda de clorpirifós com 5% da formulação de Nufos CE<sup>®</sup>, no material Camuflado usado em citros foi de 4% a 11%, para o material usado na cana-de-açúcar foi de 4% a 9% para os 30 usos e lavagens. A retenção da calda do agrotóxico no material de laboratório foi constante até as 30 lavagens e variou de 5% a 6%. O uso do material dos conjuntos de proteção pode ter facilitado a retenção.

O aumento da repelência da calda da formulação de Nufos CE<sup>®</sup> na costura do conjunto Camuflado foi variável ao longo de usos e/ou lavagens, não ultrapassando 10% da repelência. Dessa forma não é possível a classificação da costura do conjunto Camuflado de acordo com a ISO 16602 (ISO, 2007).

A porcentagem de retenção da calda com 5% de clorpirifós da formulação de Nufos CE<sup>®</sup> na costura do conjunto Camuflado lavado em laboratório variou de 7% a 14%, em condição de uso em citros a variação foi de 13% a 15%, porém não significativa; para a costura do conjunto usado na cana-de-açúcar foi 13% a 24%, ao longo dos 30 usos e/ou lavagens. Observa-se que a porcentagem de retenção na costura foi maior em relação ao material, sendo que a retenção da calda de agrotóxico na costura do material usado em cana foi superior para as demais procedências.



(A)

(B)

**Figura 21.** Porcentagem de retenção e repelência da calda de clorpirifós com 5% da formulação de Nufos CE<sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Camuflado pelo teste da norma ISO 22608.

#### **4.1.7.4. Hidróxido de cobre da formulação de Supera SC<sup>®</sup>**

##### **4.1.7.4.1. Material e costura do conjunto Bege Cru**

As porcentagens médias de retenção e repelência do hidróxido de cobre da formulação de Supera SC<sup>®</sup>, no material e costura do conjunto hidrorrepelente Bege Cru sem lavagem e com 5, 10, 20 e 30 usos e lavagens em campo (citros e cana-de-açúcar) e lavados em laboratório estão apresentadas na Figura 22.

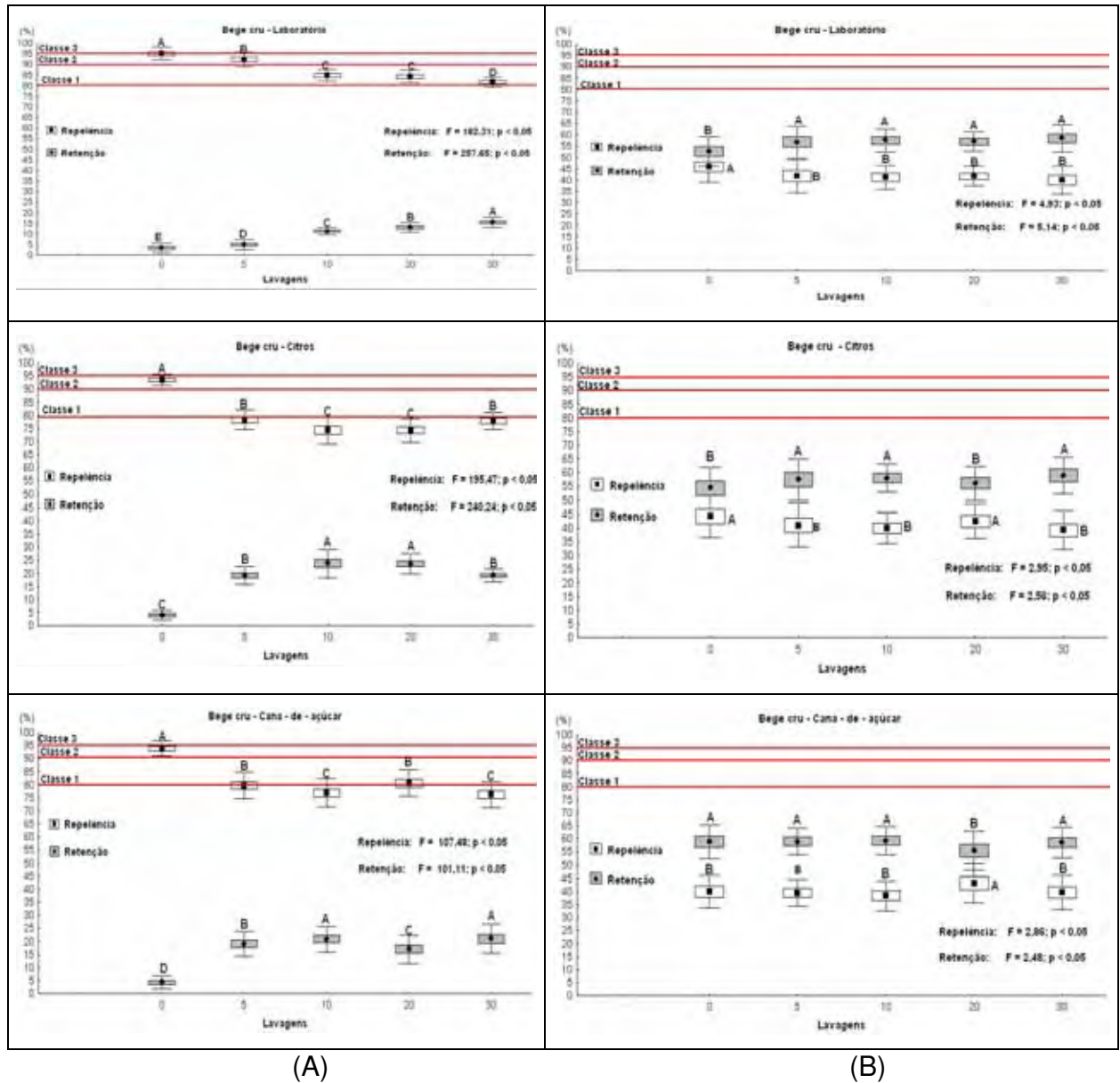
Pela porcentagem de repelência no material e pelo critério da norma ISO 16602 (ISO, 2007), o conjunto Bege Cru classifica-se no nível 2 (repelência > 90%) sem e com 5 lavagens em laboratório, para a condição no campo em citros somente em 0 uso e lavagem. Devido à redução da repelência do material, o conjunto classifica-se na classe 1 (repelência > 80%) com 10, 20 e 30 lavagens apenas em condições de laboratório.

Pelos valores de repelência na costura do conjunto Bege Cru lavado em laboratório e usado no campo, menores que 80%, o conjunto de proteção é desclassificado para o trabalho com agrotóxicos pelo critério da norma ISO 16602 (ISO, 2007).

A porcentagem de repelência da formulação do fungicida no material lavado em laboratório de 95% a 81% ao longo das lavagens, para os materiais usados em campo a variação foi 94% a 74% ao longo de usos e lavagens. Observa-se visualmente nos gráficos da Figura 22 que o aumento ou a diminuição da porcentagem de repelência tem relação direta com a porcentagem de retenção da formulação de agrotóxico, no material ou na costura do conjunto Bege Cru.

A porcentagem de retenção da formulação de agrotóxico na costura do conjunto Bege Cru variou de 52 a 59% ao longo de usos e/ou lavagens. Portanto, a porcentagem média de retenção na costura foi maior do que no material devido o maior espaço entre as linhas que facilita a passagem do agrotóxico.

A costura do conjunto Bege Cru não foi classificada pela repelência, de acordo com a ISO 16602 (ISO, 2007), pois a repelência a formulação foi inferior a 80%.



**Figura 22.** Porcentagem de retenção e repelência de hidróxido de cobre da formulação de Supera SC<sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Bege Cru pelo teste da norma ISO 22608.

A porcentagem de repelência da formulação de agrotóxico na costura do conjunto Bege Cru variou de 38 a 46% ao longo de usos e/ou lavagens, sendo menor

do que a variação da porcentagem de repelência no material, devido à maior porosidade dos fios da costura que aumenta a passagem do agrotóxico.

#### **4.1.7.4.2. Material e costura do conjunto Camuflado**

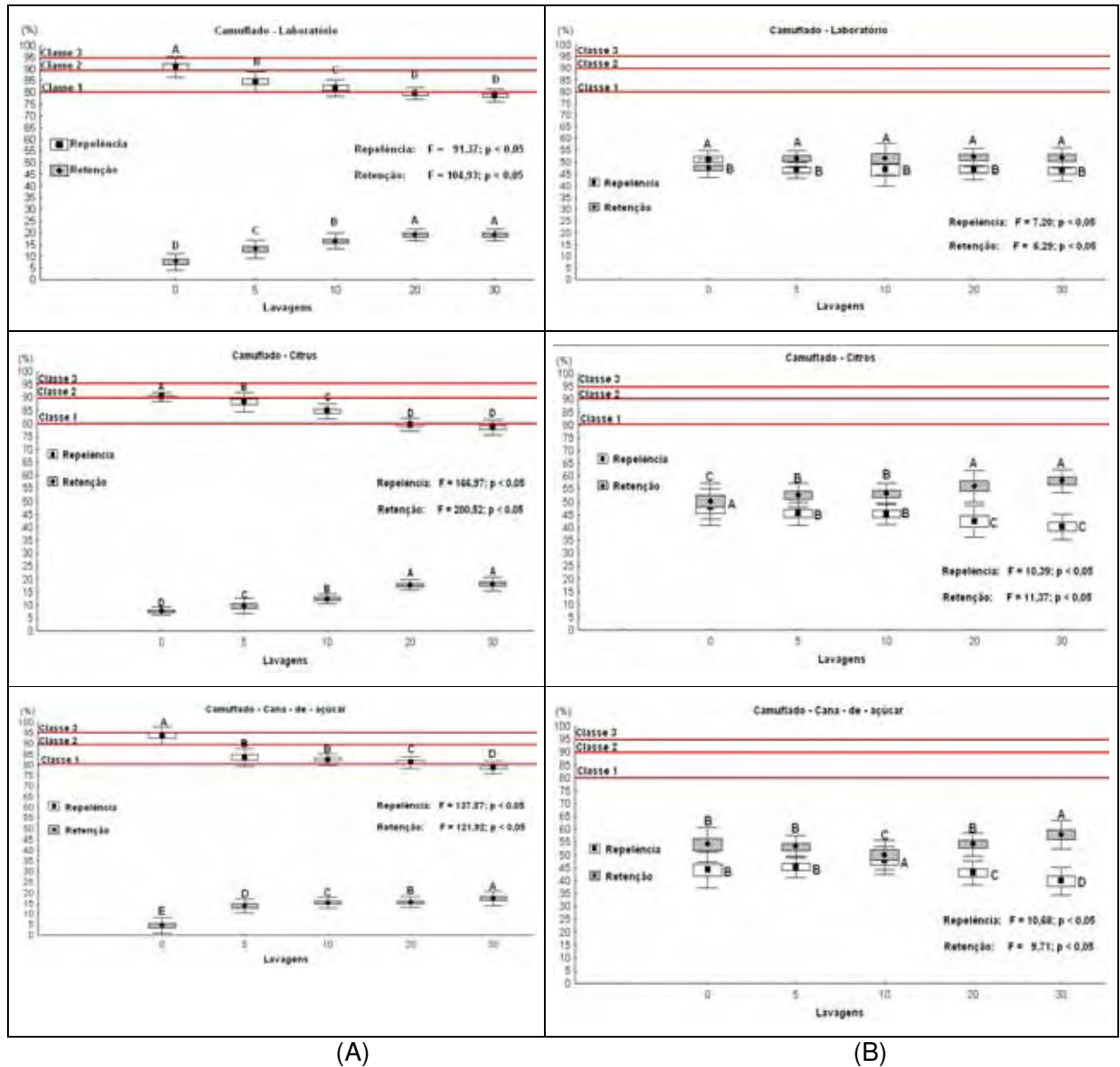
As porcentagens médias de retenção e repelência do clorpirifós da formulação de Supera SC<sup>®</sup>, no material e costura do conjunto hidrorrepelente Camuflado sem lavagem e com 5, 10, 20 e 30 usos e lavagens em campo (citros e cana-de-açúcar) e lavados em laboratório estão apresentadas na Figura 23.

Pela porcentagem de repelência no material e pelo critério da norma ISO 16602 (ISO, 2007), o conjunto Camuflado classifica-se no nível 2 (repelência > 90%) somente sem uso e/ou lavagem. O material lavado em laboratório e usado em campo classifica-se no nível 1, nas avaliações de 5 e 10 usos e/ou lavagens.

A porcentagem da repelência do hidróxido de cobre foi superior a 78,49%, sendo variavelmente significativa ao longo das 30 lavagens. A repelência do material do conjunto Camuflado utilizado por tratorista e lavado em laboratório foi reduzida significativamente para 30 usos e lavagens, exceto para 20 e 30 usos e/ou lavagens. A repelência da formulação de agrotóxico para o material usado por aplicadores de herbicida também foi semelhante.

Este comportamento pode ser devido a não homogeneidade das amostras das costura analisadas devido ao uso e as condições de lavagens.

O aumento da porcentagem da retenção da formulação de Supera SC<sup>®</sup> no material Camuflado lavado em laboratório e utilizado no campo foi significativo para 30 usos e/ou lavagens, exceto para 20 e 30 usos e/ou lavagens do material procedente de lavagem em laboratório e utilizado na cultura do citros. A porcentagem de retenção da formulação de agrotóxico no material variou de 5 a 19% ao longo de usos e/ou lavagens.



**Figura 23.** Porcentagem de retenção e repelência de hidróxido de cobre da formulação de Supera SC<sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Camuflado pelo teste da norma ISO 22608.

A costura do conjunto Camuflado não o classifica pela repelência, de acordo com a ISO 16602 (ISO, 2007), pois a repelência ao agrotóxico foi inferior a 80% ao longo dos usos e/ou lavagens.

A porcentagem de repelência do hidróxido de cobre na costura do conjunto Camuflado variou de 51% a 40% ao longo de usos e lavagens. Observa-se que nos gráficos da Figura 23, o aumento ou redução da porcentagem de retenção está relacionado com a porcentagem da repelência da formulação de agrotóxico no material ou na costura do conjunto Camuflado.

#### **4.1.7.5. Calda com 3% de hidróxido de cobre da formulação de Supera SC<sup>®</sup>**

##### **4.1.7.5.1. Material e costura do conjunto Bege Cru**

As porcentagens médias de retenção e repelência da calda com 3% de hidróxido de cobre da formulação Supera SC<sup>®</sup> no material e costura do conjunto hidrorrepelente Bege Cru sem lavagem e com 5, 10, 20 e 30 usos e lavagens em campo e lavados em condições de laboratório, estão apresentadas na Figura 24.

Pela porcentagem de repelência no material e pelo critério da norma ISO 16602 (ISO, 2007), o conjunto Bege Cru classifica-se na classe 2 (repelência > 90%) em 0 e 5 lavagens em laboratório, na condição de uso em campo somente sem uso e lavagem.

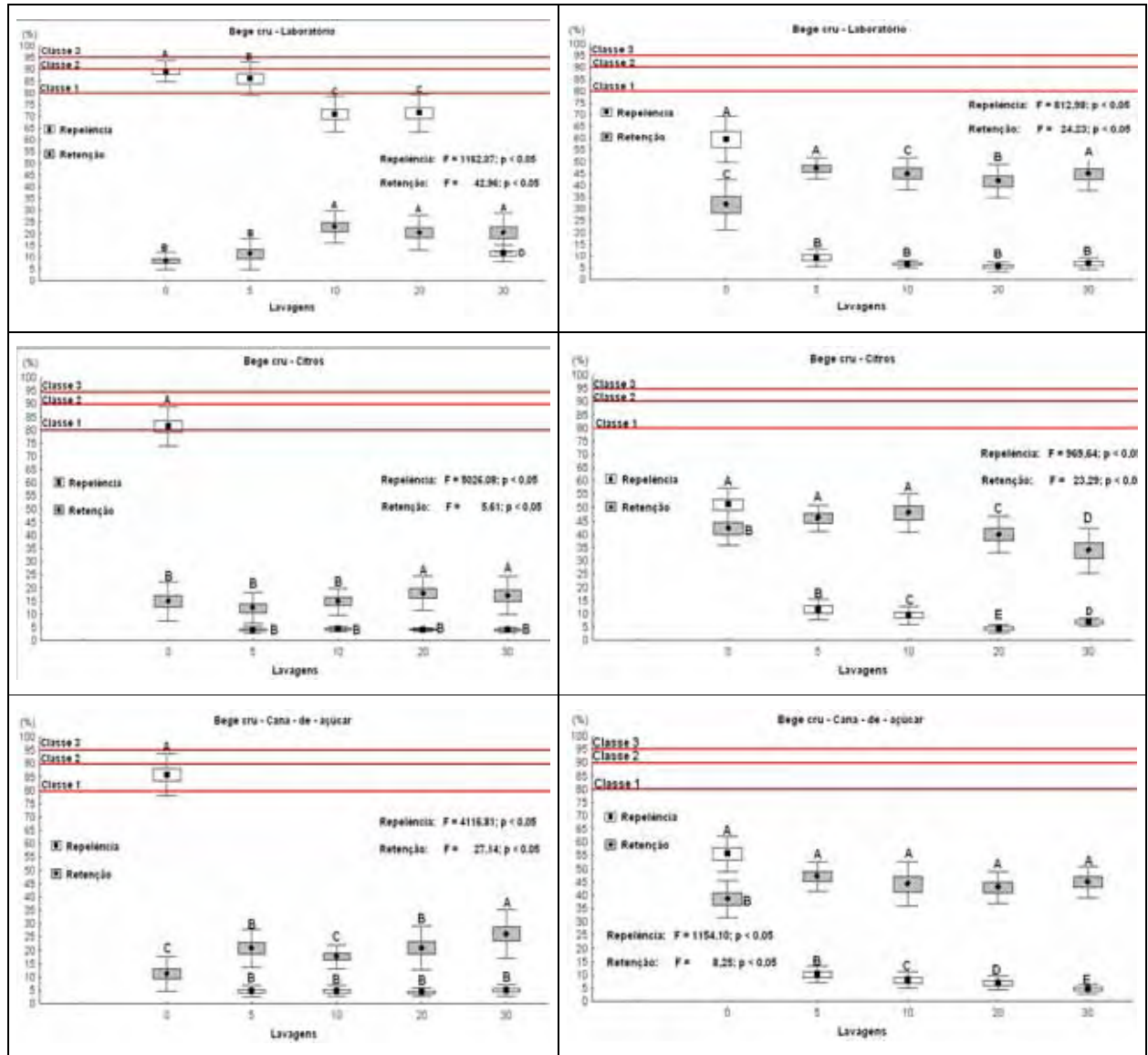
A porcentagem de retenção da calda da formulação de Supera SC<sup>®</sup> no material Bege Cru para nas três procedências aumentou de 8,39% a 26,01% ao longo de 30 usos e/ou lavagens.

O efeito das lavagens do material Bege Cru lavado em laboratório reduziu drasticamente a repelência da calda da formulação de Supera SC<sup>®</sup> de 89% a 12%. A porcentagem de repelência da calda de agrotóxico foi reduzida no material usado em campo de 86% a 4% ao longo dos usos e lavagens, Porém, a redução significativa ocorreu de 0 para 5 usos e lavagens.

A porcentagem de retenção da calda com 3% de hidróxido de cobre da formulação de Supera SC<sup>®</sup> no material Bege Cru aumentou de 8% a 26% ao longo de 30 usos e/ou lavagens, para as três procedências de usos.

Observa-se que o uso juntamente com o processo de lavagem em campo interferiu na repelência da calda de agrotóxico mais do que no material lavado em laboratório.

A costura do conjunto Bege Cru não o classifica pela repelência, de acordo com a ISO 16602 (ISO, 2007), pois a repelência ao agrotóxico foi inferior a 80%, ao longo de usos e/ou lavagens.



(A) (B)

**Figura 24.** Porcentagem de retenção e repelência da calda com 3% hidróxido de cobre da formulação de Supera SC<sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Bege Cru pelo teste ISO 22608.

A porcentagem de retenção da calda de hidróxido da formulação de Supera SC<sup>®</sup> na costura do conjunto Bege Cru lavado em laboratório variou de 32% a 47% ao longo das lavagens. A porcentagem de retenção da calda de agrotóxico na costura do conjunto usado em campo foi de 34% a 48% ao longo de usos e lavagens. Inicialmente a retenção da calda de agrotóxico na costura do conjunto aumenta significativamente de 0 para 5 usos e lavagens. Porém, para os demais usos e/ou lavagens houve variação, provavelmente devido ao efeito de usos e lavagens que pode ter comprometido a estrutura da costura do conjunto. Entretanto a diferença na porosidade e estrutura da costura do conjunto Bege Cru interfere na maior retenção da calda de hidróxido de cobre do que no material.

#### **4.1.7.5.2. Material e costura do conjunto Camuflado**

As porcentagens médias de retenção e repelência da calda com 3% de hidróxido de cobre da formulação Supera SC<sup>®</sup>, no material e costura do conjunto hidrorrepelente Camuflado sem lavagem e com 5, 10, 20 e 30 usos e lavagens em campo e lavados em laboratório, estão apresentadas na Figura 25.

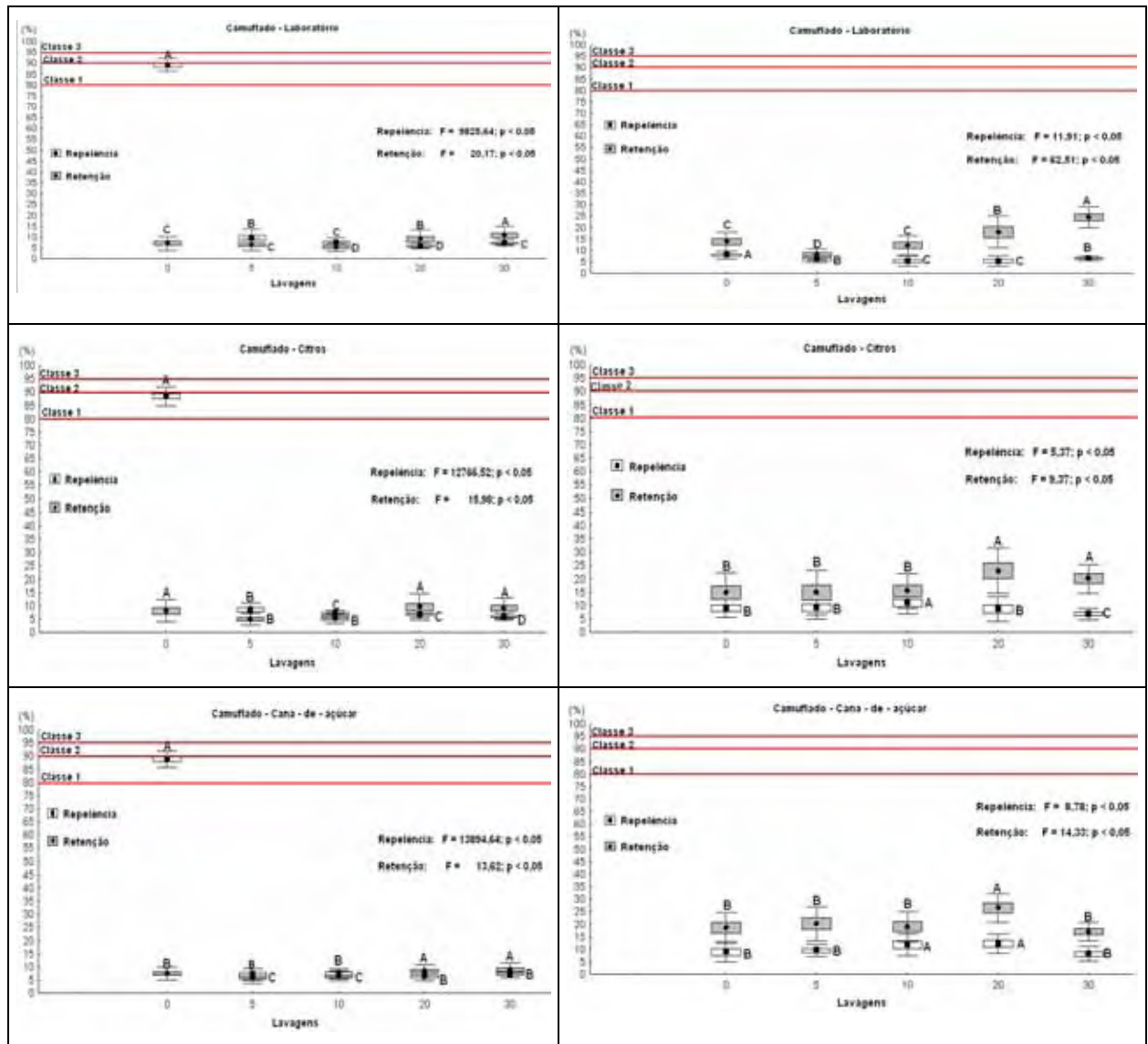
Pela porcentagem de repelência no material e pelo critério da norma ISO 16602 (ISO, 2007), o conjunto Camuflado classifica-se na classe 1 (repelência > 80%) sem uso e/ou lavagem, pois a penetração foi superior a 80% e inferior a 90%.

As porcentagens de repelência da calda de agrotóxico no material ou na costura do conjunto nas três procedências foram similares. A porcentagem de calda de 3% de i.a. hidróxido de cobre da formulação de Supera SC<sup>®</sup> variou de 89,25% a 5,82%, e a variação da repelência na costura foi de 5,29% a 12,14%, respectivamente.

A costura do conjunto Camuflado não o classifica pela repelência, de acordo com a ISO 16602 (ISO, 2007), pois a repelência ao agrotóxico foi inferior a 80%, ao longo de usos e/ou lavagens.

A porcentagem de retenção da calda com 3% de hidróxido de cobre da formulação de Supera SC<sup>®</sup> no material lavado em laboratório e utilizado em campo com posteriores lavagens variou significativamente de 5% a 11%, ao longo do estudo de

usos e/ou lavagens. Porém, a porcentagem de retenção da calda de agrotóxico na costura foi maior variando de 8% a 27%, ou seja, a parte da costura facilita que os resíduos de 3% de hidróxido de cobre na formulação de Supera SC<sup>®</sup> fiquem retidos na costura do conjunto.



(A)

(B)

**Figura 25.** Porcentagem de retenção e repelência da calda com 3% de hidróxido de cobre da formulação de Supera SC<sup>®</sup> no material (A) e costura (B) do conjunto Camuflado pelo teste da norma ISO 22608.

#### **4.1.8. Parâmetros da calda de agrotóxicos e a repelência e retenção dos agrotóxicos nos materiais e costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado**

A correlação de Pearson dos parâmetros da calda de agrotóxicos, número de lavagens, partes do corpo do conjunto e procedência de uso para as porcentagens de repelência, retenção nos materiais e costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado estão apresentadas na Tabela 16.

As correlações entre o número de lavagens foram negativa e positivamente para a repelência e retenção, respectivamente para as calda e formulação de Roundup Original SAq<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup> e Supera SC<sup>®</sup> no material do conjunto Camuflado, ou seja, quanto maior o número de lavagens menor a repelência e maior a retenção dos agrotóxicos no material Bege Cru.

Os parâmetros das formulações de agrotóxicos estudados, como a tensão e a condutividade foram correlacionadas positivamente com a repelência dos materiais e costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado; ou seja, quanto maior for os valores de tensão e condutividade, maior serão os valores de repelência desses agrotóxicos nos materiais e costuras dos conjuntos.

A viscosidade foi correlacionada positivamente com a retenção dos agrotóxicos no material e costura do conjunto Camuflado, ou seja, quanto mais viscosa uma formulação é maior a repelência e a retenção do material. Provavelmente devido a maior porosidade da costura em contato com o agrotóxico viscoso dificulta a penetração aumentando a repelência.

O tipo de formulação foi correlacionado positivamente com a retenção da costura do conjunto Camuflado. Este fato provavelmente ocorre devido à estrutura da costura do conjunto.

As concentrações das formulações de agrotóxicos estudadas influenciaram positivamente na repelência da costura dos conjuntos Bege Cru e Camuflado; ou seja, quanto mais concentrada uma formulação ser, maior vai ser a repelência do material Bege Cru e Camuflado aos agrotóxicos.

**Tabela 16.** Coeficiente de correlação de Pearson para as porcentagens de repelência e retenção no material e costura do conjunto Camuflado e para os parâmetros da calda de agrotóxicos, lavagens, partes do corpo do conjunto e procedência de uso.

Variáveis	Bege Cru				Camuflado			
	Repelência		Retenção		Repelência		Retenção	
	Material	Costura	Material	Costura	Material	Costura	Material	Costura
Lavagem	-0,33	-0,23	0,19	0,05	<b>-0,46</b>	-0,06	<b>0,44</b>	0,07
pH	0,00	0,16	-0,15	-0,10	-0,01	0,22	0,21	0,16
Tensão	<b>0,52</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,40</b>	-0,22	<b>0,46</b>	<b>0,44</b>	0,18	0,22
Viscosidade	0,25	0,18	-0,04	0,21	0,33	0,38	<b>0,45</b>	<b>0,68</b>
Condutividade	<b>0,47</b>	<b>0,38</b>	-0,33	-0,13	<b>0,43</b>	<b>0,49</b>	0,28	0,37
Formulação	-0,35	0,31	0,32	<b>0,46</b>	-0,11	-0,21	0,19	<b>0,49</b>
Concentração	0,23	<b>0,40</b>	0,07	0,15	0,13	<b>0,59</b>	0,09	<b>0,59</b>
Procedência	-0,32	-0,05	0,10	0,06	-0,11	0,00	0,03	0,07
Corpo	0,01	-0,01	-0,01	0,01	0,01	0,02	-0,06	0,05

Valores em negrito indicam significância ao nível de 5%.

A concentração também se correlacionou de forma positiva para a retenção da costura. Devido à estrutura da costura ser mais porosa sendo que formulações mais concentradas são também formulações mais viscosas.

#### 4.2. Comparação da eficiência entre os conjuntos de proteção usados no campo e lavados em laboratório e avaliados em manequim

##### 4.2.1. Análise de variância da eficiência do conjunto Bege Cru

A análise de variância dos conjuntos Bege Cru usado por tratorista em aplicações de agrotóxicos, na cultura do citros, com turbopulverizador e do trabalhador em aplicações de herbicidas em jato dirigido às plantas daninhas, na cultura da cana-de-açúcar, com pulverizador costal, lavados em máquina e avaliado em manequim encontra-se na Tabela 17. Na análise de variância pelo teste F observa-se que a

diferença entre os conjuntos sem uso e usados em campo, o número de lavagens e as diferentes partes do corpo do conjunto foram significativas.

A interação do conjunto Bege Cru usado em campo e dos lavados em laboratório com o número de lavagens não foi significativo. Porém, ambos os desdobramentos dentro de cada nível foram significativos, conforme se observa na Tabela 18.

A interação do conjunto Bege Cru (usada no campo e sem uso) para cada parte do corpo do conjunto foi significativa. As demais interações foram significativas, exceto a interação dos conjuntos de proteção utilizados em cana e lavados em laboratório, com o número de lavagens e as partes do corpo.

**Tabela 17.** Análise de variância da eficiência dos conjuntos de Bege Cru usadas no campo, avaliada em manequim, e lavagem em máquina, avaliada em manequim.

Variáveis	GL	Teste F	
		Citros	Cana -de - açúcar
Uso	1	80,94**	149,75**
Lavagens	4	78,28**	27,16**
Partes do corpo	6	244,15**	73,91**
Uso x Lavagens	4	1,43 <sup>NS</sup>	1,52 <sup>NS</sup>
Uso X Partes do corpo	6	82,01**	27,44**
Lavagens X Partes do corpo	24	4,04*	6,20*
Uso X Lavagem X Partes do corpo	24	0,57 <sup>NS</sup>	4,56*

<sup>\*, \*\*, NS</sup> Significativo pelo teste F ( $p < 0,05$  e  $0,01$ , respectivamente) e não significativo.

Os efeitos significativos dos fatores e das interações significativas entre os fatores estudados estão apresentados e discutidos nos subitens a seguintes.

#### 4.2.2. Determinação da eficiência e da vida útil do conjunto Bege Cru

A eficiência dos conjuntos de proteção individual Bege Cru, usados em aplicações de agrotóxicos nas culturas de citros e de cana-de-açúcar, e lavados em laboratório, e avaliados em manequim, encontra na Tabela 18.

Verifica-se que o aumento do número de usos nas culturas de citros, de cana-de-açúcar e lavagens no laboratório reduziu a proteção do conjunto Bege Cru no controle da exposição dérmica à calda de agrotóxico (Tabela 18). Porém, entre 10 e 20 usos e

lavagens na cultura do citros não houve significância; entre 0 e 5 e entre 10 e 20 usos e lavagens na cultura da cana-de-açúcar, para o conjunto sem uso lavado em laboratório a não significância ocorreu entre 5 e 10 usos e lavagens.

**Tabela 18.** Valores médios da eficiência do conjunto Bege Cru sem e com uso em aplicações de agrotóxicos nas culturas de citros e de cana-de-açúcar e lavado em máquina e avaliado em manequim.

N usos e lavagens		Usado e lavado			Sem uso e lavado		
Citros	% CED	% Penet.	C P <sup>2</sup>	% CED	% Penet.	C P	F
0	98,04 A a <sup>1</sup>	1,96	2	98,61 A a	1,39	2	1,90 <sup>NS</sup>
5	96,85 B a	3,15	2	97,40 B a	2,60	2	0,28 <sup>NS</sup>
10	96,41 C a	3,59	2	96,89 B a	3,11	2	3,42 <sup>NS</sup>
20	96,03 C a	3,97	2	96,17 C a	3,83	2	2,30 <sup>NS</sup>
30	95,23 D b	4,77	2	96,87 D a	3,13	2	4,92*
F	32,06			47,65			
C.V. (%)				0,81			
Cana de açúcar		% CED	% Penet.	C P	% CED	% Penet.	C P
0	96,76 A a	3,24	2	97,61 A a	1,39	2	1,42 <sup>NS</sup>
5	96,49 A b	3,51	2	97,40 B a	2,6	2	6,38*
10	95,61 B b	4,39	2	96,89 B a	3,11	2	10,35*
20	95,03 B b	4,97	2	96,17 C a	3,83	2	8,19*
30	92,92 C b	7,08	1	96,87 D a	3,13	2	24,06*
F	12,33			16,35			
C.V. (%)				1,38			

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesma letra minúscula, comparada na linha para cada condição de avaliação, letra maiúscula, comparada na coluna para número de usos e/ou lavagens, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p=0,05$ ).

% CED = % de controle da exposição dérmica

<sup>2</sup> Classe Proposta

\*,<sup>NS</sup> Significativo pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e não significativo.

CSISZAR (1998) observou, em microscopia eletrônica, que após 1 lavagem que materiais hidrorrepelentes dos conjuntos de proteção de trabalhadores rurais começam a esticar ou até mesmo quebrar.

Na Tabela 18 verifica-se que as classes propostas diferiram ligeiramente entre os números de usos e lavagens para definir a vida útil do conjunto Bege Cru. Todos os conjuntos se classificaram na classe 2, exceto com 30 usos e lavagens na cultura de cana-de-açúcar, que classifica-se na classe 1, devido à penetração maior que 5%. De acordo com este estudo, a vida útil do conjunto Bege Cru é 30 usos e lavagens. A vida útil deste conjunto poderia ser maior se o estudo continuasse com 35, 40 ou mais usos e lavagens, ou seja, o número de usos e lavagens avaliado anterior em que a eficiência fosse menor que 80% ou a penetração maior que 10%.

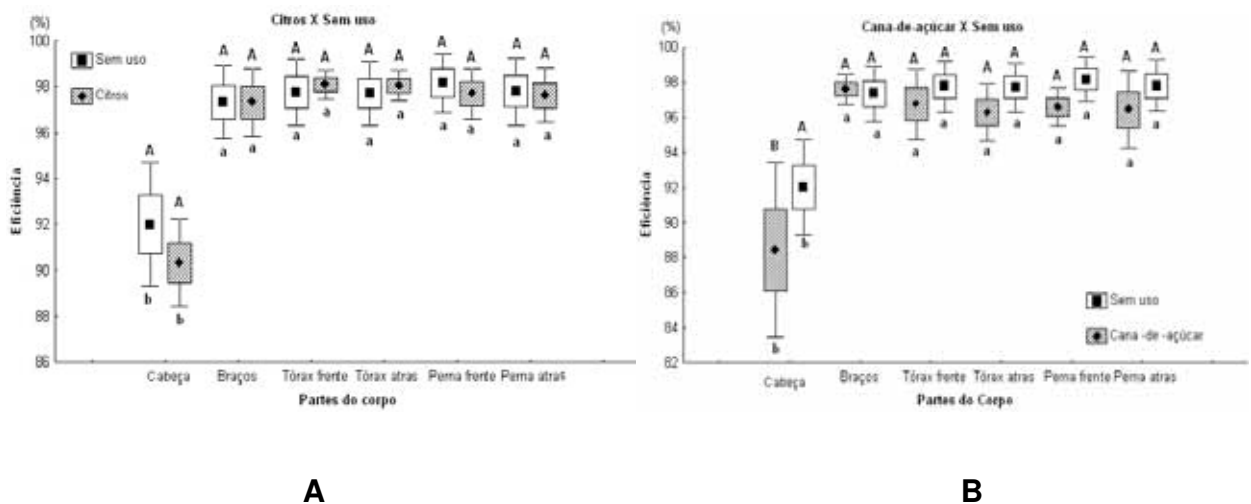
O efeito do uso do conjunto Bege Cru na cultura do citros foi significativo em relação ao conjunto lavado em laboratório somente em 30 usos e lavagens (Tabela 18). Porém, este efeito do uso do conjunto Bege Cru na cultura de cana-de-açúcar foi significativo em relação ao conjunto sem uso, ao longo dos 30 usos e lavagens. Verifica-se que o uso na cultura da cana de açúcar é mais agressivo do que quando comparado ao uso na cultura do citros.

A eficiência do conjunto Bege Cru sem uso lavado em laboratório sem e com 5, 10, 20 e 30 lavagens foi entre 99% e 97%, a penetração da calda foi entre 1% e 3%. A eficiência para o conjunto usado em citros foi entre 98 % a 97 % e a penetração da calda entre 2 % a 5%. Para o conjunto usado na cana-de-açúcar entre 97 % a 93% e a penetração 3 % a 7%.

Em condição de trabalho similar na cultura de citros, OLIVEIRA (2000) constatou que, para a atividade de tratorista, em aplicações com turbopulverizador, o conjunto de proteção individual AZR<sup>®</sup>, composto por 100% de algodão e tratado com óleo fobol, controlou 97% da exposição dérmica. Nesta mesma cultura, OLIVEIRA (2000) também verificou que este conjunto AZR<sup>®</sup> controlou 78% da exposição dérmica do trabalhador em aplicação de agrotóxicos com a pistola do pulverizador de pistolas.

#### 4.2.3. Eficiência do conjunto Bege Cru em reduzir a exposição das partes do corpo

A comparação da eficiência proporcionada pelas partes do conjunto Bege Cru usados por trabalhadores na aplicação de agrotóxicos na cultura do citros ou da cana-de-açúcar, com posteriores lavagens em laboratório, na redução da exposição dérmica potencial estão apresentadas na Figura 26. O gráfico está apresentado em forma de Box-plot, em que o tamanho do box é a variação dos dados dentro do intervalo de confiança de 95%, no centro do box se encontra a média da eficiência das partes do corpo do conjunto Bege Cru, e os whiskers são os desvios padrões.



**Figura 26.** Comparação da eficiência entre e das partes do corpo do conjunto Bege Cru usado na cultura do citros e sem uso (A). Comparação da eficiência entre e das partes do corpo do conjunto Bege Cru usado em cana-de-açúcar e sem uso (B).

Porcentagem de eficiência de mesma letra maiúscula compara entre as partes do corpo, letras minúsculas compara cada parte do corpo para cada conjunto usado e não usado, não diferem significativamente entre pelo teste de Scott-Knott ( $p = 0,05$ ).

A menor eficiência do conjunto Bege Cru usado em campo ou sem uso, entre as partes do corpo foi a cabeça + pescoço, devido a maior exposição pela não utilização de protetor facial na avaliação em manequim, pela norma ASTM F1359.

Entretanto, pode-se dizer que o uso não interferiu na eficiência do conjunto Bege Cru em reduzir a exposição das seguintes partes: braço, tórax frente e atrás e pernas frente e atrás.

O desdobramento dentro de cada nível das partes do corpo entre o conjunto sem e com uso no citros ou na cana-de-açúcar não há significância, exceto para a parte da cabeça + pescoço, ou seja, a porcentagem média de eficiência de cada parte do corpo entre os conjuntos são similares.

A eficiência das partes do conjunto Bege Cru, usado em citros variou de 90% a 98%. Para o conjunto usado na cana-de-açúcar variou de 88% a 98%. Para o conjunto sem uso lavado em laboratório variou de 92% a 98%.

#### **4.2.4. Determinação da eficiência e da vida útil do conjunto Camuflado**

A análise de variância dos conjuntos Camuflado usados no campo e lavados em máquina, avaliado em manequim, está apresentada na Tabela 19. Na análise de variância pelo teste F observa-se que a diferença entre o conjunto de proteção sem uso e usado em campo, o número de lavagens e as diferentes partes do corpo do conjunto foram significativas, exceto para a diferença de uso na cultura do citros.

A interação do conjunto Camuflado usado na cultura do citros e sem uso para o número de lavagens não foi significativa. Porém, esta interação para o conjunto usado na cultura da cana de açúcar e sem uso foi significativa.

O efeito do uso entre partes do corpo conjunto Camuflado na cultura do citros e do conjunto sem uso não foi significativo; ou seja o uso não afetou a eficiência entre as partes do conjunto. Porém, esta interação foi significativa para o uso do conjunto na cultura da cana-de-açúcar e o não uso, ou seja, o uso por aplicadores foi diferente entre as partes do corpo do conjunto.

A interação do número de lavagens, em relação às partes do corpo do trabalhador vestido com o conjunto Camuflado foi significativo, o que indica que a eficiência entre as partes do corpo foi reduzida pelo processo de uso e/ou lavagens.

A interação do uso do conjunto Camuflado pelo trabalhador na cultura do citros e sem uso em relação ao número de lavagens e as partes do corpo do conjunto não foi significativa. Porém, esta interação para o uso do conjunto na cana foi significativa, ou seja, estas variáveis interferem na eficiência do conjunto.

**Tabela 19.** Análise de variância da eficiência do conjunto Camuflado usado no campo, avaliada e lavagem em máquina, avaliada em manequim.

Variáveis	GL	Citros	Cana -de - açúcar
		Teste F	
Uso	1	2,29 <sup>NS</sup>	135,17**
Lavagens	4	379,00**	281,53**
Partes do corpo	6	196,39**	142,54**
Uso x Lavagens	4	1,02 <sup>NS</sup>	4,33*
Uso X Partes do corpo	6	0,18 <sup>NS</sup>	15,14**
Lavagens X Partes do corpo	24	14,30**	12,70**
Uso X Lavagem X Partes do corpo	24	0,13 <sup>NS</sup>	3,09**

\*, \*\*, NS Significativo pelo teste F ( $p < 0,05$  e  $0,01$ , respectivamente) e não significativo.

Os efeitos significativos dos fatores e das interações significativas entre os fatores estudados estão apresentados e discutidos nos subitens a seguintes.

#### 4.2.5. Determinação da vida útil do conjunto Camuflado

A eficiência do conjunto de proteção individual Camuflado, usado em aplicações de agrotóxicos na cultura do citros e de cana-de-açúcar, lavados em laboratório, e avaliado em manequim, encontra-se na Tabela 20.

Verifica-se que o aumento do número de usos e lavagens dos conjuntos usados na cultura de citros, de cana-de-açúcar e lavagens no laboratório reduziu o controle da exposição dérmica à calda de agrotóxico (Tabela 20).

**Tabela 20.** Valores médios da eficiência do conjunto Camuflado sem e com usos em aplicações de agrotóxicos nas culturas de citros e de cana-de-açúcar, e lavado em laboratório.

N. usos e lavagens	Usado e lavado			Sem uso e lavado			
	Citros	% CED	% Penet.	C P <sup>2</sup>	% CED	% Penet.	C P
0	96,37 A a <sup>1</sup>	3,63	2	96,50 A a	3,50	2	0,05 <sup>NS</sup>
5	93,93 B a	6,07	1	94,09 B a	5,91	1	0,06 <sup>NS</sup>
10	92,40 C a	7,60	1	92,45 C a	7,55	1	0,00 <sup>NS</sup>
20	88,28 D a	11,72	R <sup>3</sup>	88,52 D a	11,48	R	0,14 <sup>NS</sup>
30	79,82 E b	20,18	R	81,39 E a	18,61	R	6,12*
F	207,73**			172,31*			
C.V. (%)	2,22						
Cana de açúcar	% CED	% Penet.	C P	% CED	% Penet.	C P	
0	93,91 A b	6,09	1	96,50 A a	3,50	2	11,04*
5	91,55 B b	8,45	1	94,09 B a	5,91	1	10,52*
10	88,76 C b	11,24	1	92,45 C a	7,55	1	21,73*
20	82,51 D b	17,49	R	88,52 D a	11,48	R	58,47*
30	75,78 E b	24,22	R	81,39 E a	18,61	R	50,71*
F	173,69*			112,17*			
C.V. (%)	2,8						

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesma letra minúscula, comparada na linha para cada condição de avaliação, letra maiúscula, comparada na coluna para número de usos e/ou lavagens, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p=0,05$ ). <sup>2</sup> Classe Proposta. <sup>3</sup> R = Reprovado. % CED = % de controle da exposição dérmica <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup>, <sup>NS</sup> Significativo pelo teste F ( $p < 0,05$  e  $0,01$ , respectivamente) e não significativo.

A eficiência do conjunto não usado e lavado em laboratório foi significativamente maior que o usado na cana-de-açúcar. Porém, em relação ao conjunto usado no citros esta significância ocorreu somente para 30 usos e lavagens.

Na Tabela 20 verifica-se que as classes propostas diferiram entre os números de usos e lavagens para definir a vida útil o conjunto Camuflado. Pela avaliação de eficiência do conjunto Camuflado sem uso lavado em laboratório e usado no campo (citros e cana-de-açúcar), a vida útil foi de 10 usos e lavagens.

A eficiência foi entre 96 % e 81%, para o conjunto Camuflado lavado em laboratório sem e com 5, 10, 20 e 30 lavagens e a penetração da calda entre 3 % e 19%. O conjunto Camuflado usado em citros controla entre 96% e 80 % da exposição dérmica, penetração da calda entre 4% e 20 %. O conjunto Camuflado usado na cana-de-açúcar controla entre 94 % e 76 % da exposição dérmica, e a penetração da calda 6 % a 24 %.

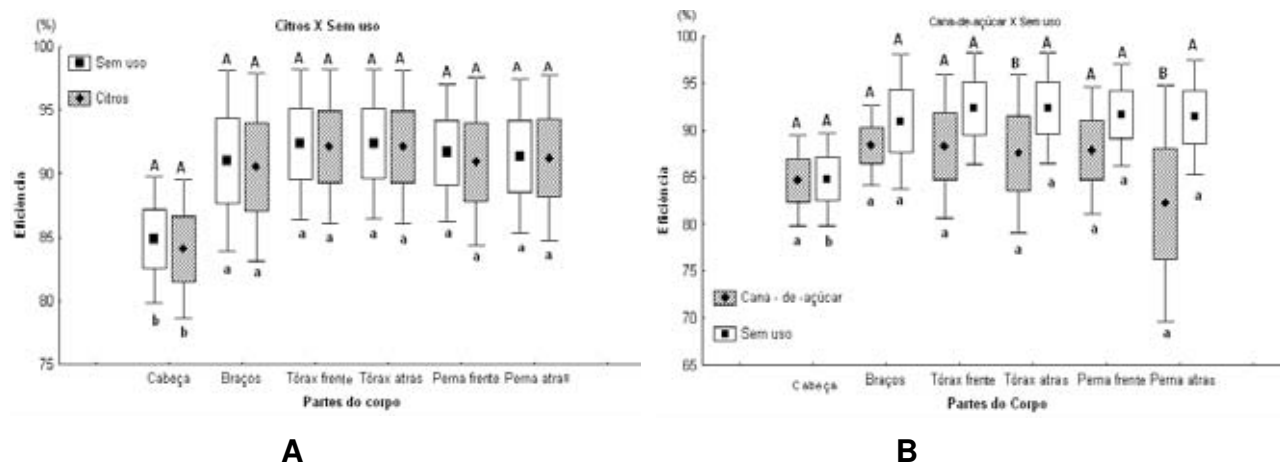
A diferença da eficiência entre o conjunto Camuflado usado na cana de açúcar foi significativa em relação ao conjunto não usado para os 30 usos e lavagens. Para a eficiência do conjunto usada em citros, esta diferença significativa ocorreu apenas em 30 usos e lavagens.

#### **4.2.6. Eficiência do conjunto Camuflado em reduzir a exposição das partes do corpo**

A comparação da eficiência proporcionada pelas partes do conjunto Camuflado usados por trabalhadores na aplicação de agrotóxicos na cultura do citros ou da cana-de-açúcar, com posteriores lavagens e vestimentas sem uso, somente lavada em laboratório, na redução da exposição dérmica potencial estão apresentadas na Figura 27. Nos gráficos em box-plot (Tabela 22) observa-se em box o intervalo de confiança de 95% dos dados de porcentagem de eficiência de cada parte do corpo do conjunto Camuflado usado em campo e lavado em laboratório, e os whiskers são apresentados como desvio padrão.

A menor eficiência do conjunto usado em campo e lavado em laboratório, entre as partes do corpo foi cabeça + pescoço, devido a maior exposição pela não utilização de protetor facial, na avaliação realizada em manequim, pela norma ASTM F 1359.

A eficiência de cada parte do corpo não foi significativa entre o conjunto Camuflado sem e com uso no citros, ou seja, a diferença do uso na cultura do citros não interferiu na eficiência do conjunto. Já este mesmo desdobramento de cada parte do corpo entre os conjuntos sem e com uso na cana foi significativo, ou seja o uso mais agressivo interferiu na eficiência desse conjunto.



**Figura 27.** Comparação da eficiência entre e das partes do corpo do conjunto Camuflado usadas na cultura do citros e sem uso (A). Comparação da eficiência entre e das partes do corpo do conjunto Camuflado usado em cana-de-açúcar e sem uso (B).

Porcentagem de eficiência de mesma letra maiúscula compara entre as partes do corpo, letras minúsculas compara cada parte do corpo para cada conjunto usado e não usado, não diferem significativamente entre pelo teste de Scott-Knott ( $p = 0,05$ ).

As eficiências das partes do tronco atrás e perna atrás do conjunto Camuflado usado na cultura da cana-de-açúcar foram significativamente menores do que estas mesmas partes do conjunto sem uso, lavado em laboratório. Isto se deve ao maior desgaste do uso costal e ao caminhamento para frente.

PROTANO et al. (2009) verificaram que as eficiências das regiões do corpo do conjunto variam dependendo do método de aplicação de agrotóxico utilizado pelo trabalho.

A eficiência das partes do corpo do conjunto Camuflado usado em citros variou de 84% a 92%. Para o conjunto usado na cana-de-açúcar variou de 82% a 88%. Para o conjunto sem uso lavado em laboratório variou de 85% a 92%.

#### 4.2.7. Efeito de usos e lavagens na eficiência dos conjuntos de proteção individual

A comparação da eficiência dos conjuntos de proteção individual Bege Cru e Camuflado entre usos e lavagens nas culturas de citros e de cana-de-açúcar, e sem uso, lavado em laboratório encontra-se na Tabela 21.

**Tabela 21.** Comparação da eficiência (%) dos conjuntos de proteção individual Bege Cru e Camuflado após usos e lavagens nas culturas de citros e de cana-de-açúcar, e sem uso, lavado em laboratório.

N usos e lavagens	Cana-de-açúcar	Citros	Sem uso	F
Bege Cru		% CED		
0	96,76 A <sup>†</sup>	98,04 A	98,61 A	3,36 <sup>NS</sup>
5	96,49 A	96,85 A	97,40 A	1,89 <sup>NS</sup>
10	95,61 A	96,41 A	96,89 A	2,95 <sup>NS</sup>
20	95,03 A	96,03 A	96,17 A	2,50 <sup>NS</sup>
30	92,92 B	95,23 A	96,87 A	7,33*
Camuflado		% CED		
0	93,91 B	96,37 A	96,50 A	3,52*
5	91,55 A	93,93 A	94,09 A	2,68 <sup>NS</sup>
10	88,76 B	92,40 A	92,45 A	4,13*
20	82,51 B	88,28 A	88,52 A	6,69*
30	75,78 A	79,82 A	81,39 A	2,13 <sup>NS</sup>

<sup>†</sup> Médias seguidas de mesmas letras, comparadas na linha dentro de cada número de usos e lavagens, não diferem significativamente entre pelo teste de Scott-Knott ( $p = 0,05$ ). % CED = % de controle da exposição dérmica. \*,<sup>NS</sup> Significativo pelo teste F ( $p < 0,01$ ) e não significativo.

A eficiência do conjunto Bege Cru usado por aplicadores de herbicida na cultura da cana-de-açúcar foi menor que a do conjunto Bege Cru sem uso e usado no citros, para 30 usos e lavagens. Para o conjunto Camuflado usado na cana de açúcar, a eficiência foi menor para 0, 10 e 20 usos e lavagens.

#### 4.2.8. Comparação entre as porcentagens de eficiência dos conjuntos Bege Cru e Camuflado pelo efeito de usos e lavagens

Na Tabela 22 verifica-se que a eficiência dos conjuntos Bege Cru usados na cultura do citros e da cana-de-açúcar foi maior que o conjunto Camuflado, para os 30 usos e lavagens. Provavelmente isto tenha ocorrido que devido à maior gramatura deste tecido (143,4 g/m<sup>2</sup>) em relação à do Camuflado (82,2 g/m<sup>2</sup>).

A quantidade de agrotóxico que penetra nos tecidos dos conjuntos de proteção é influenciada pela característica de construção da fibra do tecido. Os conjuntos de proteção constituídos de tecido de algodão controlaram mais a exposição de agrotóxicos do que conjuntos constituídos de algodão/poliéster (LEONAS, 1991)

**Tabela 22.** Valores médios das porcentagens de controle da exposição dérmica pelos conjuntos de proteção individual Bege Cru e Camuflado, com diferentes números de usos e lavagens nas culturas de citros e de cana-de-açúcar.

N. usos e Lavagens	Conjunto	Cana-de-açúcar	Citros
0	Bege Cru	96,76 A	98,04 A
	Camuflado	93,91 B	96,37 B
5	Bege Cru	96,49 A	96,85 A
	Camuflado	91,55 B	93,93 B
10	Bege Cru	95,61 A	96,41 A
	Camuflado	88,76 B	92,40 B
20	Bege Cru	95,03 A	96,03 A
	Camuflado	82,51 B	88,28 B
30	Bege Cru	92,92 A	96,23 A
	Camuflado	75,78 B	79,88 B
F		80,49*	159,39**
C.V.(%)		2,53	1,51

<sup>†</sup> Médias seguidas de mesmas letras, comparadas na coluna dentro de usos e lavagens, não diferem significativamente entre pelo teste de Scott-Knott ( $p = 0,05$ ).

<sup>\*\*</sup> Significativo pelo teste F ( $p < 0,05$  e  $0,01$ , respectivamente).

Esse efeito deve-se ao fato de que a penetração de líquido de agrotóxicos diminui com o aumento da espessura do tecido, compactação dos fios no tecido,

entrelaçamento dos fios e o fator de cobertura dos fios (LEE & OBENDORF 2005). A penetração do inseticida metamidofós em tecido Jeans (0,75 mm e 458,66 g m<sup>-2</sup>) foi menor que no tecido Bege, da empresa Azeredo (0,25 mm; 153,49 g. m<sup>-2</sup>), após 0, 10, 20 e 30 lavagens, devido à maior gramatura e espessura do tecido Jeans (OLIVEIRA & MACHADO NETO 2005).

Antes de iniciar uma pulverização seria importante indicar a vestimenta ou o conjunto de proteção adequado ao risco, pois de acordo com a Tabela 12 a eficiência de dois conjuntos de proteção foi diferente para uma mesma exposição na cultura do citros ou da cana-de-açúcar.

Os resultados de eficiência dos conjuntos Bege Cru e Camuflado estão de acordo com os encontrados por PROTANO et al. (2009) em que a eficiência de conjuntos de proteção de algodão variou de 84% a 92%, utilizando-se pulverizador de barras montado com diferentes agrotóxicos. A penetração de diferentes agrotóxicos em conjuntos de algodão variou de 11% a 27% (VITALI et al., 2009). NIGG et al, (1992), encontrou penetração do inseticida ethion variou de 2,5% a 3% em conjuntos de proteção de algodão/poliéster tratados com substâncias hidrorrepelentes.

#### **4.3. Comparação entre os métodos de avaliação quantitativa, semiquantitativa e qualitativa para avaliação da eficiência dos conjuntos de proteção individual**

A eficiência dos conjuntos de proteção Bege Cru e Camuflado usados na cultura de citros, pela comparação dos métodos de avaliação quantitativa, semiquantitativa e qualitativa da encontram-se nas Tabelas 23 e 24. As maiores pontuações, presença de manchas e menor eficiência, na cabeça e pescoço devem-se à não proteção da face do manequim pelo não uso de protetor facial. A face foi diretamente atingida pela pulverização. Pelo método de avaliação qualitativa, a vida útil do conjunto Bege Cru é maior que 30 usos e lavagens e do Camuflado, 20 usos e lavagens, pois o diâmetro da mancha do corante fluorescente excedeu aos 3 cm<sup>2</sup>, de acordo com a ISO 27065 (ISO, 2011).

**Tabela 23.** Valores médios de eficiência no controle de exposição dérmica (%), pontuação, e mancha visual do corante fluorescente internos no conjunto de proteção Bege Cru, usado por tratoristas em aplicações de agrotóxicos na cultura de citros, avaliados em manequim.

N. de usos e Lavagens	Avaliações	Partes do corpo						Média		Classe Proposta
		Cabeça + Pescoço	Braço	Tronco		Perna		%CED	% Pen	
0	Eficiência	92,97	99,03	98,25	99,28	99,33	99,4	98,04	1,96	2
	Pontos	15	1	1	1	1	1	20		
	Mancha*	+	-	-	-	-	-	A		
5	Eficiência	92,37	97,41	97,08	97,91	98,01	98,34	96,85	3,15	2
	Pontos	15	1	1	1	1	1	20		
	Mancha*	+	-	-	-	-	-	A		
10	Eficiência	91,91	97,04	97,32	97,58	97,03	97,58	96,41	3,59	2
	Pontos	15	1	1	1	2	2	22		
	Mancha*	+	-	-	-	-	-	A		
20	Eficiência	90,93	96,65	97,44	97,39	96,9	96,92	96,03	3,97	2
	Pontos	20	1	1	1	2	2	27		
	Mancha*	+	-	-	-	-	-	A		
30	Eficiência	88,59	95,86	97,11	97,03	96,61	96,18	95,23	4,77	2
	Pontos	20	2	2	2	2	2	30		
	Mancha*	+	-	-	-	-	-	A		

\* mancha com  $\varnothing > 3$  cm + = Presença da mancha - = Ausência da mancha A = Aprovado R = Reprovado

Ao longo de 30 usos e lavagens a pontuação semiquantitativa do conjunto Bege Cru usado no citros aumentou, Porém, o tamanho das manchas não excedeu o diâmetro maior que 3 cm de reprovação; proposto na ISO 27065 (ISO, 2011).

Na avaliação semiquantitativa do conjunto Bege Cru usado na cultura do citros observa-se que as partes do corpo em que ocorreram as maiores penetrações foram as pernas frente e atrás desde o início de 10 usos e lavagens.

**Tabela 24.** Valores médios de eficiência no controle de exposição dérmica (%), pontuação, e mancha visual do corante fluorescente internos no conjunto de proteção Camuflado, usado por tratoristas em aplicações de agrotóxicos na cultura de citros, avaliados em manequim.

N. de usos e Lavagens	Avaliações	Partes do corpo						Média		Classe Proposta
		Cabeça + Pescoço	Braço	Tronco		Perna		%CED	% Pen	
0	Eficiência	89,70	97,40	97,53	97,60	97,90	98,11	96,37	3,63	2
	Pontos	15	2	2	2	2	2	25		
	Mancha*	+	-	-	-	-	-	A		
5	Eficiência	86,84	95,55	96,63	96,44	94,10	94,04	93,93	6,07	1
	Pontos	15	2	2	2	2	2	25		
	Mancha*	+	-	-	-	-	-	A		
10	Eficiência	84,41	94,35	95,10	94,86	92,80	92,83	92,40	7,60	1
	Pontos	15	4	4	4	4	4	35		
	Mancha*	+	-	-	-	-	-	A		
20	Eficiência	83,43	85,13	89,14	89,60	90,51	91,90	88,28	11,72	R
	Pontos	20	4	4	4	6	6	44		
	Mancha*	+	-	-	-	-	-	A		
30	Eficiência	76,04	80,41	82,17	81,57	79,42	79,33	79,82	20,18	R
	Pontos	20	9	9	9	9	9	65		
	Mancha*	+	+	+	+	+	+	R		

\* mancha com  $\varnothing > 3$  cm + = Presença da mancha - = Ausência da mancha A = Aprovado R = Reprovado

Pela avaliação semiquantitativa do conjunto Camuflado usado em citros observa-se o aumento a partir de 10 usos e lavagens, Porém, à parte do corpo em que ocorreram as maiores pontuações foram as pernas frente e atrás a partir de 20 usos e lavagens.

Pela avaliação qualitativa observa-se a penetração do corante fluorescente principalmente nas costuras e no interior dos conjuntos de proteção. Nota-se que a construção do conjunto Camuflado é diferente da construção do conjunto Bege Cru, pois se observa sinais de corante nas costuras interna do velcro do conjunto Camuflado.

As maiores pontuações, presença de manchas e menor eficiência na cabeça e pescoço deve-se a não proteção da face do manequim pelo não uso de mascara facial. A face foi diretamente atingida pela pulverização.

**Tabela 25.** Valores médios de eficiência no controle de exposição dérmica (%), pontuação, e mancha visual do corante fluorescente internos no conjunto de proteção Bege Cru, usado por trabalhadores em aplicações do herbicida glifosato em cultura de cana-de-açúcar com o pulverizador costal, avaliados em manequim.

N. de usos e Lavagens	Avaliações	Partes do corpo						Média		Classe Proposta
		Cabeça + Pescoço	Tronco		Perna		%			
			Braço	Frente	Atrás	Frente	Atrás	CED	% Pen	
0	Eficiência	93,43	98,12	97,41	97,76	96,87	96,95	97,76	2,24	2
	Pontos	20	1	1	1	1	1	25		
	Mancha*	+	-	-	-	-	-	A		
5	Eficiência	91,45	97,64	97,63	95,75	96,94	99,54	96,49	3,51	2
	Pontos	15	2	2	2	2	2	25		
	Mancha*	+	-	-	-	-	-	A		
10	Eficiência	88,34	97,34	97,67	97,16	97,15	96,01	95,61	4,39	2
	Pontos	15	4	4	6	4	6	39		
	Mancha*	+	-	-	-	-	-	A		
20	Eficiência	87,76	97,76	97,56	94,71	96,74	95,65	95,03	4,97	2
	Pontos	20	4	4	4	4	6	42		
	Mancha*	+	-	-	-	-	+	R		
30	Eficiência	85,32	96,13	94,07	93,33	95,44	93,23	92,92	7,08	1
	Pontos	20	6	6	12	6	12	62		
	Mancha*	+	+	+	+	+	+	R		

\* mancha com  $\varnothing > 3$  cm + = Presença da mancha - = Ausência da mancha A = Aprovado R = Reprovado

A vida útil, pela avaliação qualitativa do conjunto Bege Cru é de 10 usos e lavagens e o Camuflado, de 5 usos e lavagens na cultura de cana-de-açúcar em aplicações do herbicida glifosato em jato dirigido às plantas daninhas, pois o diâmetro da mancha do corante excedeu o limite proposto da ISO 27065 (ISO, 2011). Estes resultados diferem da classificação pelas classes proposta de acordo com a ISO 16602 (ISO, 2007). Neste caso, o método qualitativo está mais restritivo, pois a vida útil do conjunto Bege Cru, usado em cana-de-açúcar, avaliado em manequim pelo método quantitativo é maior que 30 usos e lavagens e para o Camuflado, 10 usos e lavagens.

**Tabela 26.** Valores médios de eficiência no controle de exposição dérmica (%), pontuação, e mancha visual do corante fluorescente internos no conjunto de proteção Camuflado, usado por trabalhadores em aplicações do herbicida glifosato em cultura de cana-de-açúcar com o pulverizador costal, avaliados em manequim.

N. de usos e Lavagens	Avaliações	Partes do corpo						Média		Classe Proposta
		Cabeça + Pescoço	Braço	Tronco		Perna		% CED	% Pen	
0	Eficiência	89,58	91,94	95,28	95,33	95,7	95,6	93,91	6,09	1
	Pontos	15	4	4	4	4	4	35		
	Mancha*	+	-	-	-	-	-	A		
5	Eficiência	87,82	91,3	94,74	94,63	91,42	89,37	91,55	8,45	1
	Pontos	15	4	4	4	4	4	35		
	Mancha*	+	-	-	-	-	-	A		
10	Eficiência	85,4	90,1	90,59	90,48	89,65	86,36	88,76	11,24	R
	Pontos	15	4	4	6	4	6	39		
	Mancha*	+	-	-	-	-	+	R		
20	Eficiência	83,2	85,06	82,66	81,69	84	78,44	82,51	17,49	R
	Pontos	20	4	4	9	6	9	52		
	Mancha*	+	-	-	-	+	+	R		
30	Eficiência	77,43	83,53	78,56	75,54	78,56	61,35	75,78	24,22	R
	Pontos	20	9	9	12	9	12	71		
	Mancha*	+	+	+	+	+	+	R		

\* mancha com  $\varnothing > 3$  cm + = Presença da mancha - = Ausência da mancha A = Aprovado R = Reprovado

Estas variações desproporcionais da pontuação em relação às variações de porcentagem de eficiência, do conjunto Bege Cru e Camuflado na cultura de cana-de-açúcar são devidas às duas variáveis de avaliação: a intensidade da cor da mancha e a porcentagem da área manchada pelo marcador fluorescente utilizado, e pela própria dificuldade do avaliador em padronizar a visão para realizar a avaliação visual de forma uniforme. Além destas dificuldades, a pontuação oferece pouca informação da eficiência dos conjuntos de proteção individual, pois não existe nenhum critério de aceitabilidade de proteção.

Portanto, as avaliações visuais qualitativas e semiquantitativas não são adequadas e eficientes quanto à avaliação quantitativa para avaliar a proteção dos conjuntos de proteção individual.

Pelas avaliações visuais observa-se que as costuras e fechamento das partes dos dois conjuntos apresentaram maior penetração do traçador fluorescente do que o

próprio material. Pelo procedimento de avaliação visual, de acordo com a ISO 27065 (ISO, 2011), os conjuntos de proteção são reprovados quando existem machas com diâmetro superior de 3 cm<sup>2</sup>. Porém, nas vestimentas de amostragem foram observadas pequenas manchas abaixo de 3 cm<sup>2</sup> de diâmetro em diversas regiões do corpo, Dessa forma, torna-se importante a avaliação quantitativa, pois esta indica o nível de controle a exposição dérmica aos agrotóxicos.

A qualidade das imagens por traçador fluorescente depositada sobre a pele de aplicadores de agrotóxicos interfere na avaliação semiquantitativa, conseqüentemente na variabilidade dos dados (ARAGÓN et al. 2004). A inconstância de imagens opacas de traçadores fluorescentes tem sido provocada pela barreira dos conjuntos de proteção dos aplicadores de agrotóxicos, Porém, com os traçadores são identificados pontos de maior exposição (ARAGÓN et al. 2006).

As pontuações com score acima de 6 ocorreram na avaliação qualitativa para as pernas atrás, seguida do tórax atrás dos conjunto de proteção Bege Cru e Camuflado. MACHADO-NETO et al. (1996) observaram pontuações na avaliação semiquantitativa entre 0 a 13,5, onde o tórax foi a parte mais exposta do aplicador de inseticidas em café.

A pontuação e a eficiência são inversamente proporcionais para os dois conjuntos, ou seja, quanto maior o número de usos e lavagens menor a eficiência e maior a pontuação. A eficiência do conjunto Camuflado é reduzida mais intensamente com o número de usos e lavagens que o Bege Cru. A eficiência do conjunto Bege Cru foi ligeiramente reduzida pelo uso e lavagens, mas a pontuação, avaliada visualmente é maior nessas condições.

Entretanto, os conjuntos de proteção ainda controlaram mais de 80% da exposição dérmica e com menos de 10% de penetração; ou seja, ainda estão eficazes. Portanto, o método qualitativo é menos adequado.

Em trabalhos futuros seria importante avaliar outros tipos de conjuntos de proteção juntamente com outros tipos de moléculas de agrotóxicos de diferentes formulações, para que se possam melhorar os conjuntos de proteção individual contra os agrotóxicos. Estudos de eficiência de vestimentas de proteção realizados em

manequim podem minimizar os riscos de contaminação dos aplicadores que são utilizados na avaliação em campo.

## 5. CONCLUSÕES

Os materiais com 100% algodão são eficientes, mas a presença de fibra sintética (31% poliéster e 69% algodão) e a menor gramatura reduz a proteção dos materiais.

A presença de costuras nos conjuntos de proteção reduz a eficiência no controle da exposição dérmica, exceto para a formulação Supera SC<sup>®</sup>.

O efeito de usos e/ou lavagens reduz a eficiência do material e da costura do conjunto Bege Cru, exceto para as formulações de Roundup Original SAq<sup>®</sup> e Supera SC<sup>®</sup>. A eficiência do material e da costura do conjunto Camuflado não é afetada por usos e/ou lavagens, para a formulação de Supera SC<sup>®</sup>.

A eficiência dos materiais e costura dos conjuntos Bege Cru Camuflado é reduzida pelas caldas, em relação às formulações, de Roundup Original<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup> e Supera SC<sup>®</sup> em relação as formulações desses agrotóxicos.

A penetração dos agrotóxicos no material dos conjuntos Bege Cru e Camuflado é favorecida pelo número de usos e lavagens, pela menor tensão superficial e condutividade das caldas e formulações de Roundup Original<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup> e Supera SC<sup>®</sup>. No material e na costura do conjunto Camuflado e na costura do conjunto Bege Cru, a penetração dos agrotóxicos é favorecida pela viscosidade e diluição das caldas e formulações.

A perda da repelência dos materiais e das costuras dos conjuntos Bege Cru e Camuflado é favorecida pela menor tensão e condutividade das caldas e formulações de Roundup Original<sup>®</sup>, Nufos CE<sup>®</sup> e Supera SC<sup>®</sup>.

A retenção no material Camuflado é maior com o aumento do número de usos e lavagens e com a maior viscosidade das formulações dos agrotóxicos e na costura é maior com o aumento da concentração da formulação dos agrotóxicos.

A vida útil do conjunto Bege Cru lavado em laboratório e usado em citros é de 30 usos e/ou lavagens, classifica-se na classe 2 proposta e com vida útil de 30 lavagens. Para o conjunto Camuflado nestas condições, a vida útil é de 10 lavagens para classe 1, sem uso e lavagem para classe proposta 2.

A vida útil, para o conjunto Bege Cru, usado e lavado na condição de trabalho na cultura de cana-de-açúcar é de 20 lavagens na classe 2 e 30, na classe 1 proposta. A vida útil, para o conjunto Camuflado usado e lavado na condição de trabalho na cultura de cana-de-açúcar é de 5 usos e lavagens.

Pelo método de avaliação qualitativa, a vida útil do conjunto Bege Cru é de 30 usos e lavagens na condição de trabalho na cultura do citros e a do Camuflado, de 20 usos e lavagens.

Pelo método de avaliação qualitativa, a vida útil do conjunto Bege Cru é de 10 usos e lavagens e o Camuflado, de 5 usos e lavagens na cultura de cana-de-açúcar. O método semiquantitativo é inadequado, pois não há limite de reprovação do conjunto de proteção individual.

A avaliação quantitativa é mais adequada que as qualitativas para determinar a eficácia e a vida útil das vestimentas proteção individual, de acordo com o controle da exposição dérmica como um todo e não apenas em pontos específicos de falha.

A avaliação qualitativa é adequada para a verificação de falhas de modelagem e de costuras e não para a determinação da vida útil.

A proposta de classificação é adequada e mais precisa para determinar a vida útil das vestimentas de proteção individual contra agrotóxicos confeccionados com materiais hidrorrepelentes com diferentes composições e números de usos e lavagens.

## 6. REFERENCIAS

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 475 de 19 de março de 2002. Guia para validação de métodos analíticos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 02 jun. 2003. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2002/475\\_02re.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2002/475_02re.htm)> Acesso em: 15 ago. 2011.

ARAGÓN A.; BLANCO L.; LÓPEZ L.; LIDÉN C.; NISE G.; WESSELING C. Reliability of a visual scoring system with fluorescent tracers to assess dermal pesticide exposure. **Annual of occupational Hygiene**, v 48, n. 7, p. 601–606, 2004

ARAGÓN, A.; BLANCO, L.; FUNEZ, A.; RUEPERT, C., LIDÉN, C.; NISE, G.; WESSELING, C. Assessment of dermal pesticide exposure with fluorescent tracer: A modification of a visual scoring system for developing countries. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 50 n.1, p.75–83, 2006

APREA C.; TEREZONI B.; DE ANGELIS V.; SCIARRA G.; LUNGHINI L.; BORZACCHI G.; VASCONI D.; FANI D.; QUERCIA A.; SALVAN A.; SETTIMI L. Evaluation of skin and respiratory doses and urinary excretion of alkylphosphates in workers exposed to dimethoate during treatment of olive trees. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.48, p.127–134, 2004

APREA, C.; CENTI, L.; SANTINI, S.; LUNGHINI, L.; BANCHI, B.; SCIARRA, G. Exposure to omethoate during stapling of ornamental plants in intensive cultivation tunnels: influence of environmental conditions on absorption of the pesticide. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.49, n.4, p. 577–588, 2005.

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/hpptl/pdfs/ProtClothEquip Review.pdf](http://www.cdc.gov./NIOSH/hpptl/pdfs/ProtClothEquip%20Review.pdf). Acesso em 03 de maio de 2011.

BLAIR, A. et al. Disease and injury among participants in the agricultural health study. **Journal of Agricultural Safety Health**, v. 11,n. 2, p.141–150, 2005.

BLANCO, L.E.; ARAGÓN, A.; LUNDBERG,I.; WESSELING, C.; NISE, G. The determinants of dermal exposure ranking method (DERM): A pesticide exposure assessment approach for developing countries. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.52, n.6, p.535-544, 2008.

BRASIL, Ministério do Trabalho e do Emprego. NR – 31: norma regulamentadora de segurança e saúde no trabalho na agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 04 de março de 2005, Seção, p. 31.

BRASIL. Ministério do Trabalho. NR - 6. Equipamentos de proteção individual – EPI. Portaria nº 3.214, de 08 -07-1978. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, 1978.

Brasil. Portaria Secretaria de Inspeção do Trabalho/Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho nº 189 de 22.07.2010. Adequa o Anexo II da Portaria nº 121/09 - Normas Técnicas Aplicáveis aos Equipamentos de Proteção Individual - EPI.

Brasil. Portaria Secretaria de Inspeção do Trabalho/Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho nº 246 de 29.06.2011. Altera a Portaria SIT nº 189/2010.

BROUWER, D.H.; MARQUART, H.; VAN HEMMEN, J.J. Proposal for an approach with default values for the protection offered by PPE, under European new or existing substance regulations. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 45,p.543-53, 2001.

BUTCHER, B. T. Inhalation challenge testing with toluene diisocyanate. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**. v. 64, p.655-657, 1979.

CHERRIE, J.W.; BROUWER, D.H.; ROFFS, M.; VERMEULEN, R.; KROMHOUT, H. Use of qualitative and quantitative fluorescence techniques to asses dermal exposure. **The Annals of Occupational Hygiene**, v.44, n.7, p.519-522, 2000.

CRISTÓFORO, A.B.; MACHADO NETO, J.G. Segurança das condições de trabalho de tratorista em aplicações de herbicida em soja e amendoim e eficiência de equipamentos de proteção individual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.27, p.1-9, 2007.

CSISZAR, E., BORSA, J.; RÁCZ, I.; OBENDORF, S. K. Reduction in human exposure to pesticide using traditional work clothing fabrics with chemical finishing : carboxymethylation and starch. **Archives of Environmental and Toxicology**, v.35, p.129-134, 1998.

DOSEMECI, M.; ALAVANJA M.C.R.; ROWLAND A.S.; MAGE D., ZAHM S.H. A quantitative approach for estimating exposure to pesticide in the agricultural health study **Annals of Occupational Hygiene**, v.2, p.245-260, 2002.

DRIVER, J.; ROSS, J.; MIHLAN, G.; LUNCHICK, C.; LANDENBERGER, B. Derivation of single layer clothing penetration factors from the pesticide handlers exposure database. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v 49, p. 125–137, 2007.

DAROUX, F.Y et al. Effect of laundering on blunt force impact damage in fabrics. **Forensic Science International**, v.197, p. 21-29, 2010.

EN - EUROPEAN STANDARD 14786. Protective clothing - Determination of resistance to penetration by sprayed liquid chemicals, emulsions and dispersions -Atomizer test. Austria, 17 p., 2006.

FABIAN,C.L.; GARCIA-SANTOS,G.;LEUENBERGER,F.; NUYTTENS, D.; BINDER, C.R. Dermal exposure assessment of pesticide use: The case of sprayers in potato farms inthe Colombian highlands. **Science of the Total Environment**, v. 430, p. 202-208, 2012.

FAULDE, M.K.; UEDELHOVEN, W.M.; ROBBINS, R.G. Contact toxicity and residual activity of different permethrin-based fabric impregnation methods for *Aedes aegypti* (diptera: culicidae), *Ixodes ricinus* (acari: ixodidae), and *Lepisma saccharina* (thysanura: Lepismatidae). **Journal of Medical Entomology**, v.40, n.6, p.935-941, 2003.

FENSKE, R.A. Visual scoring system for fluorescent tracer evaluation of dermal exposure to pesticides. **Bulletin of Environmental Contamination Toxicology**, v. 41, p.727-736, 1988.

FERREIRA D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows 4.0. REUNIÃO ANUAL BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA **vol. 45**, São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Anais (2000) 258 p.

MTE – Ministério do trabalho e do emprego - FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho: Vestimenta protetora para o aplicador de pesticidas, 2001, 46 p.

GLASS R.; GILBERT A.; MATHERS J.; MOREIRA J.; MACHERA K.; KAPETANAKIS K.; CAPRI E. Worker exposure to pesticides — a pan European approach. **Asp Appl Biol.**v.57, p. 363–368. 2000

GLASS R.; MATHERS J.; VIDAL J.; EGEA GONZÁLEZ F.; DELGADO COBOS P.; MOREIRA J.; et al. Factores que influyen en la exposición de los trabajadores agrícolas a los plaguicidas en el área mediterránea. **Phytoma**, v.129, p.91–103, 2001.

GOEDE, H. A.; TIJSSEN, S. S. H. A.; SCHIPPER, H. J; WARREN N.; OPPL , R. ;F. KALBERLAH F.; VAN HEMMEN, J. J. Classification of Dermal Exposure Modifiers and Assignment of Values for a Risk Assessment Toolkit. **The Annals of Occupational Hygiene**, v. 47, n.8, p. 609-618, 2003.

GORE, S. E.; LAING, R. M.; C. A.; WILSON, D. J. C.; NIVEN B. E. Fabrics Standardizing a Pre-treatment Cleaning Procedure and Effects of Application on Apparel. **Textile Research Journal**, v. 76, p. 455-464, 2006.

HACKNEY, J. D.; LINN, W. S.; BUCKLEY, R. D.; PEDERSEN, E.E.; KARUZA, S. K.; LAW, D. C.; FISCHER, D. A. Experimental studies on human health effects of air pollutants I. Design considerations. **Archives of Environmental Health**, v. 30, n.8, p. 373-378, 1975.

Harris D. (2003) *Quantitative Chemical Analyse*, 6th ed.; W.H. Freeman and Company:USA. ISBN:0716744643

HIGGINS, L., ANAND, S.C., HALL, M.E., HOLMES, D.A., Factors during tumble drying that influence dimensional stability and distortion of cotton knitted fabrics. **International Journal of Clothing Science Technology**, v.15, n.2, p.126–139. 2003.

HUBAL, E.A.; NISHIOKA, M.G.; IVANCIC, W.A.; MORARA, M.; EGEGHY, P.P.  
Comparing surface residue transfer efficiencies to hands using polar and nonpolar fluorescent tracers. **Environmental Science and Technology**, v.42, n. 3, 2008.

HOLMÉR, I. The role of performance tests, Manikins and test houses in defining clothing characteristics relevant to Risk Assessment. **The Annals of Occupational Hygiene**, vol. 43, n. 5, p. 353-356, 1999.

IVANCIC, W.I.; NISHIOKA, M.G.; BARNES JR, R. H.; HUBAL, E. C.; MORARA, M. BORTNICK, S. M. Development and Evaluation of a Quantitative Video-fluorescence Imaging System and Fluorescent Tracer for Measuring Transfer of Pesticide Residues from Surfaces to Hands with Repeated Contacts. **The Annals of Occupational Hygiene**, v.48, p.519-532, 2004.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 16602: protective clothing for protection against chemicals - classification, labelling and performance requirements. Geneva, 2007. 40p.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 17491-4: Protective clothing — Test methods for clothing providing protection against chemicals — Part 4: Determination of resistance to penetration by a spray of liquid (spray test). Geneva, 9p. 2008.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 22608: Protective clothing — Protection against liquid chemicals — measurement of repellency, retention, and penetration of liquid pesticide formulations through protective clothing materials. Geneva, 2004, 11p.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION 27065: Protective clothing - Performance requirements for protective clothing worn by operators applying pesticides. Geneva, 2011, 23p.

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.

KWON Y. A.; SARMADI, A. M. Wettability of nonwoven fabrics: Effect of laundering on water absorption. **Clothing and Textile Research**, v.13, n.1, p.17-29, 1995.

LEE, S.; OBENDORF, S.K. Statistical model of pesticide penetration through woven work clothing fabrics. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.49, p.266-273, 2005.

LEE, S.; OBENDORF, S.K. Use of electrospun nanofiber web protective textile materials as barriers to liquid penetration. **Textile Research Journal**, v.77, n.9, p.696-702, 2007.

LEONAS, K. K. The mechanism of pesticide transmission through apparel fabrics: a comparison of drop and spray exposure methodologies. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 20, n. 3, p. 427-431, 1991.

LUNDGREN, L.; SHARE, L.; LIDÉN, C.; TORNLING, G. Large organic aerosol in dynamic and continuous whole body exposure chamber tested on humans and on a heated mannequin. **The Annals of Occupational Hygiene**, vol. 50, n. 7, p. 705–715, 2006

MACHADO NETO, J.G., MATUO, T. Avaliação de um amostrador para o estudo da exposição dérmica potencial de aplicadores de defensivos agrícolas. **Ciência Agrônômica**, v.4, n. 2, p. 21-22, 1989.

MACHADO-NETO, J. G.; MATUO, T; MATUO, T.K. Semiquantitative evaluation of dermal exposure to granulated insecticides in coffee (*Coffea arabica* L.) crop and efficiency of individual protective equipment. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 57, n. 6, p. 946-951, 1996.

MACHADO NETO, J.G; MACHADO, R.F. Avaliação de equipamentos de aplicação de herbicidas em operação de repasse em cana-de-açúcar e segurança para o trabalhador. **Planta Daninha**, v.25, n.4, p.877-887, 2007.

MACHERA, K.; TSAKIRAKIS, A.; CHARISTOU, A.; ANASTASIADOU, P.; GLASS, C.R. Dermal exposure of pesticide applicators as a measure of overall performance under field conditions. **The Annals of Occupational Hygiene**, v. 53, n. 6, p. 573–584, 2009.

MICHAELIS: **moderno dicionário da língua portuguesa**. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998

MOMESSO, J.C.; MACHADO NETO, J.G. Efeito do período e do volume de aplicação na segurança dos tratoristas aplicando herbicida na cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Planta Daninha**, v.21, n.3, p.467-478, 2003.

MTE – Ministério do Trabalho e do emprego - Vestimenta protetora para o aplicador de pesticidas. Brasília, 46 p., 2001

MULLER, F., ed. (2000). *Agrochemicals: Composition, Production, Toxicology, Applications*. Toronto: Wiley-VCH. p. 541. ISBN 3-527-29852-5.

NELSON, C.; LAUGHLIN, J.; KIM, C.; RIGAKIS, K.; RAHEEL, M.; SCHOLTEN, L. Laundering as decontamination of apparel fabrics: Residues of pesticide from six chemical classes. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v.23, n.1, p.85-90, 1992.

NIGG H.N. ; Stamper, J.H.; Easter, E.; DeJonge, J.O. Field evaluation of coverall fabrics: heat stress and pesticide penetration. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.23, n.3, p.281-8,1992.

NOCITI L. A. S. Classificação e eficiência de materiais e de vestimentas de proteção no trabalho com agrotóxicos. 2009. 71 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

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.

OBENDORF, S.K.; VARANASI, A.; MEJDAL, R.; THELLERSEN, M. Function of lipase in lipid soil removal as studied using fabrics with different chemical accessibility. **Journal of surfactants and detergents**, v.4, n.3, 2001.

OBENDORF, S.K.; DIXIT, V.; WOO, D. J. Microscopy study of distribution of laundry fabric softener on cotton fabric. **Journal Surfactant Detergent**. v.12, p.225-230,2009.

OECDGD(97) 148 (1997)OECD Environmental Health and Safety Publications Series n Testing and Assessment. N.9.GuidanceDocument for the Conduct of Studies of Occupational Exposure to Pesticides during Agricultural Application, Paris,57 p.

OLIVEIRA, M.L. Segurança no trabalho de aplicação de agrotóxicos com turboatomizador e pulverizador de pistolas em citros. 2000. 99f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

OLIVEIRA, M.L. Segurança na aplicação de agrotóxicos em cultura de batata em regiões montanhosas e permeabilidade de tecidos de algodão ao methamidophos. 2004. 104f.Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

OLIVEIRA, M. L. de; MACHADO NETO, J. G. Permeability of two types of cotton fabric used in personal protective clothing to the inseticide methamidophos. **Bulletin Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 75, n. 6, p. 1156-1162, 2005.

PROTANO, C.; GUIDOTTI,M.; VITALI, M. Perfomance of diffeent work clothing types for reducing skin exposure to pesticide during open field treatment. **Bulletin of Environmental and Contamination Toxicology**, v.83, p.115-119, 2009.

RAHEEL, M.; DAI, G. X., "Liquid Breakthrough in Fabrics: Effects of Fiber Content and Surfactant Concentration," **Performance of Protective Clothing: Issues and Priorities for the 21t Century: Seventh Volume**, ASTM STP 1386, C. N. Nelson and N. W. Henry, Eds., American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 2000.

REBOUILLAT, S. Tribological properties of woven para-aramida fabrics and their constituent yarns. **Journal of Materials Science**, v 33, p.3293 – 3301, 1998.

RONBORG, S. M., MOSBECH, H., JOHNSEN, C. R. AND PAULSEN, L. K. Exposure chamber for allergen challenge. The development and validation of a new concept. **Allergy** v.51, p. 82-88, 1996.

SEINER, J. C. Chamber challenges: The necessity of objective observation. **Regulatory Toxicology and Pharmacology** v.24, p. 87-95,1996.

SHAW, A.; COHEN, E.; HINZ, T.; HERZIG, B. Laboratory test methods to measure repellency, retention and penetration of liquid pesticides through protective clothing. Part I: comparison of three test methods. **Textile Research Journal**, v. 71, n.10, p. 879-884, 2001.

SHAW, A.; ABBI, R. Compararions og gravimetric and gas chromatographic methods for assessing performace of textile materials against liquid pesticide penetration. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, v.10, n.3, p.255-261, 2004.

SCOTT A. J.; KNOTT M.A. A Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.30, p.507–512, 1974.

SKOOG, D.A.; HOLLER, F.J.; NIEMAN, T.A. Principles of Instrumental Analysis. 5th Ed., Saunders College, 1998.

SOSTRAND, P.; KONGERUD, J.; EDUARD, W.; NILSEN, T.; SKOGLAND, M.; BOE, J. A test chamber for experimental hydrogen fluoride exposure in humans. **American Industrial Hygiene Association Journal**. V. 58, n.6,p. 521-525, 1997.

STANA-KLEISCHEK, K.; STRNAD, S.; RIBITSCH, V. Surface characterization and adsorption abilities of cellulose fibers. **Polymer Engineer Science**. v.36, p. 1412-1419, 1999.

SHAW, A.; COHEN, E.; HINZ, T.; HERZIG, B. Laboratory test methods to measure repellency, retention and penetration of liquid pesticides through protective clothing. Part I: comparison of three test methods. **Textile Research Journal**, v.71, n.19, p. 879-884, 2001.

TÁCIO, M. B.; OLIVEIRA, M. L. de; MACHADO NETO, J. G. Eficiência de vestimentas hidrorrepelentes novas na proteção do tratorista em pulverizações de agrotóxicos em goiaba com o pulverizador de arrasto tratorizado de jato transportado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 106-111, 2008.

TAYLOR, S. M.; KIM, C. J.; LOMBARDI, J.; LEA, S. M., "Pesticide Residue Distribution on Protective Clothing Fabrics as Determined by SEM Micrographs and Their Image Analyses," **Performance of Protective Clothing: Issues and Priorities for the 21st Century: Seventh Volume**, ASTM STP 1386, C. N. Nelson and N. W. Henry, Eds., American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 2000.

VAN HAMBER, R. R.; NIVEN, B. E.; WILSON, C. A. Effects laundering and water temperature on the properties of silk and silk blend knitted fabrics. **Textile Research Journal**, 2010.

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

VITALI, M.; PROTANO, C.; DEL MONTE, A; ENSABELLA, GUIDOTTI, M. Operative modalities and exposure to pesticides during open field treatments among a group of

agricultural subcontractors. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.57, p.193-202, 2009.

WARREN, N.; GOEDE, H.A.; TIJESSEN, S.C.H.A.; OPPL, R.; SCHIPPER, H.J.; VAN HEMMEN, J.J. Deriving default dermal exposure values for use in a risk assessment for a small and medium size enterprises. **The Annals of Occupational Hygiene**, v.47, n.8, p.619-627, 2003.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Survey of exposure to organo-phosphorus pesticides in agriculture - standard protocol. Geneva, WHO, 1982. (Document VBC/75.9).

Zimmerli, T. "Manikin Testing of Protective Clothing - A Survey," Performance of Protective Clothing: Issues and Priorities for the 21<sup>st</sup> Century: Seventh Volume, ASTM STP 1386, C. N. Nelson and N. W. Henry, Eds., American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 2000.

## ANEXO 1

Temperatura °C e umidade relativa % no momento das aplicações da calda de pulverização sobre os conjuntos de proteção.

	Tratamento	Temperatura °C	Umidade Relativa %
	Potencial	29,6	49,8
	Bege Cru 0 lavagem	29,6	49,8
	Bege Cru 5 lavagens	29,6	54,0
	Bege Cru 10 lavagens	30,9	52,5
	Bege Cru 20 lavagens	29,0	57,0
citros	Bege Cru 30 lavagens	28,5	48,5
	Camuflado 0 lavagem	29,5	49,0
	Camuflado 5 lavagens	29,0	48,8
	Camuflado 10 lavagens	28,0	58,5
	Camuflado 20 lavagens	28,5	54,0
	Camuflado 30 lavagens	28,5	56,5
	Bege Cru 0 lavagem	30,5	46,0
	Bege Cru 5 lavagens	29,5	46,0
	Bege Cru 10 lavagens	31,5	44,0
	Bege Cru 20 lavagens	32,0	48,5
cana	Bege Cru 30 lavagens	26,8	71,0
	Camuflado 0 lavagem	28,8	56,0
	Camuflado 5 lavagens	26,3	72,0
	Camuflado 10 lavagens	27,4	68,0
	Camuflado 20 lavagens	28,4	62,0
	Camuflado 30 lavagens	25,9	68,5
	Bege Cru 0 lavagem	26,3	69,7
	Bege Cru 5 lavagens	26,7	69,0
	Bege Cru 10 lavagens	26,0	72,3
	Bege Cru 20 lavagens	25,7	74,3
sem uso	Bege Cru 30 lavagens	25,3	65,7
	Camuflado 0 lavagem	27,5	54,8
	Camuflado 5 lavagens	28,9	57,9
	Camuflado 10 lavagens	26,7	62,3
	Camuflado 20 lavagens	28,3	58,4
	Camuflado 30 lavagens	26,7	65,3