

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

AVALIAÇÕES DOS TECIDOS HIDRORREPELENTES DE
EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL APÓS
USOS E LAVAGENS EM CONDIÇÕES DE CAMPO

George França Gomes de Carvalho

Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL

2010

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

AVALIAÇÕES DOS TECIDOS HIDRORREPELENTES DE
EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL APÓS
USOS E LAVAGENS EM CONDIÇÕES DE CAMPO

George França Gomes de Carvalho

Orientador: Prof. Dr. Joaquim Gonçalves Machado Neto

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Entomologia Agrícola).

Jaboticabal – SP

Junho de 2010

C331a Carvalho, George França Gomes de Carvalho
Avaliações dos tecidos hidrorrepelentes de Equipamentos de
Proteção Individual após usos e lavagens em condições de campo /
George França Gomes de Carvalho. — Jaboticabal, 2010
xvii, 56 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010
Orientador: Joaquim Gonçalves Machado Neto
Banca examinadora: Julio Cesar Galli, Mauricio Leite de Oliveira
Bibliografia

1. Saúde Ocupacional. 2. ASTM F2130. 3. ISO 16602. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 632.934:614.89

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.
giorgearvalho@yahoo.com.br

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

GIORGE FRANÇA GOMES DE CARVALHO - nascido em 10 de julho de 1984 em Ituverava, São Paulo. Engenheiro Agrônomo graduado em janeiro de 2007 pela Faculdade de Agronomia “Dr. Francisco Maeda” – FAFRAM de Ituverava, São Paulo. Ingressou no curso de mestrado, no programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Entomologia Agrícola pela Faculdade de Ciências Agronômicas e Veterinária – UNESP, Campus de Jaboticabal, em março de 2008.

Dedico,

Ao meu pai Clovis Costa Carvalho, minha mãe Regina Maria França Gomes de Carvalho e ao meu irmão Diego França Gomes de Carvalho pelo amor, pelos ensinamentos, pelo companheirismo, afeto e compreensão.

Em especial aos meus avós Ângelo Gomes Caetano, Ciríaco Gomes de Carvalho e Adalva Costa Carvalho que aqui já não se encontram mais.

À minha avó, Dona Rita França Gomes e demais familiares.

AGRADECIMENTOS

A Deus...

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Entomologia Agrícola.

Ao meu orientador Prof. Dr. Joaquim Gonçalves Machado Neto pela oportunidade, orientação e confiança para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas de trabalho: Bárbara L. Schiavetti, Jaqueline Pérola de Souza, Louise de S. Medeiros, Maurício Botti, Melina Espanhol, Sílvia Patrícia Carraschi, Wilson Gomez Manrique, em especial as amigas Ângela Aparecida Machado, Ana Carla Coleoni, Elissandra Ulbricht Winkaler, Letícia Ane Suzuki Nociti e Tâmara Carli Mota.

Aos amigos e companheiros de república, Elton Bicalho, Fernando Garnica, Leonardo Demartini, Paulo Eduardo Simino, Pedro Salvo, Rafael Parras, Renato Junqueira e Rodolfo Businaro.

Aos amigos Artur Franco Barreto, Claudinei da Cruz, Raphael Emílio Lemos e Rodrigo Alberto Alandia Román.

À minha namorada Danielle dos Santos Silva, que com muita paciência vem me acompanhando, dando força e que tem alegrado mais os meus dias.

Aos Professores Dr. Marcelo da Costa Ferreira e Dra. Núbia Maria Corrêa, pela amizade e convívio.

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

Ao Professor Dr. José Carlos Barbosa e ao colega Walter Maldonado Júnior pela ajuda com as análises estatísticas.

À Marchesan Agro Industrial e Pastoril S/A (Fazenda Cambuy), no Município de Matão-SP, pelo apoio e disponibilidade para realização deste trabalho.

À Usina Cosan, Unidade-Bonfim, no Município de Guariba – SP, pelo apoio e disponibilidade para realização deste trabalho.

Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho. Muito Obrigado!

Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por meio de bolsa de mestrado e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), auxílio pesquisa proc. 2005/60387- 0.

SUMÁRIO

	página
RESUMO	ix
SUMMARY	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. <i>Eficiência de tecidos de EPIs hidrorrepelentes</i>	3
2.2. <i>Estudo da porosidade dos tecidos em função do uso e de lavagens</i>	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. <i>Procedimentos de usos, lavagens e secagens dos EPIs</i>	12
3.1.1. <i>Aplicação com o pulverizador costal manual em cultura da cana-de-açúcar</i>	12
3.1.2. <i>Aplicação com pulverizador tratorizado em cultura de citros</i>	14
3.2. <i>Procedimentos em laboratório</i>	15
3.2.1. <i>Preparo e contaminação das amostras de EPIs com o fungicida Supera® SC</i>	15
3.2.2. <i>Quantificação do cobre metálico por espectrofotometria de absorção atômica de chama</i>	18
3.2.3. <i>Preparo das amostras de EPIs com o herbicida Roundup Original®</i>	21
3.2.4. <i>Quantificação do glifosato por sistema de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)</i>	23
3.3. <i>Classificação das vestimentas</i>	25
3.4. <i>Estudo da porosidade dos tecidos</i>	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. <i>Aplicação da norma de procedimento F 2130 da ASTM e de classificação ISO 16602, utilizando-se o fungicida Supera como marcador</i>	27
4.2. <i>Aplicação da norma de procedimento F 2130 da ASTM e de classificação ISO 16602, utilizando-se o herbicida Roundup Original® como marcador</i>	38
4.3. <i>Determinação da eficiência dos EPIs Bege Cru e Camuflado</i>	44

<i>4.4. Quantificação da porosidade de materiais de vestimentas de proteção utilizando as técnicas associadas de fotomicrografia e software de análise de imagens.</i>	<i>47</i>
5. CONCLUSÕES	50
6. REFERÊNCIAS.....	51

LISTA DE TABELAS

	página
Tabela 1. Porcentagem de recuperação do Supera® SC na concentração de 350 g.L-1 dos materiais hidrorrepelentes para realização dos testes da norma F 2130 (ASTM, 2001), Jaboticabal, 2009.....	20
Tabela 2. Condições da rampa de gradiente durante a corrida das amostras de glifosato, Jaboticabal, 2009	24
Tabela 3. Porcentagem de recuperação do Roundup Original® CS na concentração de 480 g.L-1 dos materiais hidrorrepelentes para realização dos testes da norma F 2130 (ASTM, 2001), Jaboticabal, 2009.....	25
Tabela 4. Classificação quanto à repelência e à penetração dos agrotóxicos nos materiais hidrorrepelentes pela norma 16602 (ISO, 2005), Jaboticabal, 2009	25
Tabela 5. Porcentagens de repelência e classificação do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização com costal manual na cultura da cana-de-açúcar em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	27
Tabela 6. Porcentagens de penetração e classificação do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização com costal manual na cultura da cana-de-açúcar em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	28
Tabela 7. Porcentagens de repelência e classificação do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização com costal manual na cultura da cana-de-açúcar em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	29
Tabela 8. Porcentagens de penetração e classificação do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização com costal manual na	

cultura da cana-de-açúcar em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	30
Tabela 9. Porcentagens de repelência e classificação do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	31
Tabela 10. Porcentagens de penetração e classificação do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	31
Tabela 11. Porcentagens de repelência e classificação do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	32
Tabela 12. Porcentagens de penetração e classificação do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	33
Tabela 13. Porcentagens de retenção do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização com costal manual na cultura da cana-de-açúcar em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	35
Tabela 14. Porcentagens de retenção do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização com costal manual na cultura da cana-de-açúcar em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	36
Tabela 15. Porcentagens de retenção do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	37

Tabela 16. Porcentagens de retenção do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	37
Tabela 17. Porcentagens de repelência e classificação do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	38
Tabela 18. Porcentagens de penetração e classificação do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	39
Tabela 19. Porcentagens de repelência e classificação do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	40
Tabela 20. Porcentagens de penetração e classificação do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	41
Tabela 21. Porcentagens de retenção do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	42
Tabela 22. Porcentagens de retenção do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.....	43
Tabela 23. Porcentagens de fibras e de poros no tecido Bege Cru em função da lavada, Jaboticabal, 2009.....	45

Tabela 24. Porcentagens de fibras e de poros no tecido Camuflado em função da lavada, Jaboticabal, 2009	46
Tabela 25. Eficiência quanto à Repelência e Penetração dos tecidos dos EPIs Bege Cru e Camuflado, avaliada com o fungicida Supera® SC como marcador, na atividade de repasse do herbicida, com pulverizador costal manual na cultura da cana-de-açúcar, em função do número de usos e lavagens, Jaboticabal, 2009	46
Tabela 26. Eficiência quanto à Repelência e Penetração dos tecidos do EPI Bege Cru, avaliadas com o fungicida Supera® SC e o herbicida Roundup Original® CS como marcadores, na atividade do controle fitossanitário, com pulverizador tratorizado na cultura do citros, em função do número de usos e lavagens, Jaboticabal, 2009	48
Tabela 27. Eficiência quanto à Repelência e Penetração dos tecidos do EPI Camuflado, avaliadas com o fungicida Supera® SC e o herbicida Roundup Original® CS como marcadores, na atividade do controle fitossanitário, com pulverizador tratorizado na cultura do citros, em função do número de usos e lavagens, Jaboticabal, 2009	49

LISTA DE FIGURAS

	página
Figura 1. Tipos de tecidos hidrorrepelentes. A) 100% com algodão (Bege Cru). B) 69% com algodão e 31% poliamida (Camuflado)	11
Figura 2. Modelos de EPIs hidrorrepelentes com reforços nas partes dianteiras das pernas. A) EPI Bege Cru. B) EPI Camuflado	13
Figura 3. Modelos de EPIs hidrorrepelentes recomendados para utilização em pulverizações tratorizadas. A) EPI Bege Cru. B) EPI Camuflado	14
Figura 4. Preparo das amostras fortificadas com o marcador fungicida cúprico, extração e quantificação das mesmas. A) F 2130 – ASTM. B) Acréscimo da solução extratora de ácido clorídrico a 1 N. C) Agitação orbital dos frascos por 5 horas. D) Banho ultra-sônico por 5 minutos. E) Diluição das amostras e F) Quantificação do cobre metálico por espectrofotometria de absorção atômica	18
Figura 5. Espectrofotômetro de absorção atômica em chama utilizado para quantificação do cobre metálico do fungicida Supera	19
Figura 6. Curva de calibração com as soluções com concentrações crescentes de hidróxido de cobre	20
Figura 7. Procedimento de extração do glifosato. Amostras totalmente imersas no solvente (A); Francos fechados colocados em mesa de agitação orbital (B); Diluição das amostras (C) e derivação (D); Amostras prontas colocadas em vials (E); Aparelho HPLC para quantificação das amostras (F)	22
Figura 8. Curva de calibração com as soluções com concentrações crescentes de glifosato	24
Figura 9. Fotomicrografia do retalho Bege Cru. Em A) Detalhe do retalho novo sem lavagem. 100x. Em B) Detalhe do retalho com dez lavagens. 100x	47

Figura 10. Fotomicrografia do retalho Camuflado. Em A) Detalhe do retalho novo sem lavagem. 100x. Em B) Detalhe do retalho com dez lavagens. 100x 48

AVALIAÇÕES DOS TECIDOS HIDRORREPELENTES DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL APÓS USOS E LAVAGENS EM CONDIÇÕES DE CAMPO

RESUMO – O controle químico, por meio de aplicações de agrotóxicos, destaca-se no combate aos organismos danosos às culturas agrícolas. Devido à toxicidade dos agrotóxicos, qualquer atividade onde se utiliza do controle químico, existe o risco de intoxicação dos trabalhadores e, portanto, há a necessidade de se adotar medidas de segurança. Acredita-se que os trabalhadores não estão convenientemente protegidos do risco de intoxicação com os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) confeccionados no país, por que ainda não têm a eficiência e a vida útil avaliadas em ensaios de laboratório ou de campo. Desta forma, objetivou-se avaliar com o procedimento da norma F 2130 da ASTM a eficiência dos tecidos hidrorrepelentes, em condições de laboratório, dos conjuntos de EPIs Bege Cru (100% algodão) e Camuflado (69% algodão/31% poliamida), usados por trabalhadores em pulverizações de agrotóxicos em culturas de cana-de-açúcar e de citros sem e com 5, 10, 20 e 30 usos e lavagens, e avaliar o uso da combinação da técnica de fotomicrografia dos tecidos com a técnica de análise de imagem quantitativamente, por meio das porcentagens de fibras e de poros dos tecidos para explicar as variações de repelência, retenção e penetração dos agrotóxicos nos materiais dos tecidos sem e após dez usos e lavagens. O tecido do conjunto Camuflado é mais eficiente que o do conjunto Bege Cru na proteção às formulações Supera SC[®] (hidróxido de cobre) e Roundup Original CS[®] (glyphosate). A combinação das técnicas de fotomicrografia e de quantificação percentual da porosidade por meio de software é adequada para avaliar a desorganização da estrutura física dos tecidos após usos e lavagens. A estrutura da porosidade do tecido

do conjunto Camuflado não é alterada, mas a do tecido Bege Cru é alterada após os dez usos e lavagens em condições de campo.

Palavras-chave: Vestimentas de proteção individual, saúde ocupacional, ASTM F2130, ISO 16602, cultura da cana-de-açúcar, cultura do citros.

EVALUATIONS OF HIDRORREPELENTS MATERIALS OF PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT AFTER USES AND LAUDERINGS IN FIELD CONDITIONS

SUMMARY – Chemical control by spraying of pesticides, stands in combating organisms that damage agricultural crops. There is the risk of occupational poisoning in any activity where chemistry control is used for prevention and treatment of the agricultural crops, and it is necessary to adopt security measures. It is believed that workers are not satisfactorily protected from the risk of poisoning, because the Personal Protective Equipment (PPE) made in Brazil does not have its efficiency and life cycle adequately evaluated in laboratory or field testing. Stated thus, the present study has aimed to evaluate, by the procedure of F 2130 standard of ASTM, the efficiency of hidrorrepellent clothes, under laboratory conditions, from the sets of EPIs Bege Cru (100% cotton) and Camuflado (69% cotton / 31% polyamide), that were used by workers in activities of spraying of sugar cane and citrus crops with and without 5, 10, 20 and 30 uses and laundering, and to evaluate the use of a combination of the photomicrographs technical of clothes with the quantitative technique of image analysis, by the percentages of fibers and pores of the clothes to explain the variations of repellency, retention and penetration of pesticides in the clothes without and after ten uses and washes. It was concluded that the Camuflado cloth is more efficient than the Bege Cru, in both formulations of product crop protection used in laboratory tests with the application of the ASTM standard F2130. The combination of the techniques of photomicrography and quantifying the percentage of porosity by the software is suitable for evaluating disorganization of the physical structure of the clothes after using and washing. It was also concluded through the study that the porosity of Camuflado cloth

(cotton/nylon) has not changed its structure after ten washes, however Bege Cru cloth (cotton) was altered.

Key-words: Personal Protective Clothing, occupational health, ASTM F2130, ISO 16602, sugar cane crop, citrus orchard.

1. INTRODUÇÃO

Uma das possíveis formas de controle de pragas que atacam as culturas é a utilização de agrotóxicos. Embora os alvos sejam as pragas, estes produtos podem causar a intoxicação daqueles que entrarem em contato, que pode ser, entre outros, os trabalhadores expostos. Portanto, em qualquer atividade onde se utiliza do controle químico para a prevenção e tratamento das culturas agrícolas, existe o risco de intoxicação ocupacional e há a necessidade de se adotar medidas de segurança (COSTA, 2007), como o uso de vestimentas ou equipamentos de proteção individual que se destacam como medidas de proteção individual.

De acordo com a Norma Reguladora nº 6, para serem comercializados no país, os equipamentos de proteção individual (EPIs) devem ter o Certificado de Aprovação (CA) emitido pelo Ministério do Trabalho e do Emprego (MTE). Esta norma determina ainda que a conformidade das vestimentas devem ser avaliadas em ensaios de laboratório, realizados de acordo com normas nacionais e internacionais (BRASIL, 1978).

Para os EPIs utilizados no trabalho com os agrotóxicos, principalmente aqueles confeccionados com materiais hidrorrepelentes ou impermeáveis, não existia até o momento no país, laboratório credenciado capaz de elaborar relatórios de ensaio. Os que estão sendo utilizados para controlar as exposições dérmicas no campo, não têm sua eficiência e vida úteis adequadamente avaliadas em ensaios de laboratório ou de campo e acredita-se que os trabalhadores não estão convenientemente protegidos do risco de intoxicação.

Para se fazer a recomendação adequada dos EPIs há a necessidade de se determinar a exposição nas devidas vias do trabalhador, isto porque desde os primeiros

trabalhos publicados e nas amplas revisões bibliográficas sobre avaliação das exposições dos aplicadores de agrotóxicos, constata-se que mais de 99% da exposição total ocorre na via dérmica e 1%, ou menos, ocorre nas vias respiratórias (WOLFE et al., 1967; WOLFE, 1972; OLIVEIRA & MACHADO NETO, 2003 e VAN HEMMEN, 1992), em diversas condições de trabalho.

OLIVEIRA & MACHADO (2003) avaliaram a exposição dérmica potencial (EDP) nas partes do corpo do preparador de caldas de um tanque de 2000 litros de capacidade. Verificaram que 85,80% de toda a EDP atingiram as mãos do trabalhador, 1,90% as pernas-frente, 1,70% os braços e 1,50% a face.

Os fatores mais importantes na escolha de um EPI para a promoção da saúde do trabalhador são o conforto térmico e a barreira eficaz contra névoas e respingos de caldas de pulverização. Existe uma relação negativa entre estes dois fatores nos EPIs disponíveis no mercado. Quanto mais eficientes, maiores desconfortos térmicos apresentam, pois proporcionam retenção de umidade e de calor na superfície do corpo, e torna o uso insuportável em condições de campo (TÁCIO et al., 2008). Portanto, é necessário o desenvolvimento de novos materiais com equilibrada combinação entre conforto térmico e eficiência na barreira de proteção (LEE & OBENDORF, 2007).

Com as informações de eficiência comprovada dos EPIs, a quantificação e a distribuição da exposição pelas regiões do corpo dos trabalhadores, poder-se-á recomendar EPIs para as regiões do corpo mais expostas e proporcionar segurança e menor desconforto ao trabalhador (OLIVEIRA, 2004).

Desta forma, objetivou-se:

1 - avaliar a eficiência dos tecidos hidrorrepelentes dos conjuntos de EPIs Bege Cru (100% algodão) e Camuflado (69% algodão / 31% poliamida), usados por trabalhadores em pulverizações de agrotóxicos em culturas de cana-de-açúcar e de citros sem e com 5, 10, 20 e 30 usos e lavagens, e

2 - avaliar o uso da combinação da técnica de fotomicrografia dos tecidos com a técnica de análise de imagem quantitativamente, por meio das porcentagens de fibras e de poros dos tecidos para explicar as variações de repelência, retenção e penetração dos agrotóxicos nos materiais dos tecidos sem e após dez usos e lavagens.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Eficiência de tecidos de EPIs hidrorrepelentes

A proteção ao trabalhador rural que aplicador de agrotóxicos por ser com o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), que atuam ao impedir a penetração do produto por fluxo de massa em material de proteção poroso, ou materiais não poroso com baixa permeabilidade; ou a absorção e retenção do produto no tecido de proteção (OBENDORF et al., 2003).

A exposição dérmica aos agrotóxicos nas atividades de misturar, manusear e pulverizar pode ser reduzida consideravelmente com o uso de EPIs apropriados, que impedem que o agrotóxico permeie e/ou penetre nos materiais que os constituem (SHAW et al., 2001). Estes autores citam que a penetração dos compostos químicos nos EPIs ocorre pela passagem através dos fechamentos, dos poros dos materiais porosos, das emendas e costuras ou por outras imperfeições no material da roupa de proteção em nível não molecular.

A proteção da maioria dos tecidos hidrorrepelentes é devida à aplicação de óleo fobol à superfície externa. Porém, o tratamento é removido pela lavagem de descontaminação após uso no trabalho com os agrotóxicos, principalmente quando produtos com ação detergente são adicionados à água de lavagem. As enzimas lipases são adicionadas aos detergentes para reforçar a remoção de substâncias lipídicas a partir da quebra de gorduras e óleos, com posterior liberação de ácidos graxos, diacilgliceróis, monogliceróis e glicerol (DURLI, 2007).

Em materiais tratados com camadas de polímeros orgânicos puros sobre tecidos de algodão, a penetração é proporcional à solubilidade dos agrotóxicos nos polímeros e inversamente proporcional à solubilidade dos produtos em água (DEDEK, 1980).

OBENDORF et al. (2001) estudaram a contaminação de quatro tecidos com solo lipídico, sendo três de algodão, não tratados, mercerizados e carboximetilados, outro tecido, um Tencel™ cambraia, submetidos aos tratamentos em que estes não foram lavados, lavados com detergente e lavados com detergente e lipase. Verificaram que a remoção do solo variou em 50% para o tecido de algodão não tratado e 81% para os mais hidrofílicos utilizando apenas detergente. Quando adicionado lipase à água com detergente, a remoção variou de 71% para o algodão cru e 90% para os mercerizados e carboximetilados.

CSISZÁR et al. (1998) estudaram remoção do inseticida parathion metílico de tecidos carboximetilados. Verificaram que a remoção quase que total do inseticida parathion metílico após a lavagem. Não foi necessário o uso de goma O uso de revestimentos químicos é importante para maximizar a redução da exposição dérmica, principalmente em tecidos mais leves. A adição de amilase na água da lavagem contribui para a descontaminação das roupas. Tecidos mais pesados apresentam resíduos que são liberados lentamente. Finalmente citam a necessidade de estudos mais aprofundados para se garantir a reutilização dos EPIs.

A redução da exposição dérmica do trabalhador exposto aos agrotóxicos com EPIs depende da gramatura do tecido. Quanto maior a gramatura do tecido, maior será a retenção do agrotóxico durante o uso, e menor será a descontaminação após as lavagens (CSISZÁR et al., 1998).

LEONAS et al. (1989), LEONAS (1991) e LEE & OBENDORF (2001) relatam diferentes níveis de permeabilidades em função da espessura e do peso dos tecidos. Os tecidos mais espessos e mais pesados proporcionam menor permeabilidade aos agrotóxicos. A permeação do herbicida cyanazine (Bladex®) foi inversamente proporcional ao peso dos tecidos sarja 100% algodão (214 g/m²), brim 100 % algodão (115 g/m²) e uma mistura de algodão/poliéster - 65:35 (125 g/m²). A sarja, tecido mais pesado, foi mais eficiente na proteção que os tecidos mais leves (LEONAS, 1991).

A absorção e a penetração dos agrotóxicos nos tecidos dependem dos espaços entre as fibras, que são de dimensões tais que os líquidos são detidos ou retidos por meio de forças capilares. As propriedades de superfície das fibras, tais como

molhabilidade da fibra e da energia de superfície controlam a absorção dos produtos químicos (OBENDORF et al., 2003).

Tecidos branqueados e carboximetilados têm alta propriedade de absorção de água, que têm 10,6% de água, os mercerizados e o denim têm de 6,6% a 7,4% de água. O tecido carboximetilado tem maior capacidade de absorção devido à desorganização estrutural e à hidrofiliabilidade dos grupos carboxílicos (CSISZÁR et al., 1998).

A mercerização é caracterizada pelo tratamento de fibras de algodão por uma solução de sódio ou de potássio por certo número de lavadas a frio, que proporciona maior brilho, afinidade aos corantes, resistência e menor encolhimento. Portanto, o tecido é feito de fios extensamente beneficiados para proporcionar menos encolhimento nas próximas lavagens e estar apto a receber melhor o tingimento ou a estampa (REGIL, 2008).

Vestimentas confeccionadas em materiais plásticos, ou emborrachados, são significativamente mais eficientes que as confeccionadas em tecidos de algodão, porém, em condições de clima quente, são muito desconfortáveis e rejeitadas pelos trabalhadores, mesmo por aqueles que estão sob altas exposições (DAVIES et al., 1982).

A proteção de treze materiais porosos e não-porosos ao inseticida carbaryl e ao herbicida atrazine foi avaliada com o método da pipeta por RAHEEL (1988). Este autor verificou que os tecidos tratados com substâncias repelentes, em ordem decrescente de eficiência de proteção foram: Tyvek[®], 100% algodão, 65/35 algodão/poliéster e 50/50 algodão/poliéster. A proteção do Tyvek[®] e do tecido com 100% algodão com acabamento foi próxima de 100%. A proteção dos tecidos confeccionados com as misturas algodão/poliéster com acabamento repelente foi próxima a 99,5%. Todos os tecidos tratados com repelente foram menos permeáveis aos agrotóxicos que os tecidos não tratados. O poliéster afetou negativamente a proteção dos materiais.

A proteção de onze tipos de tecidos aos agrotóxicos captan, dicofol, ethion e methyl parathion foi estudada por LEONAS et al. (1989). Verificaram que o tecido mais permeável foi a cambraia 100% algodão. A maior proteção ao captan foi com Tyvek[®]

revestido de polietileno e o Tyvek[®] revestido de Saranex[®]. Para os agrotóxicos dicofol, ethion e methyl parathion, as maiores proteções, em ordem decrescente, foram com os tecidos 100% algodão, sarja com 65% algodão/35% poliéster, sem e com tratamento repelente, Tyvek[®], Tyvek[®] revestido de polietileno, Tyvek[®] revestido de Saranex[®], Gore-tex[®] e os não-tecidos experimentais de polipropileno tratados com repelente. Os materiais mais espessos, algodão (0,66 mm), cambraia (0,30 mm) e sarja (0,43 mm), são mais repelentes devido ao tratamento e proporcionam as maiores proteções.

Os efeitos, do número de lavagens, do método de lavagens e de sabão na água da lavagem na permeabilidade de tecidos foram avaliados por OLIVEIRA (2004). A maior permeabilidade do inseticida methamidophos ocorre no tecido Bege Cru lavado 30 vezes com sabão. No tecido Bege Cru, o uso de sabão na lavagem aumenta significativamente a permeabilidade ao methamidophos. Provavelmente o sabão acelera o processo de redução da hidrorrepelência do tecido Bege Cru. Para o tecido Jeans lavado 10 vezes, a lavagem sem sabão proporcionou maior permeabilidade, inversamente ao que ocorreu com o tecido Bege Cru. O método de lavagem manual aumentou a permeabilidade de ambos os tecidos ao methamidophos.

SALEH et al. (1998) estudaram a penetração de inseticidas (chlorpyrifos/allethrins) em diferentes tipos de tecidos novos, inclusive um com 100% de algodão e verificaram resultados similares aos obtidos por OLIVEIRA (2004).

Em cultura de citros, OLIVEIRA (2000) avaliou dois tipos de EPIs: um confeccionado em tecido de algodão tratado com Teflon[®], para proporcionar hidrorrepelência (Bege Cru[®]), e outro confeccionado em lona plástica impermeável, denominada de Roupa UNESP, que protege toda a parte frontal do corpo; desde o pescoço até os pés. Na atividade de tratorista, em aplicações com turbopulverizador na cultura de citros, o conjunto Bege Cru[®] controlou 96,7% da exposição dérmica potencial e com o pulverizador de pistolas, 77,8%. Na atividade de aplicação, a eficiência do conjunto Bege Cru[®] foi de 93,1 % e na de preparo de caldas, no tanque de 2.000 L do pulverizador, de 88,9%. O conjunto Roupa UNESP reduziu a exposição dérmica potencial do aplicador com o pulverizador de pistolas foi de 78,3%.

Em cultura de cana-de-açúcar, MOMESSO & MACHADO NETO (2003)

verificaram que o conjunto de proteção individual Bege Cru® reduziu entre 49,2 e 85,2% da exposição dérmica potencial do tratorista na aplicação de herbicida com um pulverizador de barras montado em trator.

2.2. Estudo da porosidade dos tecidos em função do uso e de lavagens

O desenvolvimento de tecidos novos é buscado tendo-se em vista a sua qualidade, com os mínimos custos de produção e a maior eficiência possível na confecção. A evolução nos conhecimentos para desenvolver novas técnicas de confecção, bem como o rápido desenvolvimento da informática, permite um rápido e mais preciso planejamento de novos produtos (DUBROVSKI, 2000).

Segundo o mesmo autor, no campo do desenvolvimento de novas técnicas, algumas relações já conhecidas podem sob a forma de programas de computador, servirem como parte do sistema para o desenvolvimento de novo tecido. No entanto, esta relação entre o programa de computador e algumas propriedades individuais de determinados tecidos, como a porosidade, requerem mais estudos para se determinar alguns de seus relacionamentos. Tecidos fabricados em materiais porosos permitem a transmissão de energia (luz, calor) e de substâncias (líquidos, gás, de partículas) sendo portanto, um material interessante para diferentes aplicações, como roupas para utilização em procedimentos que requerem uma técnica mais apurada. Para determinação da porosidade do tecido, vários métodos têm sido desenvolvidos (métodos ópticos com base na penetração de líquidos, absorção, filtração, fluxo de ar), mas eles só podem ser usados depois de um tecido é produzido.

Os tecidos porosos originados a partir de fibras naturais ou sintéticas apresentam três diferentes tipos de poros em função das diferentes dimensões e geometrias que os constituem. Os poros são formados entre os fios torcidos e os fios da trama, pelos poros entre as fibras dos fios e por micro poros nas próprias fibras (JAKSIC & JAKSIC, 2007). Segundo os mesmos autores, diferentes métodos disponíveis para a avaliação

dos parâmetros de porosidade estão descritos, entre eles, os métodos geométricos, os métodos de intrusão de líquidos, métodos de extrusão de líquidos, os métodos de permeabilidade ao ar. Alguns métodos fornecem apenas resultados aproximados, podendo não ser preciso o suficiente.

Os poros entre os segmentos da trama e o fio torcido são bem definidos nos tecidos feitos de monofilamentos e alguns fios multifilamentados, nesses casos, os poros podem ser contados em uma determinada área. Segundo os mesmos autores, isto não pode ser feito em tecidos confeccionados com fios de lã porque algumas fibras projetam para fora do fio cobrindo os poros, dividindo o poro em pequenos outros poros. Observaram a impossibilidade de determinar o número exato de poros em tecidos sintéticos. Os parâmetros de porosidade que são avaliados na maioria dos casos são a distribuição de tamanho dos poros, a hidráulica do diâmetro médio dos poros, o espaço aberto para o fluxo de fluido e da velocidade do volume de ar como uma função da pressão de ar.

DUBROVSKI & BREZOCNIK (2002) utilizaram um método óptico para medir as propriedades de macroporosidade de tecidos, utilizando uma câmera digital Nikon, modelo SMZ-2T acoplada a um estereomicroscópio, auxiliado por um computador e software de captação de imagens, onde observaram em cada amostra de tecido cerca de 50 e 100 macroporos. Apesar de o poro ser constituído em uma estrutura tridimensional, a pesquisa tratou os macroporos de forma dimensional por conta da aquisição de imagens de forma plana pelo software, considerando apenas a secção transversal, onde o diâmetro hidráulico do poro tem o seu menor tamanho, onde foram medidos a área da secção transversal dos poros, densidade dos poros, e mínimo e máximo diâmetro dos poros. Este modelo de análise do tecido foi criado para prever a qualidade da fibra que será confeccionada a partir dos dados de característica de determinada fibra.

O uso de softwares e computadores estão sendo usados em diversas áreas das ciências biológicas como ferramenta de apoio para cálculo e organização de informações (VEROPOULOS et al., 1998), que podem ser usados para contagens, medições de áreas e detecção de formas. O uso desta técnica consolidada na área da

ciência da computação é utilizado para analisar quantitativamente os caracteres anatômicos, e torna-se uma ferramenta útil na interpretação de pesquisas desenvolvidas com poluentes atmosféricos (SANT' ANNA-SANTOS et al., 2007) e com herbicidas (FERREIRA et al., 2007).

CSISZÁR et al. (1998) em estudos com tecidos tratados (engomados e carboximetilados) para roupas de proteção, utilizaram a microscopia eletrônica por meio da distribuição dos elétrons na imagem para visualizar resíduos do agrotóxico testado, antes e após a lavagem de tecidos.

Acredita-se que estas técnicas podem ser usadas no estudo da porosidade dos tecidos confeccionados em diferentes materiais, que vão desde o algodão cru a tecidos mistos fabricados com fibras naturais e sintéticas. O estudo pode ser realizado por meio de análise de imagens, fotomicrografias, obtidas por microscópios ópticos ou eletrônicos, para determinação das porcentagens de área cobertas pelos fios dos tecidos e pelos poros (áreas descobertas). A variação nas porcentagens de coberturas pelos fios e de poros podem refletir a desorganização dos tecidos devidos aos usos e lavagens.

O software para análise de imagens e quantificação de doenças, QUANT V.1.0 é utilizado para a quantificação de doenças em plantas (VALE et al., 2003), mas também pode ser utilizado para analisar imagens digitalizadas de diversas origens. As amostras de imagens que apresentam tonalidades diferentes dentro de um espectro de cores podem ser analisadas e quantificadas, as cores de mesma tonalidade são agrupadas e então são calculados valores de porcentagens.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em etapas de campo e de laboratório; a primeira etapa foi o uso e lavagens dos dois conjuntos de vestimentas de proteção pelos trabalhadores em aplicações de agrotóxicos nas culturas de cana-de-açúcar e citros. A primeira atividade avaliada foi em cultura da cana-de-açúcar do Grupo Cosan, na unidade Bonfim, no município de Guariba, Estado de São Paulo. Os conjuntos de equipamentos de proteção individual (EPIs) foram usados por trabalhadores em aplicações do herbicida glyphosate com pulverizadores costais manual em atividade de catação das plantas daninhas dentro da cultura. A segunda atividade foi realizada em cultura de citros em área agrícola da empresa Marchesan Agro Industrial e Pastoril S/A, Fazenda Cambuy, no município de Matão, Estado de São Paulo. Os conjuntos de EPIs foram usados por tratoristas em aplicações de agrotóxicos com turbopulverizadores acoplados a tratores.

A segunda etapa foi realizada no Laboratório de Ecotoxicologia dos Agrotóxicos e Saúde Ocupacional (LaborSeg), da UNESP – Campus de Jaboticabal, Estado de São Paulo. Foi avaliada a eficiência dos materiais que compõem os EPIs usados pelos trabalhadores nas duas condições de campo por meio do procedimento do teste da norma ASTM 2130: 2001.

Os aplicadores de agrotóxicos usaram dois conjuntos de EPIs; um denominado de Bege Cru, foi confeccionados em tecido composto por 100% de fibra de algodão cru, com gramatura de 143,4 g/m², fabricado por Azeredo & Cia Ltda. O outro conjunto de EPIs, denominado de Camuflado, foi confeccionado com 69% de fios de algodão e 31% de poliamida, com gramatura de 125,5 g/m², fabricado pela empresa Luiz Francisco A. de Miranda Piracicaba ME. Os dois materiais dos conjuntos foram tratados com óleo

fobol, para adquirirem característica hidrorrepelente (Figura 1).

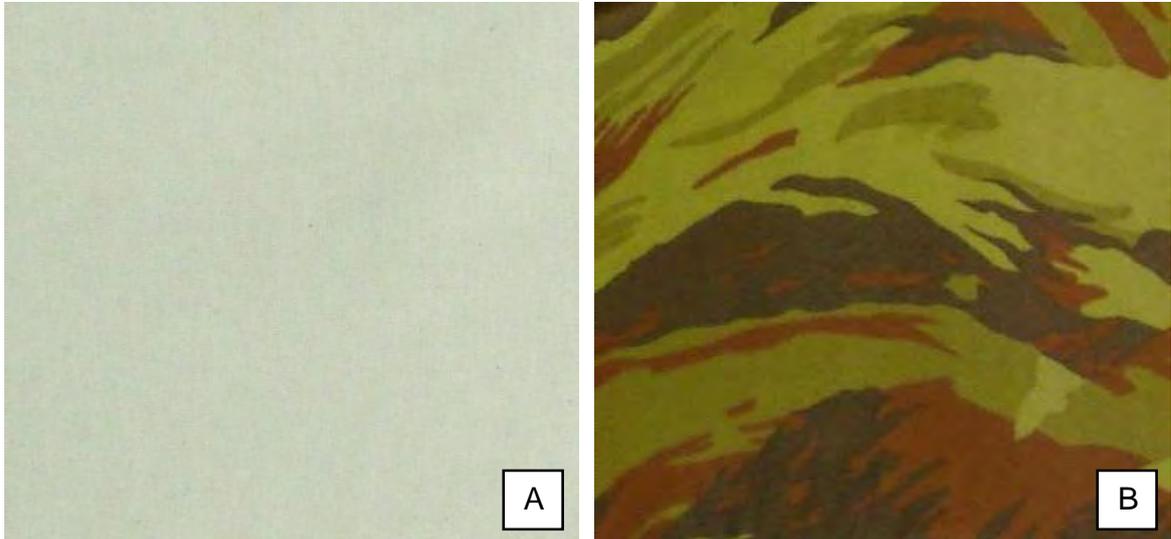


Figura 1. Tecidos hidrorrepelentes. A) Bege Cru, com 100% algodão, e B) Camuflado, com 69% algodão e 31% poliamida.

Foram usados dos modelos de EPIs confeccionados com cada tipo de tecido; um modelo foi o tratorista, para aplicações com tratores, e o segundo para aplicações costais, com reforço de tecido impermeável na parte frontal das pernas, a partir dos joelhos. Os conjuntos foram compostos com uma jaqueta, para proteção do tronco e braços e calças compridas. No conjunto Bege Cru, foi composto com uma peça denominada de touca árabe para proteção da cabeça e o pescoço, e o Camuflado, com um capuz afixado na parte superior da jaqueta. Foram retiradas amostras dos tecidos de proteção que correspondem às seguintes partes do corpo dos aplicadores: cabeça, braços, tronco frente e atrás, pernas frente e atrás.

No conjunto Bege Cru, vestimenta de proteção da cabeça e pescoço tem CA n. 9510, e é confeccionada em tecido de algodão tratado com óleo fobol (teflon), hidrorrepelente a névoa agrotóxica, fechamento frontal e abaixo do queixo com velcro, aba rígida com elástico para ajuste em torno da face. O n. do CA da jaqueta, do tipo blusão, é 9511, confeccionado em tecido de algodão tratado com teflon, hidrorrepelente a névoa agrotóxica, com dupla costura, bolso frontal, mangas compridas, ombreiras

para proteção do ombro com o uso de pulverizador costal, botões nos ombros para fixação do avental/capa, , dupla função: uso frontal como avental, quando usado na fase de manipulação, uso costal, como protetor entre as costas e o pulverizador, e cordonetes para fixação na cintura. A calça tem o CA n. 9512, confeccionada em tecido de algodão tratado com teflon, hidrorrepelente, a parte frontal das pernas sem ou com reforço com material plástico resistente, com fixação na cintura por cordonetes.

O EPI Camuflado tem o número de C. A. 8650 para a vestimenta de segurança tipo conjunto, confeccionado em tecido de dupla face de algodão (interno) e poliamida (externo) com aplicação de hidrorrepelente (teflon), composto de blusa e calça. A blusa tem abertura frontal de 0,20 cm da gola até metade do peito com fecho de fitas plásticas ajustáveis pelo sistema de múltiplos ganchos e argolas e ou velcro, mangas longas, elástico embutido nos punhos e na cintura, capuz com elástico e/ou avulso com aba em PVC, e saiote para proteção do pescoço e das partes laterais do rosto, calça tipo pijama, com cordão de algodão ajustável embutido na cintura sem abertura frontal, com ou sem proteção extra de 3/4 ou 7/8 para as pernas em tecido resistente a abrasão.

Os conjuntos de EPIs foram complementados para o uso dos trabalhadores com botas e luvas de nitrila, materiais impermeáveis à calda de pulverização, porém a eficiência dos materiais destes EPIs não foi avaliada.

O delineamento estatístico experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com o programa Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos – AgroEstat (BARBOSA & MALDONADO JÚNIOR, 2010).

3.1. Procedimentos de usos, lavagens e secagens dos EPIs

3.1.1 Aplicação com o pulverizador costal manual em cultura da cana-de-açúcar

Os dois conjuntos de EPI indicado para pulverizador costal, confeccionado com

os dois tipos de tecidos (Figura 2) foram usados pelos aplicadores nas condições normais de trabalho em aplicação do herbicida glifosato em talhões da cultura da cana-de-açúcar, variedade RB 867515, cana-soca (terceiro corte) com espaçamento de 1,4 metros. O estudo foi realizado na área agrícola da empresa Cosan, unidade Bonfim, durante os meses de julho a dezembro de 2007



Figura 2. Conjuntos de EPIs hidrorrepelentes com reforços nas partes dianteiras das pernas com materiais impermeáveis. A) Conjunto Bege Cru e B) Conjunto Camuflado.

As pulverizações foram realizadas nos períodos entre 7 h e 11 h e entre 13 h e 16 h com os pulverizadores costais manuais, da marca Bruden, com capacidade de 12 L. No final de cada dia de trabalho, os EPIs foram lavados na lavanderia da própria empresa, em uma lavadora mecânica da marca SITEC, modelo SLE-50M e a centrifugação em um extrator centrífugo, modelo SP-30M. Antes do início de cada lavagem foi adicionado sabão neutro de coco líquido (Baby Soft) na água, na concentração de 1% (v/v).

O procedimento de lavagem dos conjuntos de vestimentas de proteção individual após o uso diário utilizado foi o estabelecido na norma ISO 6330:2000 (ISO, 2000). Os tempos de lavagem, de enxágüe e de centrifugação foram semelhantes ao do programa Sintético Delicado da lavadora automática utilizada na Fazenda Cambuy. As lavagens foram realizadas em três etapas: agitação por 10 minutos, enxágüe por 18 minutos, e centrifugação por 18 minutos.

Após centrifugação na máquina, os conjuntos foram pendurados para secagem

ao ar livre e à sombra. Depois de secados, os EPIs Bege Cru foram passados a ferro na temperatura média de 50°C de acordo com a recomendação do fabricante.

Após completarem 5, 10, 20 e 30 usos e lavagens os EPIs foram separados e armazenados em laboratório para a realização dos estudos de eficiência.

3.1.2. Aplicação com pulverizador tratorizado em cultura de citros

Os EPIs para aplicação tratorizada, feitos com os dois tipos de tecidos (Figura 3) foi usado por tratoristas durante os meses de abril a outubro de 2007 nas condições cotidianas de aplicação nos pomares da Fazenda Cambuhy, em pulverizações na cultura de citros, variedade Valência, com 22 anos de idade, espaçadas de 8 m x 5 m e 4 m de altura e copas com diâmetro de 4 metros. Todas as pulverizações ocorreram nos períodos de 7 h às 11 h e 13 h às 16 h.



Figura 3. Modelos de EPIs hidrorrepelentes recomendados para utilização em pulverizações tratorizadas. A) EPI Bege Cru. B) EPI Camuflado.

As pulverizações se deram por pulverizadores de arrasto tratorizado de jato transportado modelo Gulier 160/2000 da FMCopling, configurados com tanque de 2.000 L, bomba KPL 160, com 48 bicos, agitador hidráulico, turbina de 32 polegadas,

incorporador de defensivo e reservatório de água limpa e acoplados em tratores Massey-Ferguson, modelo MF – 265 com capota.

No final de cada dia de trabalho, os EPIs foram lavados em uma lavadora automática, da marca Eletrolux, modelo Turbo 8 kg. A lavagem foi realizada segundo o programa da própria lavadora, denominado Sintético Delicado, iniciando com a agitação por 10 minutos, seguida de enxágüe por 18 minutos e finalizando com centrifugação por também 18 minutos. Este programa de lavagem foi o que mais se assemelhou com os parâmetros indicados pela norma ISO 6330 (ISO, 2000).

Antes do início de cada lavagem foi adicionado sabão de coco líquido (Baby Soft) na água na concentração de 1%.

Após o término das lavagens, os EPIs Bege Cru e Camuflado foram estendidos em varal para secagem ao ar livre e à sombra. Uma vez secados, somente o modelo Bege Cru foi passado a ferro na temperatura média de 50°C de acordo com a recomendação do fabricante.

Após completarem 5, 10, 20 e 30 usos e lavagens os EPIs foram separados e armazenados em laboratório para a realização dos estudos de eficiência.

3.2. Procedimentos em laboratório

3.2.1. Preparo e contaminação das amostras de EPIs com o fungicida Supera® SC

Foi utilizado o fungicida cúprico na formulação Supera® SC, lote número 5327-08-1992 e fabricação em 28/10/2008, com vencimento em 28/10/2011, fabricado pela empresa Oxiquímica Agrociência Ltda.

O produto é composto por cobre metálico na concentração equivalente de 350 g/L, na formulação suspensão concentrada e classificado como fungicida de contato do grupo químico dos inorgânicos, sendo classificado quanto a toxicologia em medianamente tóxico.

Para a realização do teste de repelência, retenção e penetração, foi usado o

procedimento descrito pela norma F 2130 (ASTM, 2001), denominado Método da Pipeta (Figura 4A) para avaliar a eficiência de materiais de proteção a compostos químicos tóxicos.

Sobre uma placa de acrílico de 10 x 10 cm, utilizada como base, foi colocada uma lâmina de papel filtro, da Whatman Benchkote Plus, nas dimensões de 8 x 8 cm. Este papel tem uma face impermeabilizada com um filme de polietileno. A face impermeabilizada é colocada voltada para a placa base.

A seguir, sobre a lâmina de papel, com a face absorvente voltada para cima, foi colocada uma amostra do material de proteção em teste, com dimensões de 8 x 8 cm. Outra placa de acrílico de 10 x 10 cm e com uma abertura central quadrada de 6 x 6 cm, foi colocada, como uma moldura, sobre a amostra do material de proteção em teste. A placa moldura foi utilizada para manter o contato uniforme de toda a superfície da lâmina do material em teste com a do papel filtro.

Uma gota de 0,2 mL da formulação pura do Supera[®] SC foi aplicada no centro da amostra com uma micropipeta. Após 10 minutos, a placa moldura foi retirada e outra lâmina de papel filtro foi colocada sobre o material em teste com sua face impermeável voltada para cima. Em seguida, a placa moldura foi recolocada sobre a segunda lâmina de papel. Após, dois minutos o teste foi desmontado na seqüência inversa da montagem com o auxílio de pinças. O volume de 0,2 mL foi escolhido conforme indicado por SHAW et al. (2004) que em seus estudos observou que este volume é mais adequado para avaliar tecidos de EPIs contra elevada exposição ao se aplicar agrotóxicos.

Depois de desmontado o teste, as amostras foram dobradas e colocadas dentro de frascos de vidro com tampa e rosca. Foram adicionados $100 \pm 0,2$ mL de solução extratora composta por ácido clorídrico a 1 N com o auxílio de uma proveta graduada (Figura 4B). As amostras ficaram totalmente imersas no solvente e os frascos hermeticamente tampados.

Os frascos foram acondicionados em uma incubadora refrigerada com agitação, modelo TE – 421 fabricado por Tecnal, com rotação de 160 RPM e $40 \pm 2^\circ\text{C}$ durante um período de cinco horas (Figura 4C).

Em seguida, ficaram em banho-maria em equipamento de ultrassom modelo USC 1600A, fabricado por Unique Indústria e Comercio de Produtos Eletrônicos, com 40 kHz de frequência a 25°C, por cinco minutos (Figura 4D).

Finalizando, as soluções extraídas foram diluídas com a solução extratora de ácido clorídrico (Figura 4E) para que as concentrações do cobre metálico fossem ajustadas às concentrações da curva de calibração para o Cu metálico, para serem quantificadas em espectrofotômetro de absorção atômica de chama (Figura 4F).

O estudo de extração e recuperação do hidróxido de cobre das amostras em teste e do papel filtro Whatman Benchkote Plus foi realizado com a concentração de 7000 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ por meio da adição de uma gota com volume de 0,2 mL da solução do produto comercial, volume este indicado pela mesma norma citada acima.

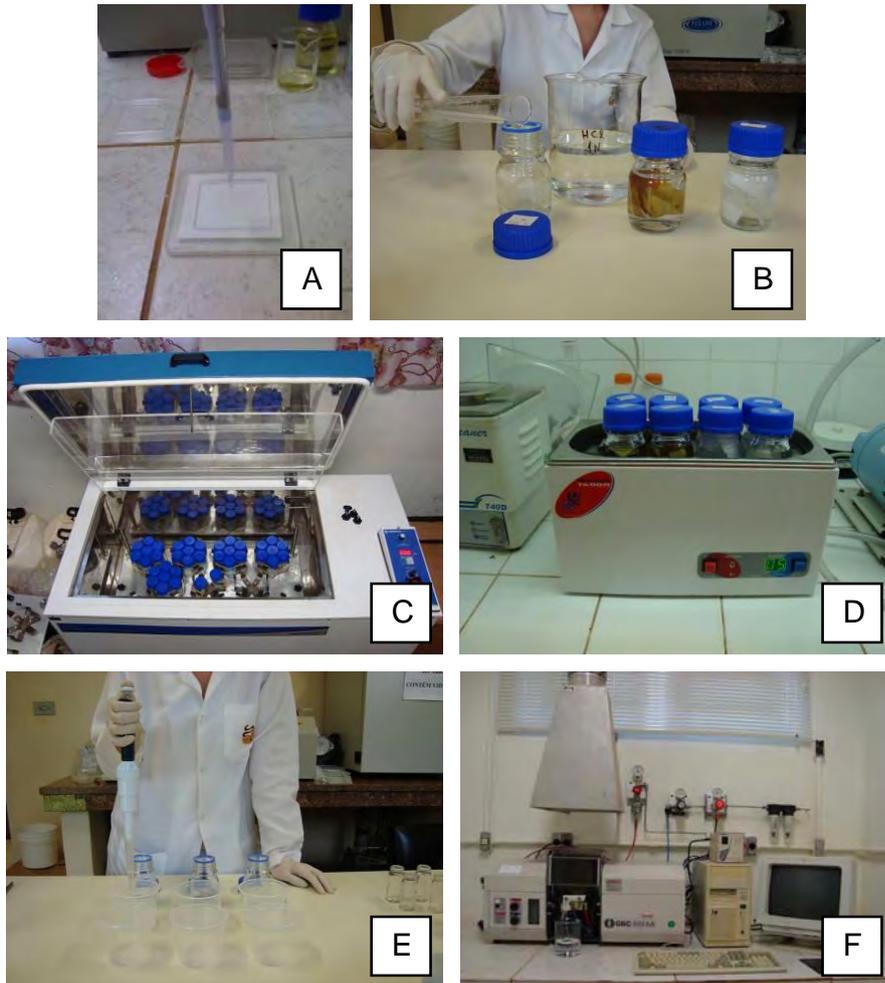


Figura 4. Preparo das amostras fortificadas com o marcador fungicida cúprico, extração e quantificação das mesmas. A) F 2130 – ASTM. B) Acréscimo da solução extratora de ácido clorídrico a 1 N. C) Agitação orbital dos frascos por 5 horas. D) Banho ultrassônico por 5 minutos. E) Diluição das amostras e F) Quantificação do cobre metálico por espectrofotometria de absorção atômica.

3.2.2. Quantificação do cobre metálico por espectrofotometria de absorção atômica de chama.

O equipamento utilizado foi da marca GBC, modelo GBC 932 AA (Figura 5), operado nas seguintes condições: lâmpada de cátodo oco, corrente de 5 mA,

comprimento de onda de 279,5 nm, fenda de 0,2 nm e gás acetileno oxidante.



Figura 5. Espectrofotômetro de absorção atômica em chama utilizado para quantificação do cobre metálico do fungicida Supera.

A curva padrão de cobre foi preparada a partir da solução de cloreto de cobre (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) foi de 0,019 $\mu\text{g/mL}$ e o limite de quantificação (LQ), de 0,057 $\mu\text{g/mL}$, calculados de acordo com o procedimento proposto por SHOOG et al. (1998). A faixa de linearidade da leitura da absorbância foi obtida com as concentrações de 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0 e 10,0 $\mu\text{g/mL}$.

Os resultados obtidos para a determinação da curva de calibração do método analítico para avaliação da penetração do hidróxido de cobre nos materiais de proteção estão apresentados na Tabela 10.

Na Figura 6 é apresentada a curva de calibração, com a respectiva equação

linear ajustada com excelente linearidade ($R^2 = 0,9901$).



Figura 6. Curva de calibração com as soluções com concentrações crescentes de hidróxido de cobre.

ANVISA (2002) estabelece para validação de métodos analíticos porcentagens de recuperação de no mínimo 80% até 120%, entretanto, a metodologia empregada para as extrações do hidróxido de cobre proporcionaram recuperações entre 95,76 e 107,28% (Tabela 1), acima de 95% requeridos pela norma F2130 (ASTM, 2001).

Tabela 1. Porcentagem de recuperação do Supera[®] SC na concentração de 350 g.L^{-1} dos materiais hidrorrepelentes para realização dos testes da norma F 2130 (ASTM, 2001), Jaboticabal, 2009.

LAVAGENS					
	Tecido Novo	5 lavagens	10 lavagens	20 lavagens	30 lavagens
MODELO DE EPI PARA APLICAÇÃO COSTAL					
Bege Cru	99,04	99,95	102,45	98,42	95,76
Camuflado	99,21	103,09	103,41	97,90	100,62
MODELO DE EPI PARA APLICAÇÃO TRATORIZADA					
Bege Cru	99,04	100,90	102,65	102,14	104,07
Camuflado	99,21	104,76	98,56	107,28	102,54

3.2.3. Preparo das amostras de EPIs com o herbicida Roundup Original®

Foi utilizado o herbicida Roundup Original® na formulação concentrado solúvel (CS) contendo 480 g/L de sal de isopronilamina de N-(fosfonometil) glicina, sendo classificado como herbicida não seletivo, de ação sistêmica, do grupo químico glicina substituída, classificado como medianamente tóxico quanto a toxicologia. O composto é solúvel em água a 20 °C na proporção de 12 g/L e insolúvel em acetona e etanol (TOWLIN, 1997).

Foi utilizado um frasco do lote de fabricação número BSR 120031-07768010, produzido em dezembro de 2007 e validade até dezembro de 2012, fabricado por Monsanto do Brasil LTDA.

Para a realização do teste de repelência, retenção e penetração, foi utilizado o procedimento descrito pela norma F 2130 (ASTM, 2001), denominado Método da Pipeta (Figura 4A), caracterizado no item 3.2.1., sendo substituído o fungicida cúprico Supera® SC pelo Roundup Original® CS. Após a realização dos procedimentos descritos, as amostras foram dobradas e colocadas dentro de frascos de vidro com tampa e rosca sendo adicionados $100 \pm 0,2$ mL da solução extratora consistente de água ultrapura com o auxílio de uma proveta graduada (Figura 7A).

Foi assegurado que todas as amostras dos materiais ficaram totalmente imersas no solvente e que os frascos estavam hermeticamente tampados.

Os frascos foram acondicionados em um Banho Maria Dubnoff, fabricado por Marconi Equipamentos e Calibração para Laboratório, submetidos à agitação a 100 RPM, por 30 minutos, devidamente posicionados (Figura 7B).

As amostras foram derivadas com a solução do derivatizante FMOC (Figuras 7C e D), pois a metodologia utilizada não é capaz de detectar a molécula original, metodologia detalhada no item 3.2.4.

Foram colocadas em vial (Figura 7E) para quantificação do derivado de glifosato injetando-se 15 µL da amostra em sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (Figura 7F).

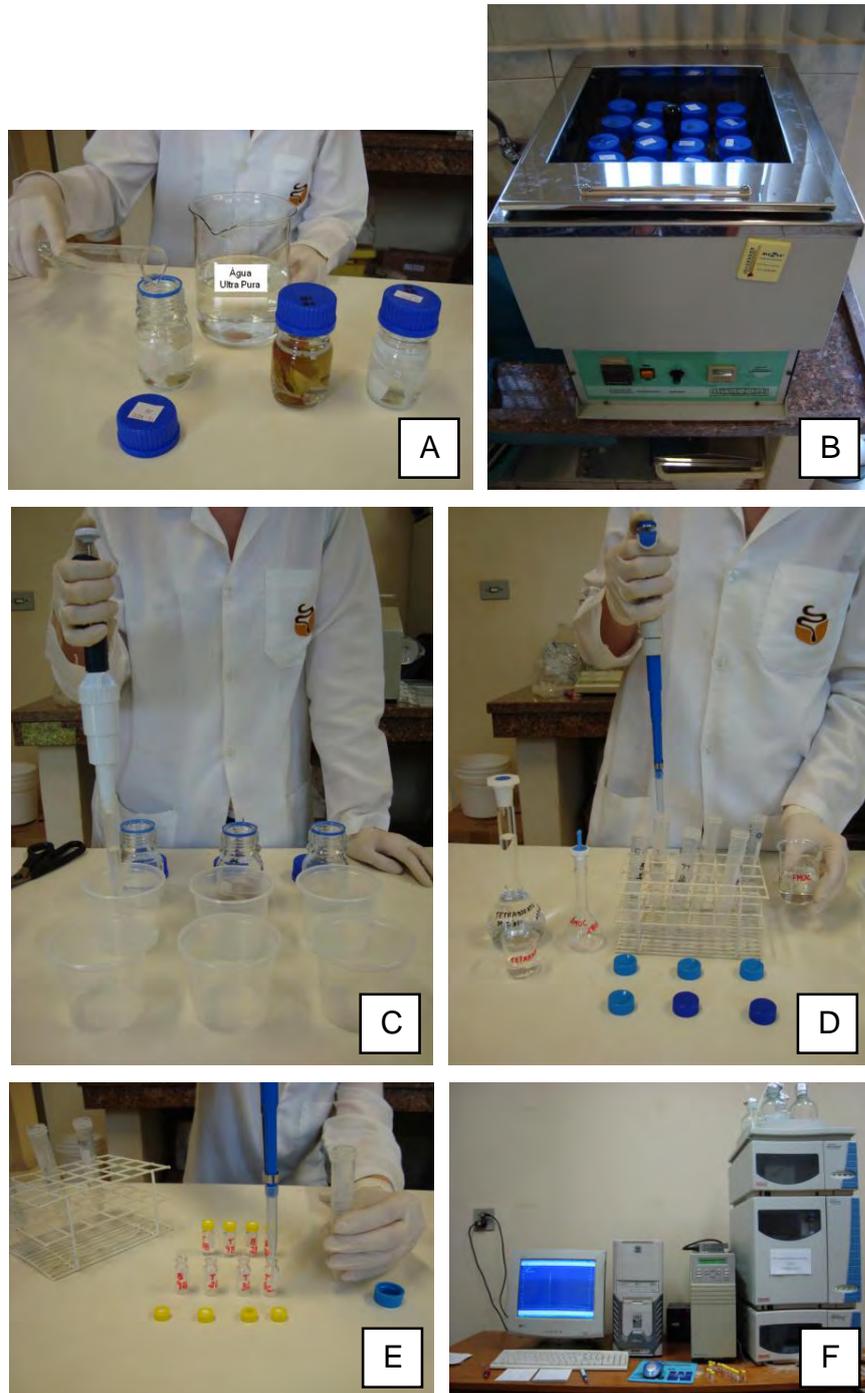


Figura 7. Procedimento de extração do glifosato. Amostras totalmente imersas no solvente (A); Francos fechados colocados em mesa de agitação orbital (B); Diluição das amostras (C) e derivação (D); Amostras prontas colocadas em vials (E); Aparelho HPLC para quantificação das amostras (F).

3.2.4. Quantificação do glifosato por sistema de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE).

A quantificação da molécula do glifosato é feita por meio da leitura de uma molécula secundária, obtida após a sua derivação.

Para a obtenção deste derivado, as amostras foram preparadas a partir da adição de 0,5 mL da solução de Cloroformato de 9-Fluorenilmetila (solução FMOC) e 0,075 mL de solução tampão de borato pH 9,0. Esta solução foi homogeneizada e permaneceu por 30 minutos para ocorrer a reação.

Após a derivação, foi retirado o excesso de FMOC por partição com 3 lavagens de 0,5 ml de acetato de etila e as amostras foram colocadas em vial para posterior análise no sistema CLAE.

A solução FMOC foi preparada diluindo-se 13 g de FMOC em 100 mL de acetonitrila, enquanto que a de borato com a diluição de 4,6 g de sódio tetraborato em 100 mL de água ultrapura.

A padronização utilizada foi o método externo com padrão analítico com concentração de 99,8%. A curva de calibração utilizada variou de 0,01 a 0,5 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ de glifosato em água ultra-pura.

As análises de glifosato foram realizadas em um cromatógrafo HPLC, marca ThermoFinnigan, modelo Surveyor LC com as seguintes condições: detector Fluorescência/UV-Visível, comprimento de onda com 266 nm de excitação e 305 nm de emissão, coluna C18 ACE 5,250 mm x 4,6 mm x 5 μm , fluxo de 1 mL/min, volume injetado de 15 μL (Loop), programa de aquisição de dados sendo o Chromquest 4.1.

Foram utilizadas duas fases móveis, com gradiente de concentração (Tabela 2) sendo que a fase A continha acetonitrila grau HPLC e a fase B constituída de 93% solução di-hidrogênio fosfato de potássio 1,98 mM completada com 7% de acetonitrila grau HPLC.

Tabela 2. Condições da rampa de gradiente durante a corrida das amostras de glifosato, Jaboticabal, 2009.

	Fase A – Glifosato	Fase B – ACN	Fluxo (mL.min ⁻¹)
0,01	97%	3%	1,0
6,00	97%	3%	1,0
10,00	65%	35%	1,0
12,00	65%	35%	1,0
17,00	3%	97%	1,0
20,00	3%	97%	1,0
40,00	97%	3%	1,0

Foi estabelecida uma curva de calibração (Figura 8) com valores de 0,01 a 0,5 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ do glifosato em água ultrapura.

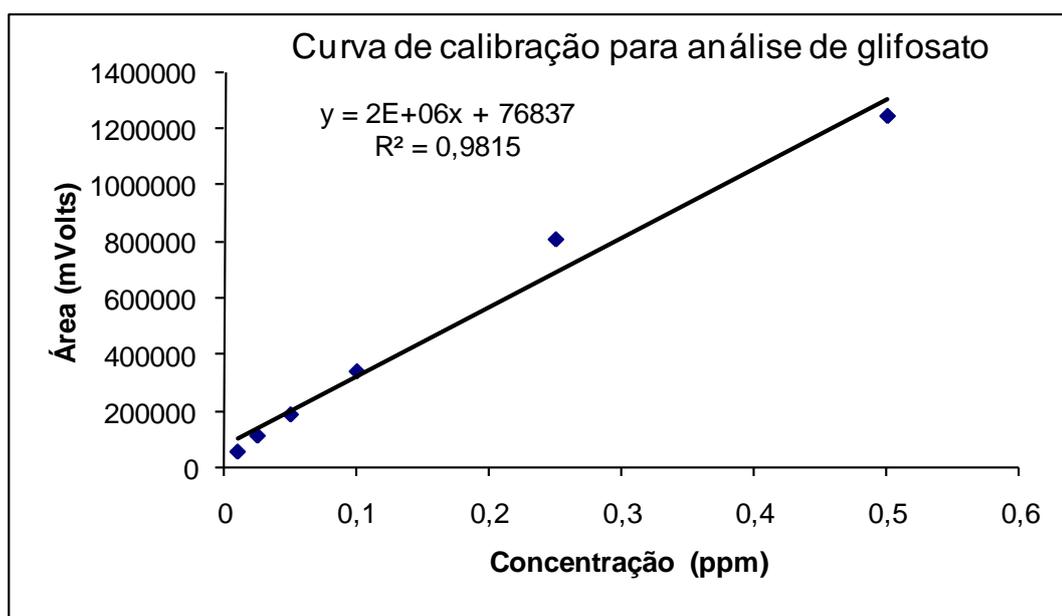


Figura 8. Curva de calibração com as soluções com concentrações crescentes de glifosato.

De acordo com o proposto pela ANVISA (2002), o valor do limite de detecção (LD) foi considerado entre duas a três vezes o ruído da linha de base. O LD foi determinado por meio de injeções de soluções do solvente água ultra-pura contendo

concentrações crescentes do glifosato, feitas com o padrão analítico do composto no sistema. Para o glifosato o LD calculado foi de $0,005 \mu\text{g.mL}^{-1}$ e o LQ, de $0,01 \mu\text{g.mL}^{-1}$ de acordo com ANVISA (2002).

A relação concentração área cromatográfica para o glifosato apresentou ajuste linear de $y = 2E + 6x + 76837$, com $R^2 = 0,9815$.

ANVISA (2002) estabelece para validação de métodos analíticos porcentagens de recuperação de no mínimo 80% até 120%, entretanto, a metodologia empregada para as extrações do glifosato proporcionaram recuperações entre 95,50 e 118,93% (Tabela 3), acima de 95% requeridos pela norma F2130 (ASTM, 2001).

Tabela 3. Porcentagem de recuperação do Roundup Original® CS na concentração de 480 g.L^{-1} dos materiais hidrorrepelentes para realização dos testes da norma F 2130 (ASTM, 2001), Jaboticabal, 2009.

	LAVAGENS				
	Tecido novo	5 lavagens	10 lavagens	20 lavagens	30 lavagens
MODELO DE EPI PARA APLICAÇÃO TRATORIZADA					
Bege Cru	108,02	101,48	97,86	95,50	108,73
Camuflado	118,93	96,72	95,96	103,97	96,72

3.3. Classificação das vestimentas

Os valores das médias de repelência e penetração dos tecidos amostrados nas diferentes partes do corpo foram classificadas segundo a norma 16602 (ISO, 2005) quanto à porcentagem de repelência e de penetração (Tabela 4).

Tabela 4. Classificação quanto à repelência e à penetração dos agrotóxicos nos materiais hidrorrepelentes pela norma 16602 (ISO, 2005), Jaboticabal, 2009.

Classes	Repelência	Penetração
3	>95%	<1%
2	>90%	<5%
1	>80%	<10%

3.4. Estudo da porosidade dos tecidos

O estudo da porosidade dos tecidos foi realizado no Setor de Técnicas Morfológicas do Laboratório de Anatomia, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias campus de Jaboticabal, estado de São Paulo.

Este estudo foi desenvolvido com o intuito de associar técnicas qualitativas e quantitativas para análise de imagens para quantificação da porosidade nos materiais de proteção para explicar as variações de repelência, retenção e penetração dos agrotóxicos nos materiais dos tecidos sem e após dez usos e lavagens.

Foi utilizado para o estudo da porosidade dos conjuntos de vestimentas, somente alguns exemplares de tecidos, pois se trata de uma técnica nova onde não se conhece a respeito, entretanto, com os resultados encontrados, os estudos com os tecidos presentes neste trabalho, poderão ser retomados em outro projeto.

Os tecidos novos e com dez lavagens do Bege Cru (100% de algodão) e o Camuflado (69% de algodão e 31% de poliámidá) foram usados no estudo.

Dos conjuntos de vestimentas Bege Cru e Camuflado, foram recortados 1 cm², em três repetições e imersos em xilol P. A. por trinta segundos. A seguir, a amostra foi colocada sobre uma lâmina histológica e montada com Entellan[®] (Merck-Germany).

Após a secagem, os tecidos foram fotomicrografados em microscópio Leica[®] W 450 utilizando o programa de captura de imagens LWin[®] (Leica).

As fotomicrografias foram analisadas pelo programa Quant[®] v. 1.0 (VALE et al., 2003), calibrado com resolução de 300 DPI, com redução de cores de quinze vezes, foram obtidos resultados das porcentagens de fibras e poros da amostra.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa Sistema para Análises Estatísticas, versão 2.0 – ESTAT, do Pólo Computacional e Departamento de Ciências Exatas da UNESP/Jaboticabal, Estado de São Paulo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Aplicação da norma de procedimento F 2130 da ASTM e de classificação ISO 16602, utilizando-se o fungicida Supera como marcador.

As porcentagens de repelência e penetração da calda do fungicida Supera no tecido Bege Cru usado em condições de campo em cultura de cana-de-açúcar estão apresentadas nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Porcentagens de repelência e classificação do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização com costal manual na cultura da cana-de-açúcar em função dos diferentes números de lavagens e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

PARTES DO CORPO	LAVAGENS					Média	F
	0	5	10	20	30		
Cabeça	78,34Ba	77,32Ba	76,73Aa	61,26Cb	73,32Ba	73,39B	10,48**
Braços	78,34Ba	76,09Ba	76,39Aa	69,45Cb	72,97Bb	74,65B	2,57**
Tronco frente	78,34B	78,01B	71,39B	76,59B	76,61B	76,19B	1,66 ^{ns}
Tronco atrás	78,34Ba	79,39Ba	69,09Bb	74,20Ba	75,76Ba	75,36B	3,49*
Pernas frente	89,74Aa	88,61Aa	81,89Ab	89,69Aa	91,31Aa	88,25A	2,86*
Pernas atrás	78,34Ba	78,84Ba	67,79Bb	73,60Ba	69,27Bb	73,57B	5,41**
Média	80,24a	79,71a	73,88c	74,13c	76,54b		
CLASSE	1	nc	nc	nc	nc		
F	4,58**	4,31**	6,13**	18,45**	12,46**		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott. () classe - ISO 16602, (nc) – não obteve classificação.

A parte do tecido amostrada que protegia as pernas-frente foi a que mais repeliu o fungicida e diferiu do restante das partes, porém vale ressaltar que isto pode ter

ocorrido, porque esta parte compõe-se de um reforço provido de tecido semipermeável (Figura 2A). Observa-se que à medida que o tecido é lavado, as perdas de repelência se acentuam de cinco para dez lavagens no tronco frente e atrás e pernas atrás. O tecido foi classificado como *Ineficiente* a partir de cinco usos e lavagens, até trinta.

Tabela 6. Porcentagens de penetração e classificação do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização com costal manual na cultura da cana-de-açúcar em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

PARTES DO CORPO	LAVAGENS					Média	F
	0	5	10	20	30		
Cabeça	0,00c	0,12Bb	0,24Ea	0,00c	0,00c	0,07D	7,55**
Braços*	0,00b	0,18Ba	0,13Fa	0,00b	0,00b	0,06D	4,87**
Tronco frente	0,00b	0,01Cb	3,43Da	0,00b	0,00b	0,69C	1523,87**
Tronco atrás	0,00c	0,31Ab	3,79Ca	0,00c	0,00c	0,82B	1795,58**
Pernas frente	0,00b	0,07Cb	4,00Ba	0,00b	0,00b	0,81B	2056,01**
Pernas atrás*	0,00c	0,15Bb	4,26Aa	0,00c	0,00c	0,88A	2309,85**
Média	0,00c	0,13b	2,64a	0,00c	0,00c		
CLASSE	3	3	2	3	3		
F	0,00 ^{ns}	7,03**	2391,84**	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott. () classe - ISO 16602.

O tecido de algodão tratado foi *Eficiente* em relação à penetração uma vez que todas as partes foram classificadas, na maioria delas com a melhor classificação, sendo que os valores das médias ficaram inferiores ao nível de 1%.

Outro fato observado através do estudo da porosidade dos tecidos de algodão (Figura 9) foi que a porcentagem de poros diminui, fechando os espaços conforme o tecido era lavado. Conseqüentemente, a porcentagem de fibras aumentou contribuindo não somente para a retenção do produto, mas também para que não ocorresse a penetração (Tabela 23). Isso pode ter ocorrido devido ao não beneficiamento do tecido de algodão, tornando-o menos resistente e, após lavagens, passivo de encolhimento (REGIL, 2008), além do esgarçamento das fibras.

As porcentagens de repelência e penetração da calda do agrotóxico Supera[®] em

tecido hidrorrepelente do EPI Camuflado usado em condições de campo em cultura de cana-de-açúcar estão apresentadas nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7. Porcentagens de repelência e classificação do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização com costal manual na cultura da cana-de-açúcar em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

PARTES DO CORPO	LAVAGENS					Média	F
	0	5	10	20	30		
Cabeça	89,74Ba	80,18b	80,98Bb	82,31Bb	79,66Bb	82,57B	5,83**
Braços*	89,74Ba	82,12b	82,98Bb	79,95Bb	78,61Bb	82,68B	6,35**
Tronco frente	89,74Ba	82,77b	81,51Bb	79,98Bb	81,18Bb	83,04B	5,14**
Tronco atrás	89,74Ba	82,98b	82,66Bb	79,24Bc	75,77Bc	82,08B	9,20**
Pernas frente	92,12A	87,14	93,71A	92,81A	90,19A	91,19A	2,34 ^{ns}
Pernas atrás*	89,74Ba	80,59b	81,54Bb	81,83Bb	76,03Bc	81,95B	8,36**
Média	90,13a	82,63b	83,89b	82,68b	80,23c		
CLASSE	2	1	1	1	1		
F	3,87**	2,11 ^{ns}	8,10**	8,88**	9,61**		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott. () classe- ISO 16602.

O tecido Camuflado apresentou porcentagens de eficiência acima de 80% em todas as partes do corpo com o tecido novo e após 5 e 10 usos e lavagens. Quando os tecidos repeliram menos que 80% para algumas partes com vinte e trinta lavagens, mesmo assim eles foram classificados quanto às suas respectivas médias, em classe 1.

Após vinte lavadas, a parte que menos repeliu foi tronco-atrás, provavelmente devido aos danos causados no tecido pelo pulverizador costal, tendo sido verificado desgaste do EPI nesta parte amostrada, perante a sensibilidade do tato com as pontas dos dedos das mãos, já que os aplicadores não utilizaram o avental com tecido impermeável, mais resistente, nas costas em nenhum momento.

O EPI foi considerado *Eficiente* até trinta lavagens, mantendo a classe 1 a partir de cinco lavagens.

Tabela 8. Porcentagens de penetração e classificação do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização com costal manual na cultura da cana-de-açúcar em função dos diferentes números de lavagens e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

PARTES DO CORPO	LAVAGENS					Média	F
	0	5	10	20	30		
Cabeça	0,00	0,25B	0,08	0,01	0,64B	0,19B	1,13 ^{ns}
Braços *	0,00b	0,44Bb	0,18b	0,54b	1,28Aa	0,48A	3,77**
Tronco frente	0,00b	1,06Ba	0,81a	0,65a	0,00Bb	0,51A	3,69**
Tronco atrás	0,00b	0,29Bb	0,39b	0,32b	1,67Aa	0,54A	6,75**
Pernas frente	0,00c	1,82Aa	0,18c	0,25c	1,09Ab	0,67A	9,31**
Pernas atrás *	0,00c	2,01Aa	0,53c	0,25c	1,08Aa	0,77A	10,07**
Média	0,00c	0,98a	0,36b	0,33b	0,95a		
CLASSE	3	3	3	3	3		
F	0,00 ^{ns}	9,64**	1,19 ^{ns}	0,83 ^{ns}	5,25**		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott. () classe - ISO 16602.

O tecido Camuflado recebe classificação 3 em todas as lavagens, pois mantém as médias das partes do corpo abaixo de 5% de penetração, sendo *Eficiente* até trinta lavagens.

As porcentagens de repelência e penetração da calda do agrotóxico Supera em tecido hidrorrepelente do EPI Bege Cru usado em condições de campo em cultura de citros estão apresentadas nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 9. Porcentagens de repelência e classificação do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

LAVAGENS							
PARTES DO CORPO	0	5	10	20	30	Média	F
Cabeça	78,34a	77,06Ba	68,22Bb	69,76Bb	78,75a	74,42B	8,90**
Braços	78,34a	80,70Aa	75,58Ab	71,95Bb	78,70a	77,05A	4,04**
Tronco frente	78,34a	73,63Bb	75,31Ab	70,40Bb	80,81a	75,69B	5,77**
Tronco atrás	78,34	76,19B	74,66A	75,28A	75,59	76,01B	0,70 ^{ns}
Pernas frente	78,34b	80,71Aa	72,94Ac	73,11Bc	76,14c	76,25B	17,30**
Pernas atrás	78,34	79,23A	73,02A	77,51A	77,58	77,13A	2,03 ^{ns}
Média	78,34a	77,92b	73,29c	73,00c	77,93b		
CLASSE	nc	nc	nc	nc	nc		
F	0,00 ^{ns}	2,77**	2,61**	3,08**	1,29 ^{ns}		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott, (nc) – não obteve classificação.

Semelhante ao ocorrido com este tecido na atividade de pulverização com costal em cana-de-açúcar (Tabela 5), neste caso, com EPI utilizado por tratoristas no controle fitossanitário do citros, o tecido também se mostrou *Ineficiente*, a partir de novo.

Tabela 10. Porcentagens de penetração e classificação do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

LAVAGENS							
PARTES DO CORPO	0	5	10	20	30	Média	F
Cabeça	0,00	0,55	0,62	0,48	0,11B	0,35	0,12 ^{ns}
Braços	0,00	0,75	0,73	0,43	0,47B	0,47	0,15 ^{ns}
Tronco frente	0,00	0,78	1,14	0,54	0,00B	0,49	0,40 ^{ns}
Tronco atrás	0,00b	0,80b	1,11b	0,00b	5,14Aa	1,41	7,45**
Pernas frente	0,00	0,15	1,04	0,13	0,81B	0,43	0,35 ^{ns}
Pernas atrás	0,00	0,46	1,02	0,01	0,03B	0,30	0,32**
Média	0,00	0,58	0,94	0,26	1,09		
CLASSE	3	3	3	3	2		
F	0,00 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,10 ^{ns}	6,55**		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott. () classe - ISO 16602.

O tecido foi *Eficiente* quanto à penetração em todas as partes amostradas, mesmo apresentando 5,14% com 30 usos e lavagens para a parte tronco-atrás, sendo que as médias das partes foram em sua maioria inferiores a 1%.

As porcentagens de repelência e penetração da calda do agrotóxico Supera em tecido hidrorrepelente do EPI Camuflado usado em condições de campo em cultura de citros estão apresentadas nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11. Porcentagens de repelência e classificação do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

PARTES DO CORPO	LAVAGENS					Média	F
	0	5	10	20	30		
Cabeça	89,74a	83,75Bb	83,94Bb	78,26c	76,33c	82,40B	12,09**
Braços	89,74a	87,19Aa	85,03Ba	78,19b	78,36b	83,70B	11,78**
Tronco frente	89,74a	85,61Ba	88,22Aa	78,76b	78,82b	84,23B	11,58**
Tronco atrás	89,74a	88,06Aa	87,26Ba	77,35b	77,21b	83,93B	16,21**
Pernas frente	89,74a	90,95Aa	90,49Aa	78,49b	78,69b	85,67A	18,10**
Pernas atrás	89,74a	89,35Aa	91,17Aa	78,96b	81,54b	86,15A	13,06**
Média	89,74a	87,43b	87,68b	78,33c	78,49c		
CLASSE	1	1	1	nc	nc		
F	0,00 ^{ns}	2,88*	3,58**	0,14 ^{ns}	1,36 ^{ns}		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott, () classe - ISO 16602, (nc) – não obteve classificação.

Este modelo para aplicações tratorizadas confeccionadas em algodão/polietileno, independente da parte do corpo amostrada, mostrou-se *Eficiente* somente até 10 lavagens e classificados em classe 1.

Tabela 12. Porcentagens de penetração e classificação do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

PARTES DO CORPO	LAVAGENS						F
	0	5	10	20	30	Média	
Cabeça	0,00b	0,00b	0,00b	0,62Bb	1,61Aa	0,44B	8,58**
Braços	0,00b	0,00b	0,00b	0,63Bb	1,05Aa	0,34B	4,08**
Tronco frente	0,00b	0,00b	0,00b	1,30Aa	1,49Aa	0,56B	10,26**
Tronco atrás	0,00b	0,00b	0,00b	1,81Aa	1,66Aa	0,69A	15,58**
Pernas frente	0,00b	0,00b	0,00b	2,27Aa	1,70Aa	0,79A	21,32**
Pernas atrás	0,00b	0,00b	0,00b	1,72Aa	0,19Bb	0,38B	9,85**
Média	0,00b	0,00b	0,00b	1,39a	1,28a		
CLASSE	3	3	3	2	2		
F	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	7,78**	5,93**		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott, () classe - ISO 16602.

Observa-se aumento na penetração com 20 e 30 lavagens, o suficiente para diminuir a classificação de classe 3 para classe 2, mesmo assim o EPI é considerado *Eficiente* até trinta lavadas.

SALEH et al. (1998) verificaram menor penetração dos inseticidas propoxur, permethrin/pyrethrins e chlorpyrifos/allevethrin em tecidos naturais novos com 100% de algodão e de 100% de lã. A mistura algodão/poliéster, especialmente o tecido tipo sarja (mais espesso), foi o mais eficiente, porém não foi impermeável. Tecidos de seda artificiais (100% rayon) ou sintéticos (revestidos de poliéster sintético, 50% algodão 50% poliéster, acrílico sintético) foram menos eficientes que os naturais de algodão e lã, não corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

A seguir estão apresentadas as tabelas referentes ao parâmetro de retenção do produto Supera, para os EPIs Bege Cru e Camuflado, para as duas atividades onde foram utilizados.

Apesar deste parâmetro não ser utilizado para a classificação quanto à norma 16602 (ISO, 2005), este é importante, pois de acordo com o tipo de fibra que o tecido é composto, se torna mais ou menos capaz de reter a calda de pulverização e o

agrotóxico, podendo interferir na eficiência da descontaminação.

Uma das mais importantes propriedades das fibras têxteis é a absorção de umidade, ou seja, a capacidade que cada fibra possui de absorver água do ambiente. As fibras naturais, como as de algodão do EPI Bege Cru ou artificiais de origem celulósica têm alta capacidade de absorver mais umidade uma vez que 8,5% do peso do algodão e 14% do peso da viscose é composto por água, entre outros. Já as fibras sintéticas como o poliéster absorvem menos umidade, sendo que apenas 0,4 % de seu peso é composto por água (REGIL, 2008), sendo semelhante ao tecido misto de algodão/polietileno do EPI Camuflado

Outro fator que envolve esta característica é a gramatura do tecido, sendo a relação entre a massa por unidade de superfície, dada em gramas por metro quadrado (REGIL, 2008), pois quanto maior for este parâmetro, maior será a retenção do agrotóxico durante o uso (CSISZÁR, et.al. 1998), concordando com os dados obtidos neste estudo, uma vez que para o tecido composto por 100% de algodão, com gramatura de 143,4 g/m², a menor média de retenção encontrada foi de 21,05% (Tabela 15) e a máxima de 26,53% (Tabela 13) do fungicida Supera utilizado como marcador. As menores retenções foram obtidas com o tecido Camuflado com 125,5 g/m², ocorrendo entre 12,92 e 17,39% encontrados na Tabela 14.

Tabela 13. Porcentagens de retenção do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização com costal manual na cultura da cana-de-açúcar em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

PARTES DO CORPO	LAVAGENS						F
	0	5	10	20	30	Média	
Cabeça	21,65Ab	22,56Ab	23,03Ab	38,71Aa	26,67Bb	26,53 ^a	21,61 ^{**}
Braços	21,65Ab	23,73Ab	23,35Ab	30,55Ba	27,02Ba	25,27 ^a	5,41 ^{**}
Tronco frente	21,65A	21,99A	25,17A	23,40C	23,38B	23,12B	0,84 ^{ns}
Tronco atrás	21,65Ab	20,29Ab	27,11Aa	25,79Ca	24,24Ba	23,82B	3,46 [*]
Pernas frente	10,28B	11,31B	14,10B	10,29D	8,69C	10,93C	1,73 ^{ns}
Pernas atrás	21,65Ab	21,01Ab	27,94Aa	26,39a	30,72a	25,55 ^a	7,45 ^{**}
Média	19,76 c	20,15 c	23,45 b	25,86 a	23,46 b		
F	5,32 ^{**}	8,72 ^{**}	10,73 ^{**}	37,64 ^{**}	25,43 ^{**}		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott.

Observa-se que a partir de 10 lavagens, tronco e pernas atrás passam a apresentar retenção mais elevada estendendo-se até 30 lavadas, sendo que para as partes, tronco e pernas frente, não se observam diferenças, dando indícios que o atrito do pulverizador nas costas e as folhas da cana-de-açúcar nas pernas atrás podem interferir na preservação do bom estado da fibra de algodão.

Tabela 14. Porcentagens de retenção do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização com costal manual na cultura da cana-de-açúcar em função dos diferentes números de lavagens e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

PARTES DO CORPO	LAVAGENS						F
	0	5	10	20	30	Média	
Cabeça	10,27Ab	19,56Aa	18,94Aa	17,68Aa	19,70Ba	17,23A	20,82**
Braços	10,27Ac	17,44Ab	16,84Ab	19,51Aa	20,12Ba	16,84A	20,25**
Tronco frente	10,27Ab	16,16Aa	17,69Aa	19,37Aa	1,26Dc	12,92B	71,88**
Tronco atrás	10,27Ac	16,72Ab	16,96Ab	20,44Aa	22,55Aa	17,39A	28,78**
Pernas frente	7,89Ba	11,04Ba	6,10Bb	6,94Bb	8,72Ca	8,62C	5,86**
Pernas atrás	10,27Ac	17,32Ab	17,93Ab	17,93Ab	22,89Aa	17,27A	26,90**
Média	9,87b	16,37a	15,74a	16,98a	15,87a		
F	6,71**	10,80**	30,22**	33,34**	103,38**		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott.

Este tecido em algodão/poliamida apresenta menores porcentagens de retenção em relação ao confeccionado com 100% de algodão, porém apresenta diferença logo com 5 lavagens e estende-se até 30. Por outro lado se assemelham, pois apresentam maiores valores para retenção nas partes tronco e pernas atrás, neste caso com 30 usos e lavagens.

Tabela 15. Porcentagens de retenção do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

PARTES DO CORPO	LAVAGENS						F
	0	5	10	20	30	Média	
Cabeça	21,65b	22,40Ab	31,17Aa	29,76Aa	21,04b	25,20A	10,16**
Braços	21,65b	18,55Bb	23,69Ba	27,63Aa	20,83b	22,47B	5,06**
Tronco frente	21,65b	25,59Aa	23,56Bb	29,05Aa	19,19b	23,81A	6,13**
Tronco atrás	21,65	23,01A	24,23B	24,72B	19,26	22,58B	2,09 ^{ns}
Pernas frente	21,65b	19,14Bb	26,02Ba	26,76Aa	23,05a	21,05B	19,54**
Pernas atrás	21,65	20,31B	25,96B	22,49B	22,40	22,56B	1,89 ^{ns}
Média	21,65	21,50b	25,77a	26,73a	20,96b		
F	0,00 ^{ns}	3,07*	3,53**	3,23**	1,08 ^{ns}		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott.

O tecido novo apresenta juntamente com os de cinco e trinta lavagens as menores porcentagens de médias de retenção (Tabela 15) sendo que 10 e 20 lavagens foram as que mais reteram (25,77 e 26,73%), valores semelhantes ao que ocorreu com este tecido nas atividades com cana-de-açúcar (Tabela 13).

Tabela 16. Porcentagens de retenção do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

PARTES DO CORPO	LAVAGENS						F
	0	5	10	20	30	Média	
Cabeça	10,27c	16,26Ab	16,06Ab	21,13a	22,07a	17,15A	24,40**
Braços	10,27c	12,81Bb	14,97Ab	21,18a	20,59a	15,96B	25,10**
Tronco frente	10,27b	10,80Bb	11,78Cb	19,95a	19,69a	14,49C	26,10**
Tronco atrás	10,27b	11,95Bb	12,74Bb	20,85a	21,13a	15,39B	29,48**
Pernas frente	10,27b	9,05Bb	9,51Cb	19,23a	19,61a	13,54C	31,79**
Pernas atrás	10,27b	10,65Bb	8,83Cb	19,32a	18,26a	13,47C	26,48**
Média	10,28c	11,92b	12,32b	20,27a	20,22a		
F	0,00 ^{ns}	6,70**	9,09**	0,87 ^{ns}	1,94 ^{ns}		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott.

As porcentagens de retenção (Tabela 16) são valores de até 20,27%, ocorrendo a partir de vinte lavagens, cerca de quatro pontos percentuais acima do ocorrido com o mesmo tecido nas atividades em cana-de-açúcar (Tabela 14),

4.2. Aplicação da norma de procedimento F 2130 da ASTM e de classificação ISO 16602, utilizando-se o herbicida Roundup Original® como marcador.

A seguir está apresentada a Tabela 17, referente ao parâmetro de repelência do herbicida Roundup Original, para o tecido Bege Cru, utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas.

Tabela 17. Porcentagens de repelência e classificação do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

PARTES DO CORPO	LAVAGENS					Média	F
	0	5	10	20	30		
Cabeça	99,27a	99,67a	93,57Aa	83,47b	92,95a	93,78	5,79**
Braços	99,27a	99,64a	97,54Aa	88,29b	95,27a	96,00	2,91*
Tronco frente	99,27a	99,51a	97,59Aa	82,36b	96,95a	95,14	7,04**
Tronco atrás	99,27a	99,65a	83,22Bb	83,97b	94,38a	92,22	8,35**
Pernas frente	99,27a	99,84a	97,27Aa	89,46b	88,39b	94,85	4,08**
Pernas atrás	99,27a	99,74a	94,96Aa	86,23b	91,72b	94,39	4,26**
Média	99,27a	99,67a	94,13b	85,63c	93,28b		
CLASSE	3	3	2	1	2		
F	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	3,79**	1,08 ^{ns}	1,21 ^{ns}		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott, () classe - ISO 16602.

Este mesmo tecido foi classificado quanto à repelência como *Ineficiente* a partir de novo até trinta usos e lavagens, quando utilizado por tratoristas, aplicando-se a norma F 2130 da ASTM com o marcador fungicida Supera® na formulação SC (Tabela 9), resultado totalmente inverso quando comparado à aplicação da mesma norma, com a formulação CS do Roundup Original® como marcador (Tabela 17), onde o EPI foi classificado como *Eficiente* a partir de novo até trinta usos e lavagens. Fato ocorrido por conta principalmente da formulação dos agrotóxicos que na primeira ocasião tratava-se de uma Suspensão Concentrada com alta afinidade aos lipídios, estes presentes no tecido por serem tratados com óleo fobol, resultados contrários aos encontrados nestes testes, por se tratar de uma formulação CS - Concentrado Solúvel, sendo esta formulação solúvel em água, conseqüentemente lipofóbica.

A perda da repelência até vinte lavagens e posterior aumento com trinta deve-se ao mesmo motivo justificado anteriormente na Tabela 6.

Sendo assim, maiores porcentagens de repelência e menores retenções foram obtidas e apresentadas a partir da Tabela 17.

Tabela 18. Porcentagens de penetração e classificação do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

PARTES DO CORPO	LAVAGENS					Média	F
	0	5	10	20	30		
Cabeça	0,01	0,00	0,04	0,01C	0,01	0,01C	0,07 ^{ns}
Braços	0,01	0,00	0,11	0,00C	0,01	0,02C	0,77 ^{ns}
Tronco frente	0,01b	0,01b	0,09b	0,29Ba	0,02b	0,08B	5,37 ^{**}
Tronco atrás	0,01b	0,00b	0,01b	0,69Aa	0,01b	0,14A	33,97 ^{**}
Pernas frente	0,01	0,00	0,00	0,05C	0,01	0,01C	0,15 ^{ns}
Pernas atrás	0,01b	0,01b	0,00b	0,29Ba	0,01b	0,06B	5,95 ^{**}
Média	0,01b	0,00b	0,04b	0,22 ^a	0,01b		
CLASSE	3	3	3	3	3		
F	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,77 ^{ns}	25,71 ^{**}	0,00 ^{ns}		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott, () classe - ISO 16602.

Analisando a penetração do herbicida Roundup Original® (Tabela 18), os resultados foram semelhantes a todos obtidos neste experimento, com baixas penetrações, neste caso o EPI foi classificado como *Eficiente* a partir de novo, até trinta usos e lavagens, obtendo a mais alta classe (3) provavelmente pela característica lipofóbica da molécula do produto comercial.

Por se tratar de um EPI confeccionado com 100% de algodão (EPI Bege Cru), o óleo fobol adere melhor à fibra, ao contrário do que acontece com o tecido misto do EPI Camuflado, fazendo com que, provavelmente, a camada tratada com hidrorrepelência venha a ser perdida após as lavagens, vindo a diminuir a hidrorrepelência do herbicida na sua formulação CS.

Tabela 19. Porcentagens de repelência e classificação do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

PARTES DO CORPO	LAVAGENS					Média	F
	0	5	10	20	30		
Cabeça	98,84a	99,29a	90,51b	85,87b	78,11c	90,53	16,50**
Braços	98,84a	98,39a	90,48b	93,34b	77,08c	91,63	16,08**
Tronco frente	98,84a	99,29a	88,82b	89,17b	79,27c	91,08	14,14**
Tronco atrás	98,84a	99,17a	95,26a	89,19b	79,97c	92,49	13,35**
Pernas frente	98,84a	99,36a	90,52b	84,20c	81,83c	90,95	13,43**
Pernas atrás	98,84a	98,90a	89,99b	87,90b	79,31c	90,99	13,90**
Média	98,84a	99,07a	90,93b	88,27c	79,27d		
CLASSE	3	3	2	1	nc		
F	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,01 ^{ns}	2,05 ^{ns}	0,54 ^{ns}		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott, () classe - ISO 16602, (nc) – não obteve classificação

Quando comparamos os dados obtidos na Tabela 11, onde se utilizou como marcador o fungicida Supera® SC, com os dados obtidos na Tabela 19, observamos maiores repelências desde o tecido novo até trinta nesta situação, utilizando como marcador o herbicida Roundup Original® por conta das diferentes formulações, fato discutido anteriormente.

A perda de repelência (Tabela 19) ocorreu de forma gradativa, pois de início o tecido Camuflado foi classificado em 3, ainda novo e com cinco lavagens, passando a ser classificado em 2 com dez usos e lavagens, em 1 com vinte usos e lavagens, sendo *Eficientes* até então, entretanto não recebendo classificação com trinta lavagens. Fato acontecido pois este tecido é mais resistente e sofre menos ação de encolhimento conforme é lavado por se tratar de um tecido beneficiado, sendo assim, as porcentagens de fibra e de poro pouco mudaram conforme lavados de novo e dez usos (Tabela 24) e como perdeu a característica repelente, o marcador foi menos repelido.

Tabela 20. Porcentagens de penetração e classificação do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavadas e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

PARTES DO CORPO	LAVAGENS					Média	F
	0	5	10	20	30		
Cabeça	0,01b	0,01b	0,05Bb	0,79Aa	0,27Cb	0,23B	12,66**
Braços	0,01b	0,06b	0,03Bb	0,86Aa	0,14Cb	0,22B	14,88**
Tronco frente	0,01b	0,01b	0,34Aa	0,05Bb	0,54Ba	0,19B	6,55**
Tronco atrás	0,01c	0,02c	0,47Ab	0,64Ab	1,54Aa	0,54A	44,69**
Pernas frente	0,01b	0,01b	0,08Bb	0,77Aa	0,10Cb	0,19B	11,97**
Pernas atrás	0,01	0,01	0,01B	0,04B	0,18C	0,05C	0,65 ^{ns}
Média	0,01c	0,02c	0,16b	0,53a	0,46a		
CLASSE	3	3	3	3	3		
F	0,00 ^{ns}	0,04 ^{ns}	4,27**	16,18**	34,73**		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott. () classe - ISO 16602.

Apesar do aumento da penetração com vinte e trinta usos e lavagens, não foi o suficiente para diminuir a classificação recebida pelo material que foi de 3, sendo *Eficiente* desde novo até trinta usos e lavagens (Tabela 20).

Tabela 21. Porcentagens de retenção do tecido Bege Cru utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavagens e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

PARTES DO CORPO	LAVAGENS						Média	F
	0	5	10	20	30			
Cabeça	0,73c	0,32c	6,39Bb	16,52Aa	7,04Cb	6,20B	117,19**	
Braços	0,73d	0,36d	2,36Cc	11,71Ca	4,72Db	3,97D	59,10**	
Tronco frente	0,73c	0,37c	2,33Cb	17,36Aa	3,03Db	4,76C	138,63**	
Tronco atrás	0,73c	0,35c	16,17Aa	15,34Aa	5,61Cb	7,64 ^a	161,76**	
Pernas frente	0,73c	0,16c	2,72Cb	10,49Ca	11,60Aa	5,14C	82,27**	
Pernas atrás	0,73d	0,26d	5,04Bc	13,48Ca	8,26Bb	5,55C	83,07**	
Média	0,73d	0,30d	5,83c	14,15a	6,71b			
F	0,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}	77,43**	20,26**	24,66**			

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott.

Os valores de retenção obtidos com esta formulação (Tabela 21) foram menores quando comparado aos dados obtidos com o fungicida de formulação SC observado na Tabela 15, tendo atingido a maior média entre todas as partes amostradas com vinte usos e lavagens (14,15%) e a menor média obtida com trinta lavagens (20,96%), respectivamente.

Tabela 22. Porcentagens de retenção do tecido Camuflado utilizado por trabalhadores em pulverização tratorizada na cultura do citros em função dos diferentes números de lavagens e partes do corpo amostradas, Jaboticabal, 2009.

PARTES DO CORPO	LAVAGENS						Média	F
	0	5	10	20	30			
Cabeça	1,15d	0,70d	9,44Ac	13,34Bb	21,62Aa	9,25A	245,21**	
Braços	1,15d	1,55d	9,48Ab	5,80Ec	22,78Aa	8,15B	249,54**	
Tronco frente	1,15c	0,70c	10,84Ab	10,78Db	20,18Ba	8,73A	208,07**	
Tronco atrás	1,15d	0,81d	4,26Bc	10,17Db	18,49Ca	6,98C	176,52**	
Pernas frente	1,15d	0,63d	9,40Ac	15,04Ab	18,07Ca	8,86A	199,17**	
Pernas atrás	1,15d	1,10d	10,00Ac	12,07Cb	20,51Ba	8,97A	212,19**	
Média	1,15d	0,91d	8,90c	11,20b	20,27a			
F	0,00 ^{ns}	0,40 ^{ns}	17,41**	32,10**	10,29**			

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott & Knott.

Com a provável perda do óleo fobol neste tecido misto, esperava-se ou uma maior retenção do produto na fibra, ou uma maior penetração, como o tecido foi eficiente quanto à penetração, foram quantificadas médias de retenções em todas as partes (Tabela 22). A partir de dez lavagens (8,90% de retenção) as quantidades retidas foram de ordem crescente, com 11,20% aos vinte, 20,27% aos trinta usos e lavagens.

Segundo SHAW et al. (2001) em seus estudos, observou que o tecido de algodão com gramatura de 277 g/m², tratado quimicamente com óleo fobol apresentou alto valores de repelência (88%), 12% de retenção, não sendo detectados valores para penetração, obtidos pelo Método da Pipeta. Observou também, em tecido sintético com menor gramatura (72 g/m²), repelência de 95,3%, retenção de 12% e 0% de penetração, corroborando com este trabalho, onde tecidos com maior gramatura obtiveram menores valores de repelência em relação aos de menor gramatura, concordando com LEONAS (1991).

Os mesmos autores observaram também que a sarja mista de algodão/poliéster com gramatura de 245 g/m², revestida com acabamento em resíduo que atrasa a absorção de um líquido pelo tecido quando ocorre um breve contato como no Método da Calha, apresentou 73% de repelência, 9,6% de retenção e 16% de penetração,

sendo que o mesmo tecido, submetido ao Método da Pipeta, apresentou 0% de repelência, 99,6% de retenção e 0,4% de penetração, devido aos 12 minutos de contato ininterruptos. O mesmo tecido lavado cinco vezes, perdeu a característica química do acabamento e o processo de lavagem originou irregularidades no tecido. Após ser avaliado pelo Método da Pipeta, a repelência continuou sendo de 0%, a retenção foi diminuída para 88,9% e a penetração aumentada para 12,8%.

O tecido leve de algodão com gramatura de 127 g/m² submetido ao teste da pipeta, onde uma gota é colocada no centro da amostra, fez saturar o tecido, ocorrendo a penetração do agrotóxico testado, tendo sido repelido 0%, retido 39,1% e penetrado 60,9%. O mesmo tecido, submetido ao teste do atomizador, onde uma quantidade de 2,5 a 3 vezes do mesmo agrotóxico foi colocado sobre a amostra do tecido, ocorreu a penetração de somente 0,3%, pois não ocorreu a penetração porque não atingiu a saturação pelo tecido, uma vez que as gotas eram mais finas e dispersas sobre o tecido.

4.3. Determinação da eficiência dos EPIs Bege Cru e Camuflado

Foram considerados “Eficientes” os tecidos que confeccionaram os EPIs Bege Cru e Camuflado, utilizados por trabalhadores rurais em atividades do tratamento fitossanitário nas culturas do citros e da cana-de-açúcar e que foram classificados em 1 ou 2 ou 3 segunda a norma 16602 (ISO, 2005). Os tecidos classificados como “ineficientes” foram aqueles os quais não receberam classificação.

As tabelas 25, 26 e 27 que estão apresentadas abaixo nada mais são que um resumo em relação ao que foi discutido nos itens 4.1 e 4.2, apresentado desta forma para uma melhor visualização.

Observa-se na Tabela 25 que o tecido do EPI Bege Cru é classificado como ineficiente logo com cinco usos e lavagens enquanto que o tecido do EPI Camuflado é eficiente desde novo até trinta usos e lavagens, tecidos estes em mesmas condições de

uso e utilizado o mesmo marcador nos testes.

Tabela 25. Eficiência quanto à Repelência e Penetração dos tecidos dos EPIs Bege Cru e Camuflado, avaliada com o fungicida Supera[®] SC como marcador, na atividade de repasse do herbicida, com pulverizador costal manual na cultura da cana-de-açúcar, em função do número de usos e lavagens, Jaboticabal, 2009.

MODELO DE EPI PARA PULVERIZAÇÃO COSTAL					
	0	5	10	20	30
Bege Cru					
REPELÊNCIA	eficiente	ineficiente	ineficiente	ineficiente	ineficiente
PENETRAÇÃO	eficiente	eficiente	eficiente	eficiente	eficiente
Camuflado					
REPELÊNCIA	eficiente	eficiente	eficiente	eficiente	eficiente
PENETRAÇÃO	eficiente	eficiente	eficiente	eficiente	eficiente

Observam-se na Tabela 26 que o tecido Bege Cru utilizado pelos trabalhadores na atividade de aplicação tratorizada apresenta eficiências diferentes quando avaliadas com marcadores diferentes, ocorre provavelmente pela característica lipofílica da molécula comercial do fungicida Supera[®] SC e a característica lipofóbica do herbicida Roundup Original[®] CS. A tensão superficial dos produtos interfere na repelência pois quanto maior for a sua tensão, menor será o molhamento no tecido, repelindo maior quantidade do produto.

A tensão superficial do fungicida Supera[®] SC é de 43,4 dinas.cm⁻¹ e do herbicida Roundup Original[®] CS de 48,05 dinas.cm⁻¹.

Podemos observar também que o tecido do EPI Bege Cru, avaliado com o marcador fungicida Supera[®] SC, na atividade em cana-de-açúcar (Tabela 25) obteve classificação muito semelhante em relação ao mesmo tecido, avaliado com o mesmo marcador, porém em atividade na cultura do citros (Tabela 26) nos mostrando que as condições de uso analisadas tendem a não interferir na classificação do tecido.

Tabela 26. Eficiência quanto à Repelência e Penetração dos tecidos do EPI Bege Cru, avaliadas com o fungicida Supera® SC e o herbicida Roundup Original® CS como marcadores, na atividade do controle fitossanitário, com pulverizador tratorizado na cultura do citros, em função do número de usos e lavagens, Jaboticabal, 2009.

MODELO DE EPI PARA PULVERIZAÇÃO TRATORIZADA					
	0	5	10	20	30
marcador – fungicida Supera® SC					
REPELÊNCIA	ineficiente	ineficiente	ineficiente	ineficiente	ineficiente
PENETRAÇÃO	eficiente	eficiente	eficiente	eficiente	eficiente
marcador - herbicida Roundup Original® CS					
REPELÊNCIA	eficiente	eficiente	eficiente	eficiente	eficiente
PENETRAÇÃO	eficiente	eficiente	eficiente	eficiente	eficiente

Podemos observar na Tabela 27 que o tecido submetido à análise com o marcador mais lipofóbico foi classificado até um número maior de usos e lavagens em relação à classificação obtida utilizando o marcador lipofílico.

Tabela 27. Eficiência quanto à Repelência e Penetração dos tecidos do EPI Camuflado, avaliadas com o fungicida Supera® SC e o herbicida Roundup Original® CS como marcadores, na atividade do controle fitossanitário, com pulverizador tratorizado na cultura do citros, em função do número de usos e lavagens, Jaboticabal, 2009.

MODELO DE EPI PARA PULVERIZAÇÃO TRATORIZADA					
	0	5	10	20	30
marcador – fungicida Supera® SC					
REPELÊNCIA	eficiente	eficiente	eficiente	ineficiente	ineficiente
PENETRAÇÃO	eficiente	eficiente	eficiente	eficiente	eficiente
marcador - herbicida Roundup Original® CS					
REPELÊNCIA	eficiente	eficiente	eficiente	eficiente	ineficiente
PENETRAÇÃO	eficiente	eficiente	eficiente	eficiente	eficiente

4.4. Quantificação da porosidade de materiais de vestimentas de proteção utilizando as técnicas associadas de fotomicrografia e software de análise de imagens.

Como observado na Figura 9, as fibras de algodão têm suas estruturas físicas modificadas, com rupturas principalmente devido ao tecido ser cru e não ter passado por nenhum tipo de beneficiamento, fazendo com que este seja menos resistente.

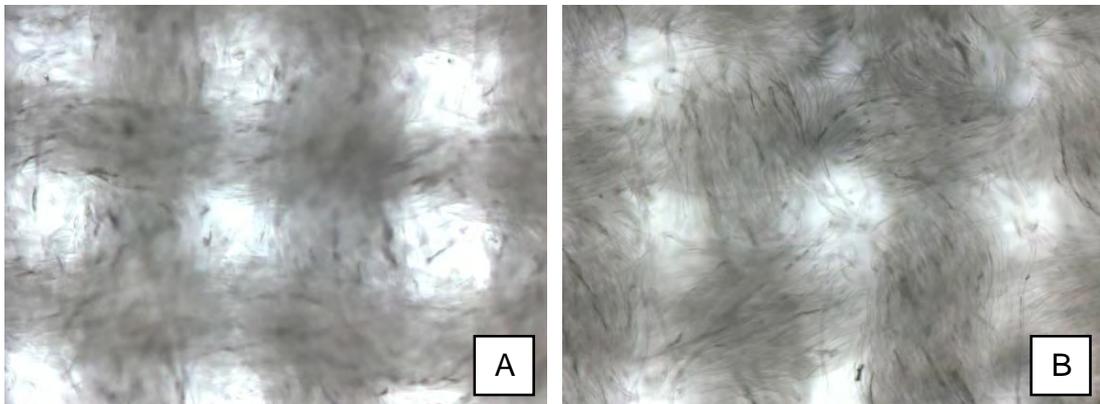


Figura 9. Fotomicrografia do retalho Bege Cru. Em A) Detalhe do retalho novo sem lavagem. 100x. Em B) Detalhe do retalho com dez lavagens. 100x.

Os EPIs constituídos em algodão apresentam maiores porcentagens de retenção em relação aos EPIs confeccionados em fibras sintéticas. Quando se aumenta o número de lavagens de zero para dez lavagens, a porcentagem de fibras no tecido de algodão aumenta em 5,38% (Tabela 23), conseqüentemente a porcentagem de poro diminui de 8,27 para 2,89 %.

Tabela 23. Porcentagens de fibras e de poros no tecido Bege Cru em função da lavada, Jaboticabal, 2009.

NÚMERO DE LAVAGENS	% FIBRA	% PORO
0	91,27B	8,73A
10	97,56A	2,44B
F	71,06**	71,06**
DMS (5%)	0,9144	0,9144
CV (%)	0,97	16,37

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

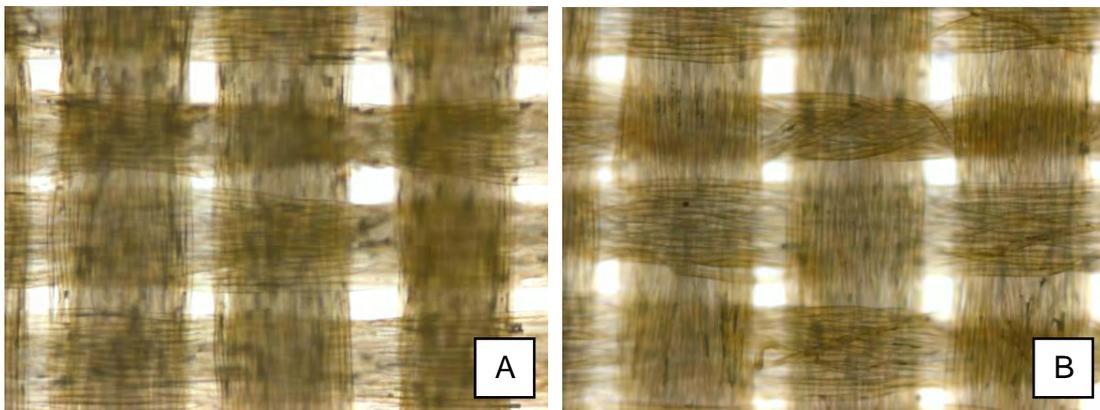


Figura 10. Fotomicrografia do retalho Camuflado. Em A) Detalhe do retalho novo sem lavagem. 100x. Em B) Detalhe do retalho com dez lavagens. 100x.

Tecidos sintéticos como os que estão presentes no EPI Camuflado apresentam menores porcentagens de retenção provavelmente devido à pouca afinidade da fibra em reter água e ser mais resistente mantendo as fibras sem rupturas (Figura 10). Aumentando-se o número de lavagens, também de zero para dez lavagens, tanto a porcentagem de área coberta pela fibra como o tamanho do orifício pouco mudou (Tabela 24).

Tabela 24. Porcentagens de fibras e de poros no tecido Camuflado em função da lavada, Jaboticabal, 2009.

NÚMERO DE LAVAGENS	% FIBRA	% PORO
0	95,44	4,56
10	95,54	4,46
F	0,10 ^{ns}	0,10 ^{ns}
DMS (5%)	0,3755	0,3755
CV (%)	0,39	8,33

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

5. CONCLUSÕES

1 - O tecido Camuflado, quanto à repelência, foi mais eficiente que o tecido Bege Cru, independentemente do marcador utilizado e também em relação às duas atividades de pulverizações.

Em relação aos dois marcadores utilizados no tecido Bege Cru, também quanto à repelência, foi mais eficiente quando utilizado o herbicida Roundup Original® CS.

Os modelos das duas empresas são eficientes quanto à penetração até trinta lavagens.

2- A combinação das técnicas de fotomicrografia e de quantificação percentual da porosidade por meio de software é adequada para avaliar a desorganização da estrutura física dos tecidos após usos e lavagens.

A estrutura física do tecido Camuflado não é alterada, mas a do Bege Cru é alterada após dez usos e lavagens.

6. REFERÊNCIAS

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia para validação de métodos analíticos**. RE nº 475, de 19 de março de 2002. Brasília. http://www.anvisa.gov.br/hotsite/genericos/legis/resolucoes/2002/475_02re.htm. acesso em junho de 2010.

ASTM American Society for Testing and Materials. **F 2130: standard test method for measuring repellency, retention, and penetration of liquid pesticide formulation through protective clothing materials**. West Conshohocken, p. 4. 2001.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos – AGROESTAT. Jaboticabal, 2010.

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

COSTA, G. M. **Segurança do trabalhador em aplicações de herbicidas com pulverizadores de barra em cana-de-açúcar**. 77p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2007.

CSISZÁR, 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.** Arch. Environ. Contam. Toxicol. v. 35, 129-134. 1998.

DAVIES, J. E.; ENOS, H. F.; BARQUET, A.; MORGADE, C.; PETERS, L. J.; DANAUSKAS, J. X.; FREED, V. H. **Protective clothing studies in the field: an alternative to reentry.** In: PLIMMER, J.R. (ed.) Pesticides residues and exposure. Washington: American Chemical Society, p.170-182. 1982.

DEDEK, W. **Solubility factors affecting pesticide penetration through skin and protective clothing.** In: TORDOIR, W.F., VAN HEEMSTRA-LEQUIM, E.A.H. Field worker exposure during pesticide application. Amsterdam: Elsevier, p.47-50. 1980.

DURLI, E. **Tratamento de efluentes de indústria de laticínios utilizando lípases de *Burkholderia cepacia* LTEB11.** 111p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007.

FERREIRA, E. A.; VENTRELLA, M. C.; SANTOS, J. B.; BARBOSA, M. H. P.; SILVA, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, E. A. M. **Leaf blade quantitative anatomy of sugarcane cultivars and clones.** Planta Daninha, v. 25, n. 1, p. 25-34. 2007.

ISO. International Organization for Standardization. **6330: textiles Domestic washing and drying procedures for textile testing.** Geneva, 13p. 2000.

ISO. International Organization for Standardization. **16602: Protective clothing for protection against chemicals - classification, labelling and performance requirements.** Geneva, 38p. 2005.

LEE, S.; OBENDORF, S. K. **A statistical model to predict pesticide penetration through nonwoven chemical protective fabrics.** Textile Res. J., 71 (11): 1000-1009. 2001.

LEE, S.; OBENDORF, S. K. **Transport properties of layered fabric systems based on electrospun nanofibers.** Fibers and Polymers. v. 8. n. 5, p. 501-506. 2007.

LEONAS, K.K. **The mechanism of pesticide transmission through apparel fabrics: a comparison of drop and spray exposure methodologies.** Arch. Environ. Contam. Toxicol. v. 20. p. 427-431. 1991.

LEONAS, K. K.; EASTER, E. P.; DE-JONGE, J. **Effect of fabric characteristics on pesticide penetration through selected apparel fabrics.** Bull. Environ. Contam. Toxicol. v. 43. p. 231-239. 1989.

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, Viçosa, v. 21, n.3, p.467-478. 2003.

OBENDORF, S. K.; CSISZÁR, E.; MANEEFUANGFOO, D.; BORSA, J. **Kinetic Transport of Pesticide from Contaminated Fabric Through a Model Skin.** Arch. Environ. Contam. Toxicol. v. 45. p. 283–288. 2003.

OBENDORF, S. K.; VARANASI, A.; MEJLDAL, 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.

OLIVEIRA, M. L. e MACHADO NETO, J. G. **Segurança no trabalho com agrotóxicos em citros: aplicação com o turbopulverizador e preparo de calda em tanque de 2000 L.** Revista Brasileira de Saúde Ocupacional. v. 107/108. p. 9-17. 2003.

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

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

RAHEEL, M. **Dermal exposure to pesticides: the barrier effectiveness of protective clothing.** *Journal of Environmental Health.* v. 51. n. 2. p. 82-84. 1988.

REGIL. **Glossário de termos técnicos.** disponível em: <http://www.regil.com.br/glossario.php?secao=gloss_>. 2008.

SALEH, M. A.; KAMEL, A; EL-DEMERDASH, A.; JONES, J. **Penetration of household insecticides through different types of textile fabrics.** *Chemosphere,* Oxford. v. 36. n. 7. p 1543-1552. 1998.

SANT' ANNA-SANTOS, B. F., DUQUE-BRASIL, R., AZEVEDO, A. A., SILVEIRA, A. S., ARAÚJO, J. M., AGUIAR, R. **Utilização de parâmetros morfoanatômicos na análise da fitotoxidez do flúor em folhas de *Magnolia ovata* (A. St.-Hil.) spreng. (Magnoliaceae).** *R. Árvore,* Viçosa-MG, v.31, n.4, p.761-771, 2007.

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 Res. J.,* 71 (10). p. 879-884. 2001.

SHAW, A.; COHEN, E.; HINZ, T. **Laboratory test methods to measure repellency, retention and penetration of liquid pesticides through protective clothing. Part II: Revision of Three Test Methods.** Textile Res. J., 74. p. 684-688. 2004.

SHOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Principles of instrumental analysis.** 5th ed. Saunders College, 1998.

TÁCIO, M. B.; OLIVEIRA, M. L.; MACHADO NETO, J. G. **Eficiência de vestimentas hidrorrepelentes novas na proteção do tratorista em pulverizações de agrotóxicos em goiaba com o turbopulverizador.** Rev. Bras. Frutic. v. 30. n. 1. 2008.

TOWLIN, C. D. S. **The Pesticide Manual.** The British Crop Protection Council. 11 ed. 1997.

VALE, F. X. R. do, FERNANDES FILHO, E. I., ZAMBOLIM, L., LIBERATO, J. R. **Software para Quantificação de Doenças de Plantas. QUANT V. 1.0.** Universidade Federal de Viçosa. 2003.

VAN HEMMEN, J. J. **Agricultural pesticide exposure data bases for risk assessment.** Rev Environ Contam Toxicol. New York. v. 126. p. 1-85. 1992.

VEROPOULOS, K.; CAMPBELL, C.; LEARMONTH. G.; KNIGHT. B.; SIMPSON, J. **The Automated Identification of Tubercle Bacilli using Image Processing and Neural Computing Techniques.** Proceedings of the 8th International Conference on Artificial Neural Networks. Skövde. v. 2. p. 797-802. 1998.

WOLFE, H.; BÄCKER, G.; FRIEBLEBEN, R. **Comparison of spray operator exposure during orchard spraying with hand-held equipment fitted with standard and air injector nozzles.** Arch Environ Hlth. v.14. p. 622-633.1967.

WOLFE, H. R.; ARMSTRONG, J. F.; STAIFF, D. C.; COMER, S. W. **Exposure of spraymen to pesticide.** Arch Environ Hlth. v.25. p. 29-31. 1972.