



## ESTUDO DE ELABORAÇÃO DE SOLUÇÃO IMPREGNANTE PARA TECIDOS 100% ALGODÃO COMO PROPOSTA DE ALCANÇAR SEGURANÇA E CONFORTO TÉRMICO PARA EPI'S DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS

Verônica de Paula Zanotti Tavares de Oliveira  
IFSUDESTEMG  
veronica.zanotti@ifsudestemg.edu.br

Sebastiana Luiza Bragança Lana  
Universidade do Estado de Minas Gerais / REDEMAT  
sebastiana.lana@gmail.com

Nelcy Della Santina Mohallem  
Universidade Federal de Minas Gerais  
nelcydsm@gmail.com

Luiz Fernando de Sousa Lima

---

**Resumo:** No presente estudo discute-se o uso de solução do sistema  $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$  desenvolvida pelo processo sol-gel para aplicação em tecidos para a confecção de Equipamentos de Proteção Individual, EPI, usados na aplicação de agrotóxicos, visando alcançar melhorias quanto às questões de segurança, que envolvem impermeabilidade ao agrotóxico, proteção aos raios UV, proteção bactericida e conforto térmico. Este projeto apresenta como campo de estudo o Assentamento 'A', localizado na cidade de Bauru, estado de São Paulo. Trata-se de agricultura familiar, com plantio de hortaliças pela técnica de plasticultura, a qual necessita de aplicação de agrotóxico, o que confere riscos de intoxicação ao trabalhador. Nesta primeira etapa procedeu-se o levantamento das matérias primas atuais que incluem os têxteis, os tipos de agrotóxicos e equipamentos de proteção individual (EPI) bem como os testes de caracterização dos mesmos. Assim, foram realizados testes de microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia por dispersão de energia junto ao Laboratório NanoLab – REDEMAT/ UFOP, além dos testes de lavanderia. Estão previstos ainda testes de microscopia eletrônica de varredura, espectroscopia por dispersão de energia, espectroscopia infravermelho por transformada de fourier, análise térmica, filtração ultravioleta, molhabilidade e lavanderia.

**Palavras-chave:** Conforto Térmico; Impermeabilidade; Filtração UV; Proteção Bactericida

**Abstract:** *This study will develop an impregnating solution which acts as protection pesticides to be tested in fabrics for the manufacture of personal protective equipment, PPE used in the application of pesticides in order to*

*achieve improvements with regard to security issues, involving impermeability to pesticides, UV protection, antibacterial protection and thermal comfort. This project has as field of study the settlement 'A', located in the city of Bauru, São Paulo. It is family farming, with planting vegetables by plasticulture technique, which requires the application of pesticides, which gives poisoning risk to the worker. In this first stage we proceeded to survey the current raw materials including textiles, types of pesticides and personal protective equipment (PPE) and the characterization tests of the same. Thus, scanning electron microscopy tests were performed, spectroscopy energy dispersion and laundry facilities. They are also provided for testing X-ray diffraction, scanning electron microscopy, energy dispersive spectroscopy, infrared spectroscopy by Fourier transform, thermal analysis, ultraviolet filtration, wettability and laundry facilities.*

**Keywords:** Thermal comfort; impermeability; UV filtration; Bactericidal protection

## 1. INTRODUÇÃO

Cuidados especiais devem ser adotados ao se trabalhar com os agrotóxicos. De acordo com a Norma Regulamentadora de nº 31, do Ministério do Trabalho e Emprego/ Secretaria de Inspeção do Trabalho, tais produtos necessitam de cautelas no seu manuseio e utilização, a fim de preservar a saúde do trabalhador, dos consumidores e o meio ambiente. Esta preocupação deve estar presente em todas as etapas provenientes da aplicação do produto, realizadas pelo trabalhador rural. Principalmente na agricultura familiar o trabalhador é exposto normalmente à riscos, pois nem todos absorvem as informações em relação a sua segurança, não adotando assim, as medidas necessárias para se precaver. O risco é potencializado quando o agrotóxico é aplicado no cultivo protegido/ plasticultura. O uso de agrotóxicos nestas condições merece muita cautela por parte do aplicador, devido à redução de radiação ultravioleta e ausência de chuvas na plantação e pelo uso de coberturas plásticas, fatores que prolongam o período residual do agrotóxico.

Atualmente os Equipamentos de Proteção Individual utilizados, são constituído de fibra 100% algodão com banho hidro-repelente ou 100% polietileno, onde o primeiro possui proteção que dura apenas trinta lavagens e o segundo não oferece ao usuário conforto térmico desejável. Assim, justifica-se esta pesquisa por se tratar de assunto ainda não discutido no Brasil.

Tal proposta apresenta ineditismo pela solução impregnante ser voltada para a impermeabilização de tecidos visando a proteção ao agrotóxico, além de oferecer também proteção aos raios UV, proteção bactericida e conforto térmico.

## 2. O USO DO AGROTÓXICO E A SEGURANÇA DO APLICADOR

A aplicação indiscriminada de agrotóxicos afeta tanto a saúde humana quanto os ecossistemas naturais. Os impactos na saúde atingem todos: os aplicadores do produto, como também os membros da comunidade que circundam os locais de

aplicação e, ainda, os consumidores dos alimentos contaminados com resíduos; entretanto, sem dúvida, a primeira categoria (aplicadores do produto) é a mais afetada. (SOARES, ALMEIDA e MORO, 2003)

De acordo com a Norma Regulamentadora de nº 31<sup>1</sup>, do Ministério do Trabalho e Emprego/ Secretaria de Inspeção do Trabalho, conforme consta na ANDEF (2008), “o empregador rural ou equiparado deve proporcionar capacitação sobre a prevenção de acidentes com agrotóxicos a todos os trabalhadores expostos diretamente”.

Sendo assim, cabe ao empregador fornecer ao trabalhador informações e cursos de capacitação, necessários para a sua segurança.

Segundo o Instituto Nacional do Câncer (Inca<sup>2</sup>), o consumo de agrotóxicos no Brasil saltou de US\$ 2 bilhões em 2001 para mais de US\$ 8,5 bilhões em 2011. Desde 2009, o país é o maior consumidor mundial dessas substâncias, com uma média de um milhão de toneladas por ano, o equivalente a 5,2 kg de veneno por habitante. Em comparação com os Estados Unidos, país que em 2012 manteve a média de 1,8 kg por habitante. Na última década, o mercado de agrotóxicos do país cresceu 190%, ritmo mais acentuado do que o do mercado mundial no mesmo período, que alcançou a percentagem de crescimento de 93%. (MILHORANCE, 2016)

A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (Iarc<sup>3</sup>) publicou um relatório no qual classificou cinco agrotóxicos como ‘provavelmente’ ou ‘possivelmente’ cancerígenos, dos quais três são permitidos no Brasil pela Agência de Vigilância Sanitária (Anvisa<sup>4</sup>). Diante da publicação, o órgão afirmou que reavaliará a segurança dos produtos. Além desses cinco agrotóxicos apontados no relatório, há, pelo menos outras dez substâncias usadas nas lavouras do país que estão proibidas em países como Estados Unidos e os da União Europeia. E mesmo proibidos ou não, as evidências científicas não garantem a segurança dos agrotóxicos. (MILHORANCE, 2016)

Há dois tipos de intoxicação comprovadas que são causadas pelos agrotóxicos, sendo estas: as agudas, decorrentes do contato direto com o produto, prejudicando principalmente o agricultor com irritação de pele e olhos, coceira, vômito, diarreia, espasmos, convulsões e até a morte; e as crônicas, que ocorrem pela contaminação prolongada e podem afetar qualquer pessoa, causando: infertilidade, impotência, aborto, malformações, desregulação hormonal, efeitos sobre o sistema imunológico e nervoso central, além do câncer. (MILHORANCE, 2016)

A exposição pode ser entendida como o simples contato do agrotóxico com qualquer parte do organismo humano, ou seja, por meio ocular, respiratório, oral e dérmico. Tais exposições podem ser classificadas como diretas ou indiretas. (ANDEF, 2008)

A região Sudeste apresentou em 2010, o maior número de casos de intoxicação (2.145), seguidas da região Sul (898), Nordeste (823), Centro-Oeste (808) e Norte (115). Porém, no *ranking* de mortes levadas pela intoxicação por agrotóxico, o Nordeste está em primeiro lugar, tendo o número de oitenta e dois (82) óbitos em um

---

<sup>1</sup> N.R 31: A norma foi analisada pela Consultoria Jurídica do Ministério do Trabalho e Emprego e publicada através da Portaria nº 86 de 03 de março de 2005, no Diário Oficial da União de 04/03/05, aprovando a Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho, Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura (NR 31).

<sup>2</sup> INCA: Instituto Nacional do Câncer.

<sup>3</sup> IARC: Agência Internacional de Pesquisa em Câncer.

<sup>4</sup> ANVISA: Agência de Vigilância Sanitária.

total de cento e setenta e um (171) em todo o país, somente no ano de 2010. Representando 47,9% de todas as mortes por agrotóxico registradas no período. (MELQUÍADES, 2013)

Sabendo-se que não é possível ao usuário alterar a toxicidade do produto, e que nem sempre ele foi capacitado para seu manuseio e aplicação, a única maneira concreta de reduzir o risco é através da diminuição da exposição. Assim, para reduzir a exposição, o trabalhador deve manusear os produtos com cuidado, usar equipamentos de aplicação calibrados e em bom estado de conservação, além de vestir os Equipamentos de Proteção Individual (EPI<sup>5</sup>) adequados.

Para analisar a interface homem *versus* ambiente de trabalho, faz-se necessário considerar as características dos operadores e do trabalho que realizam, alcançando, maior eficiência produtiva, maior grau de conforto e segurança na tarefa, e para isso a ergonomia configura-se como uma área importante.

### 3. A ERGONOMIA

A Ergonomia fundamenta-se na junção de diversas ciências, tais como: engenharia, psicologia, *design*, medicina, biomecânica, entre outras, as quais convergem todas no objetivo de otimização da produção gerada pelo conforto no desempenho da tarefa e, principalmente, na redução de acidentes e doenças crônicas relativas ao trabalho. (MORAES e MONTALVÃO, 2009)

As características relacionadas ao trabalho (atividades desempenhadas; ambiente físico e social), exercem sobre o trabalhador constrangimentos, exigindo-lhe gastos de naturezas diversas, tais como: físico, mental, emocional e afetivo, acarretando no indivíduo desgastes e custos. (MORAES e MONTALVÃO, 2009)

Os conflitos existentes se expressam através de custos humanos do trabalho para o operador – fadiga, doenças profissionais, lesões temporárias ou permanentes, mutilações, mortes – e de acidentes, incidentes, erros excessivos, paradas não controladas, lentidão e outros problemas de desempenho. (MORAES e MONTALVÃO, 2009)

Pensando-se na ergonomia x ambiente de trabalho há de se considerar a relação existente entre o homem e a veste que ele utiliza na aplicação de agrotóxico, esta deve garantir além da segurança à toxicidade vinda do agrotóxico, mas o conforto térmico, permitindo que a derme do indivíduo realize a troca térmica com o ambiente.

### 4. CONFORTO TÉRMICO

O organismo humano pode ser comparado a uma máquina térmica, o qual gera calor ao executar algum tipo de esforço/ trabalho. O calor gerado pelo organismo deve então ser dissipado em igual proporção ao do ambiente, para que se mantenha o equilíbrio com a temperatura interna do corpo. (XAVIER, 2000)

Sempre que uma superfície estiver úmida, esta perderá calor por evaporação para o ar; no entanto, só se o ar não estiver saturado. Na pele, tal processo é influenciado pelas vestes, pela velocidade do ar e, pela diferença da pressão parcial de vapor. A evaporação máxima é verificada quando a pele está completamente molhada. Ela representa maior quantidade de calor por evaporação que o ar do ambiente pode

---

<sup>5</sup> EPI: Equipamento de Proteção Individual.

absorver. Dessa forma, ocorre a evaporação requerida, definida como sendo a evaporação que o organismo do homem deve realizar para anular o saldo de calor. (COUTINHO, 2005)

As vestes são como isolantes térmicos para a pele, pois reduzem as trocas de calor entre a derme e o meio ambiente. Obviamente, tal redução está intimamente ligada a características como a espessura, as dimensões e a porosidade do tecido tal como com o número de peças que o indivíduo está usando. O corpo humano, despido de roupas, permite que a pele troque calor diretamente com o ar; porém, o corpo vestido recebe um circuito de resistência em série a sua volta [...]. (COUTINHO, 2005)

O homem, antes de interagir com qualquer objeto/máquina, tem na maioria do tempo a presença de uma vestimenta que pode interferir na sua percepção ambiental, em seus movimentos e em seu comportamento social, caberia dizer que o vestuário funciona como uma Interface Global Primária, no que se refere à relação homem-ambiente. Ou seja, ele faz parte do meio físico/material do homem, está presente na maior parte do tempo como uma extensão do seu corpo e interage com o organismo humano de maneira generalizada e direta, como uma segunda pele. E, sob tais condições, pode intervir, positiva ou negativamente, na realização de qualquer ação humana, influenciando o relacionamento do homem com quaisquer sistemas. (MONTEMEZZO e SANTOS, 2003)

Portanto, toda vestimenta, seja ela portadora de conteúdo de moda ou não, deve ser concebido de forma consciente e responsável, para que sua ação na interface homem-máquina seja sempre eficiente, evitando a ocorrência de situações físicas ou mentais desfavoráveis, as quais possam causar *stress*. (MONTEMEZZO e SANTOS, 2003)

## 5. EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Segundo a Norma Regulamentadora nº4<sup>6</sup>, do Ministério do Trabalho e Emprego/ Secretaria de Inspeção do Trabalho, o EPI é definido como todo dispositivo de uso individual destinados a proteger a integridade física do trabalhador. (apud MONQUERO, INÁCIO e SILVA, 2009)

O EPI é uma ferramenta de trabalho que visa proteger a saúde do trabalhador rural, que utiliza agrotóxicos, cujo objetivo é evitar a exposição do trabalhador ao produto, reduzindo os riscos de intoxicações decorrentes de uma contaminação. É dever de o empregador fornecê-lo gratuitamente ao trabalhador, assim como garantir a manutenção durante o tempo de vida útil que, em geral, é de trinta lavagens. Por outro lado, é dever do trabalhador ao utilizá-lo seguir à risca suas regras de segurança. (ANDEF, 2008)

A sub-utilização ou utilização ineficiente de EPI representa grande perigo à saúde do aplicador, causando elevação significativa no número de intoxicações. Neste aspecto, deve-se enfatizar que o uso de EPI é um ponto de segurança do trabalho que requer ação técnica, educacional e psicológica para a sua aplicação. (apud MONQUERO, INÁCIO e SILVA, 2009)

O conjunto de vestimenta protetora para aplicação de agrotóxicos (Figura 03) é composto por uma touca árabe, calça e jaleco. O primeiro EPI utilizado era

---

<sup>6</sup> N.R 4: A Norma Regulamentadora nº4, do Ministério do Trabalho e Emprego/ Secretaria de Inspeção do Trabalho, foi aprovada pela portaria nº nº 3.214/78.

confeccionado em PVC<sup>7</sup>, ainda hoje é produzido, porém já não é considerado adequado por não fornecer conforto térmico ao usuário, hoje, é confeccionado em tecido 100% Algodão - CO<sup>8</sup>, 160g/m<sup>2</sup>, repelente à calda do produto utilizado, por um banho hidro-repelente ao tecido. Há também disponível no mercado este material confeccionado em não-tecido, sendo este 100% Polietileno. O conjunto de vestimenta pode ser substituído pelo macacão, confeccionado nos materiais citados. Tanto o conjunto quanto o macacão vem acompanhados por um avental de NAPA ou plástico. Os outros EPI utilizados são: luva, máscara protetora (respirador), bota e viseira facial. (ANDEF, 2008)

## 6. PARTE EXPERIMENTAL – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Antes de iniciar a apresentação dos testes realizados até o momento, faz-se necessário conceituar as técnicas de caracterização que foram e serão utilizadas no presente trabalho.

A Microscopia Eletrônica de Varredura utiliza um feixe de elétrons no lugar de fótons que são utilizados no microscópio óptico convencional. Tal característica permite uma maior resolução da imagem, além de fornecer imagens com aparências tridimensionais, que resulta na grande profundidade de campo do aparelho, permitindo o exame em pequenos aumentos e com grande profundidade de foco. (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007)

A Espectroscopia por Dispersão de Energia, EDS, através de análise superficial, fornece a identificação de elementos químicos de uma amostra. (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007)

O teste de lavanderia é realizado submetendo as amostras a serem analisadas à lavagem com água e/ou água e outros componentes (exp: sabão; água sanitária; (...)). Normalmente é adotado um tempo padrão para ser utilizado nos diferentes testes de lavagem.

### 6.1. Solução de Impregnação

A solução de impregnação testada nesta primeira fase foi constituída por precursores de SiO<sub>2</sub> e TiO<sub>2</sub>, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1 – Soluções de Impregnação III – Precursor de SiO<sub>2</sub> e TiO<sub>2</sub>**

MATERIAL	FORMULA	SIGNIFICANTE	QUANTIDADE
TIP	C <sub>12</sub> H <sub>28</sub> O <sub>4</sub> Ti	Precursor	1,75 ml
TEOS	Si(OEt) <sub>4</sub>	Precursor	1,34 ml
Acetil Acetona	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	Solvente	1,0 ml
Ácido Acético	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	Solvente	0,5 ml
Isopropanol	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	Solvente	45 ml
Água	H <sub>2</sub> O	Solvente	0,25 ml

Fonte: VIANA, M. M.; MOHALLEM, T. D. S. ; NASCIMENTO, G. L. T. ; MOHALLEM N. D. S. . Nanocrystalline Titanium Oxide thin Films Prepared by Sol-Gel Process. P. 1081-1083, 2006.

<sup>7</sup> PVC – Cloreto de Polivinila.

<sup>8</sup> CO: Sigla do Algodão.

De acordo com Hiratsuka (1995) e Benvenutti (2009), as reações químicas que ocorrem durante o processo de Sol-gel são:

- Hidrólise do precursor, que leva a formação de reações M-OH, onde a hidroxilação de precursores inorgânicos é obtida pela modificação do pH da solução aquosa resultando na protonação de oxo-íons aniônicos ou deprotonação de aquo-íons catiônicos e hidroxilação de alcóxidos pela adição de água;
- As etapas posteriores envolvem reações de condensação, gelificação, envelhecimento e secagem;

Cada uma destas etapas deve passar por um controle rígido das condições físico-químicas de processamento;

Combinar estruturas química e física de superfície para criar um comportamento hidrofóbico, é algo que vem sendo utilizado, como também para gerar em tecidos e/ou fibras outros comportamentos, como proteção UV, proteção bactericida e proteção à flamabilidade. Uma superfície com ângulo de contato acima de  $150^\circ$  é considerada como ultra-hidrofóbica. Estudos de Wenzel (8) e Cassie – Baxter (9) apresentaram os fatores que determinam a ‘molhabilidade’ de uma superfície como sendo a energia de superfície e a rugosidade. Assim, a adição de nanopartículas a polímeros funcionais hidrofóbicos/ hidrofílicos vai melhorar as propriedades do polímero com a incorporação adicional das propriedades funcionais das nanopartículas. Outros métodos também podem ser usados para a obtenção deste efeito superficial, como por exemplo, a deposição em soluções de nanopartículas de sílica modificada. (VENTURA; CARNEIRO; SOUTO; 2011)

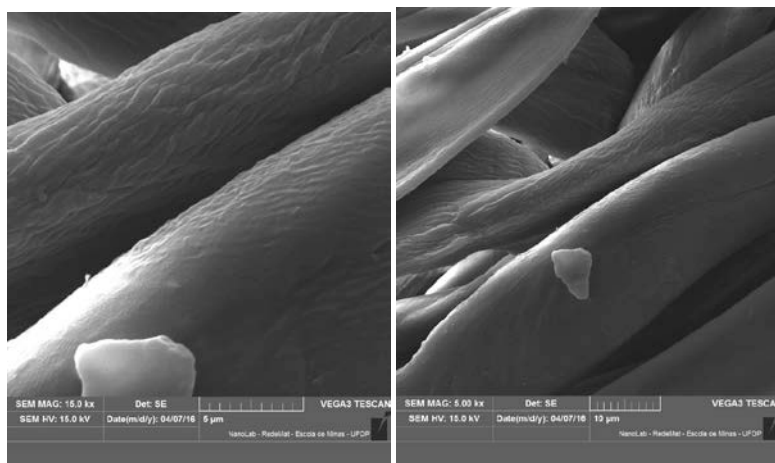
Existem partículas orgânicas e inorgânicas utilizadas como bloqueadoras de UV, sendo preferíveis as orgânicas por não apresentarem toxicidade e serem quimicamente estáveis quando expostas a altas temperaturas e aos raios UV. Normalmente usam-se alguns óxidos de semicondutores como o dióxido de titânio, dióxido de sílica, óxido de zinco e alumina como bloqueadores UV. (VENTURA; CARNEIRO; SOUTO; 2011)

O  $\text{TiO}_2$  além de ser anti-bactericida, pode ser considerado para proteção solar eficaz. É utilizado em fibras de poliéster, poliamida, viscose e acrílicas. (GACÉN e GACÉN, 2003)

A solução utilizada neste trabalho foi desenvolvida utilizando o ‘tempo de envelhecimento’ de 1h a 2 h, para se alcançar a viscosidade de 2 cP, a temperatura ambiente de  $25^\circ\text{C}$ , umidade do ar a 45 % e pH de 5,0.

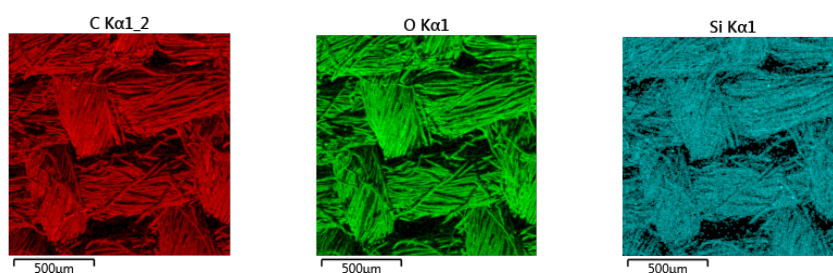
## **6.2. Microscopia Eletrônica de Varredura com Espectroscopia por Dispersão de Energia**

As Figuras 1 e 2 irão mostrar o tecido 100% algodão utilizado como estrutura base, após a impregnação da solução, sendo imagens oriundas do teste de caracterização de microscopia eletrônica de varredura.



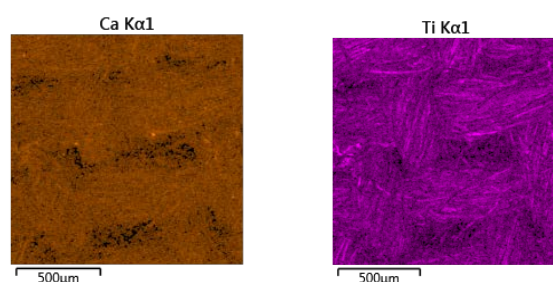
**Figura 1 e 2: MEV do Tecido 100% algodão com Tratamento de Solução de Sílica e Titânio**  
 Fonte: Teste Realizado no Microscópio Eletrônico de Varredura no NanoLab-REDEMAT/UFOP

As figuras 3, 4, 5, 6 e 7 ilustram a EDS do tecido 100% algodão impregnado com a solução de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{TiO}_2$ .



**Figura 3,4 e 5: EDS do Tecido 100% algodão após sol-gel  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  – presença de Carbono, Oxigênio e Sílica.**

Fonte: Teste realizado no NanoLab-REDEMAT/UFOP



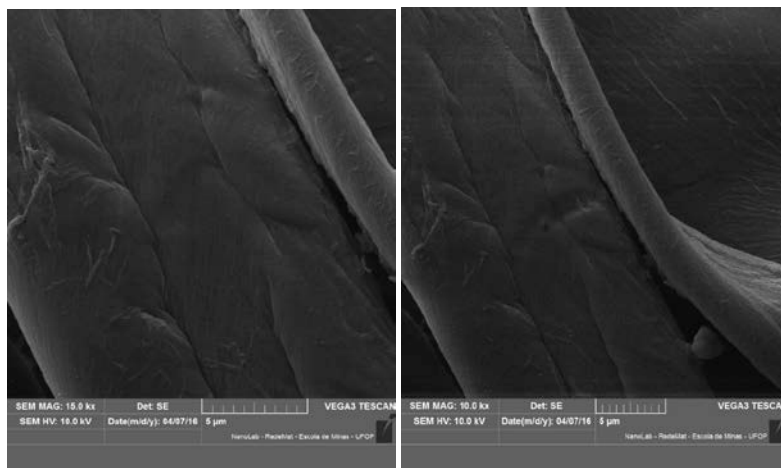
**Figura 6 e 7: EDS do Tecido 100% algodão após sol-gel  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  – presença de Cálcio e Titânio.**

Fonte: Teste realizado no NanoLab-REDEMAT/UFOP

As figuras 8 e 9 ilustram o MEV do tecido 100% algodão com a solução de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{TiO}_2$  com teste de lavanderia utilizando-se sabão em pó.

O teste foi realizado submetendo o tecido por duas lavagens na máquina de lavar, onde em cada uma das lavagens seguindo o ciclo completo do maquinário, por duas horas e trinta minutos. Neste processo foi utilizado 250 g de sabão em pó, que foi diluído em 125 L de água em cada ciclo.

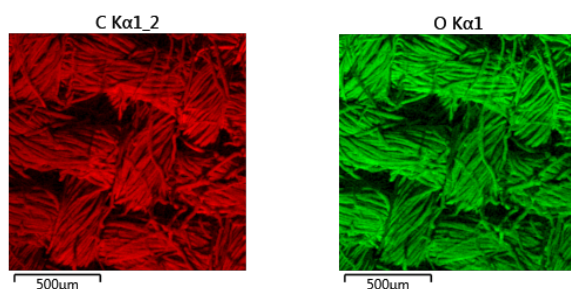




**Figura 8 e 9: MEV do Tecido 100% algodão após sol-gel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  lavado com sabão**

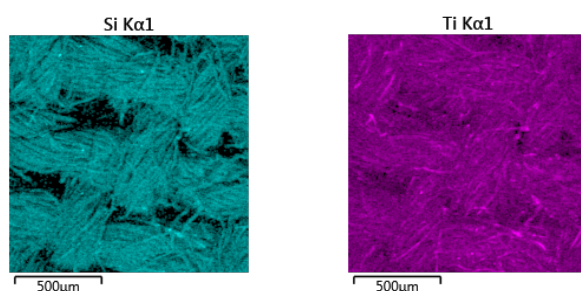
Fonte: no NanoLab-REDEMAT/UFOP

As figuras 10, 11, 12 e 13 ilustram o EDS do tecido 100% algodão impregnado com a solução de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{TiO}_2$  com teste de lavanderia utilizando-se sabão em pó.



**Figura 10 e 11: EDS do Tecido 100% algodão após sol-gel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  lavado com Sabão – presença de Carbono e Oxigênio**

Fonte: Teste realizado no NanoLab-REDEMAT/UFOP



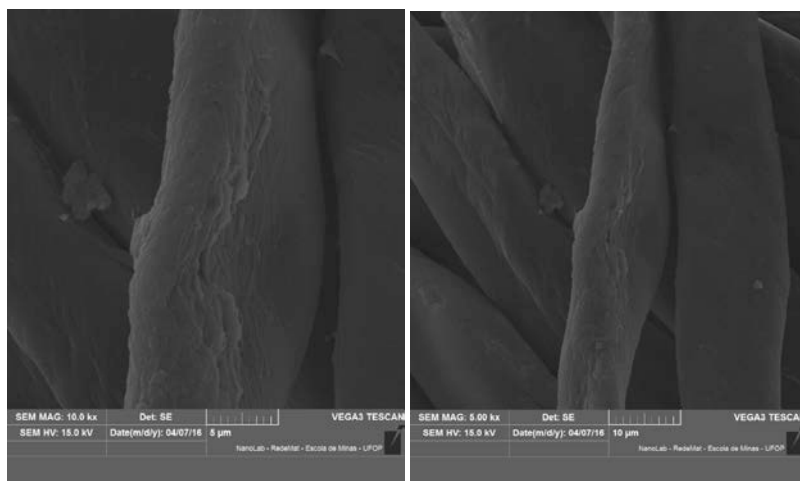
**Figura 12 e 13: EDS do Tecido 100% algodão após sol-gel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  lavado com sabão – presença de Sílica e Titânio**

Fonte: Teste Realizado no NanoLab-REDEMAT/UFOP

Uma variação do teste de lavanderia consiste em submeter o tecido às mesmas condições anteriores, porém substituindo o uso do sabão em pó por água sanitária.

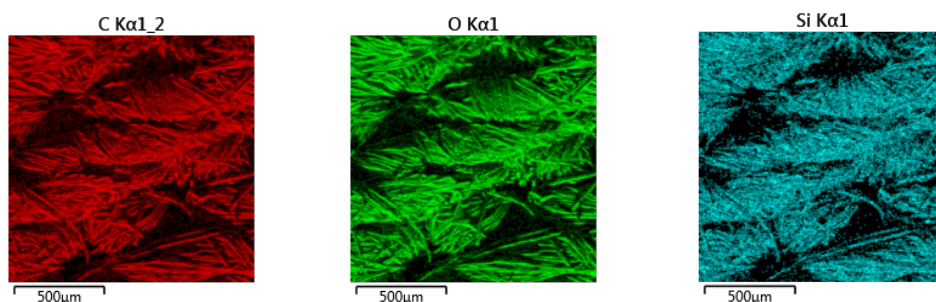
Neste processo foi utilizado 1 L de água sanitária, diluída em 125 L de água.

As figuras 14 e 15 ilustram o MEV do tecido 100% algodão com a solução de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{TiO}_2$ , após duas lavagens com água sanitária.

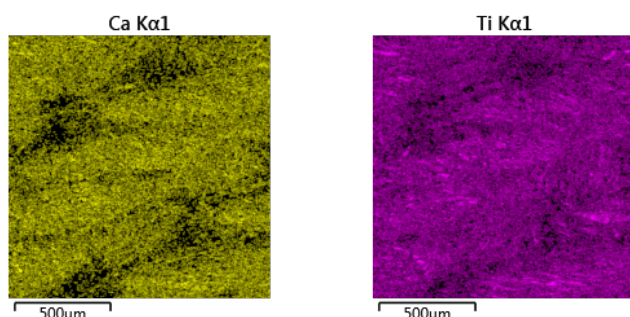


**Figura 14 e 15: MEV do Tecido 100% algodão após sol-gel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  e lavado com água sanitária**  
 Fonte: Teste Realizado no NanoLab-REDEMAT/UFOP

As figuras 16, 17, 18, 19 e 20 ilustram o EDS do tecido 100% algodão impregnado com a solução de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{TiO}_2$  após o teste de lavanderia utilizando-se água sanitária.



**Figura 16, 17 e 18: EDS do Tecido 100% algodão após sol-gel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  lavado com água sanitária – presença de Carbono, Oxigênio e Sílica.**  
 Fonte: Teste Realizado no NanoLab-REDEMAT/UFOP



**Figura 19 e 20: EDS do Tecido 100% algodão após sol-gel  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  lavado com água sanitária – presença de Cálcio e Titânio.**  
 Fonte: Teste Realizado no NanoLab-REDEMAT/UFOP

Percebeu-se pelos resultados dos testes de MEV e EDS que a impregnação da solução realizada nos tecidos pode ter sido eficaz, visto que foi detectada a presença de partículas de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{TiO}_2$  em todas as amostras. Além disto, mesmo após duas lavagens a  $\text{SiO}_2$  e o  $\text{TiO}_2$  não foram lixiviados, o que indica que a solução deste sistema pode ser considerada como promissora para os objetivos propostos neste projeto.

Tal análise não é quantitativa, porém pode indicar as partículas continuaram impregnadas no tecido. Esse é o resultado de apenas dois ciclos de lavagens. Novos experimentos variando as porcentagens da  $\text{SiO}_2$  e do  $\text{TiO}_2$ , bem como novos testes de caracterização serão realizados para o aprimoramento deste projeto.

Alguns problemas foram observados no decorrer da primeira etapa. Durante a preparação da solução precursora de (isopropóxido de titânio) houve a precipitação quase que imediata do  $\text{TiO}_2$ . Tal fator evidencia o que foi discutido anteriormente quanto ao extremo controle químico das soluções (concentração, PH etc), bem como das condições ambientais do laboratório (umidade do ar, temperatura, etc).

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Técnicas de caracterização como, por exemplo, MEV, EDS podem fornecer informações sobre a microestrutura e composição química qualitativa de materiais. Neste trabalho foram utilizadas para avaliar a eficiência na impregnação com solução do sistema  $\text{SiO}_2$  –  $\text{TiO}_2$ , produzida pelo processo sol-gel, em tecido com 100% Algodão.

Testes de lavanderia indicaram que solução do sistema  $\text{SiO}_2$ – $\text{TiO}_2$  são promissoras e justificam estudos mais aprofundados.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo suporte financeiro.

## REFERÊNCIAS

- ANDEF. **Manual de Segurança e Saúde do Aplicador de Produtos Fitossanitários**. Brasil: ANDEF, 2008. Disponível em <[http://www.undef.com.br/seguranca\\_aplicador/](http://www.undef.com.br/seguranca_aplicador/)> Consultado em: 20 de Dez. de 2008.
- COUTINHO, A. S. **Conforto e insalubridade térmica em ambientes de trabalho**. João Pessoa: Ed. Universitária, 2005.
- DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G. **Microscopia Eletrônica de Varredura: aplicações e preparação de amostras** – materiais poliméricos, metálicos e semicondutores. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.
- HIRATSUKA, R. S.; SANTILLI, C. V.; PULCINELLI, S. H. **O Processo Sol-Gel: uma visão físico química**. Araraquara: UNESP, 1995. Revista Química Nova 18(2). Disponível em< <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/32989/WOSA1995RV92800008.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Consultado em: 15 de Abr. de 2016.
- MILHORANCE, F. **Brasil Lidera o Ranking de Consumo de Agrotóxicos** – dados são de relatório divulgado nesta quarta-feira pelo Inca, que alerta para as consequências à saúde, como o câncer. Jornal o Globo (on line) – De 08 de Abril de 2016. Disponível em<<http://oglobo.globo.com/sociedade/saude/brasil-lidera-ranking-de-consumo-de-agrotoxicos-15811346>> Consultado em: 12 de Abr. de 2016.
- MONQUERO, P. A., INÁCIO, E. M. e SILVA, A.C. **Levantamento de Agrotóxicos e Utilização de Equipamento de Proteção Individual entre os Agricultores da Região de Araras**. São Paulo: Arquivo do Instituto Biológico, v. 76, nº 1, 2009. Disponível em

<[http://www.biologico.sp.gov.br/docs/arq/v76\\_1/monquero.pdf](http://www.biologico.sp.gov.br/docs/arq/v76_1/monquero.pdf)> Consultado em: 09 de Jul. de 2011.

MONTEMEZZO, M. C. F. Sanches e SANTOS, J. G. dos. **O papel do Vestuário na Interação Homem-Ambiente**. Universidade Estadual Paulista, 2003.

MORAES, A. de; MONTALVÃO, C. **Ergonomia: conceitos e aplicações**. 4ª ed. Rio de Janeiro: 2AB, 2009.

SOARES, W., ALMEIDA, R. M. V. R e MORO, S. **Trabalho rural e os fatores de risco associados ao regime de uso de agrotóxicos em Minas Gerais, Brasil**. Rio de Janeiro: Caderno Saúde Pública, 2003. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v19n4/16860.pdf>> Consultado em: 09 de Jul. de 2008.

VENTURA, S.; CARNEIRO, N.; SOUTO, A. P. **Acabamento de Têxteis Multifuncionais com Nanocompósitos Poliméricos**. Guimarães: Revista NovaTêxtil - Universidade do Minho, 2011. Disponível em <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/15664/3/Artigo%20novat%C3%AAxtil%205.pdf>> Consultado em: 12 de Abr. de 2016.

VIANA, M. M. ; MOHALLEM, T. D. S. ; NASCIMENTO, G. L. T. ; MOHALLEM N. D. S. . Nanocrystalline **Titanium Oxide thin Films Prepared by Sol-Gel Process**. Brazilian Journal of Physics **JCR**, v. 36, n.in press, p. 1081-1083, 2006.

XAVIER, A. A. de P. **Predição de Conforto Térmico em Ambientes Internos com Atividades Sedentárias** – Teoria Física Aliada a Estudo de Campo. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. Disponível em:<[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/TESE\\_Antonio\\_Augusto\\_Xavier.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/TESE_Antonio_Augusto_Xavier.pdf)> Consultado em: 29 de Jun. de 2011.