

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**REDE DE NANOTECNOLOGIA APLICADA AO AGRONEGÓCIO**

**ANAIS DO VI WORKSHOP – 2012**

**Maria Alice Martins**

**Morsyleide de Freitas Rosa**

**Men de Sá Moreira de Souza Filho**

**Nicodemos Moreira dos Santos Junior**

**Odílio Benedito Garrido de Assis**

**Caue Ribeiro**

**Luiz Henrique Capparelli Mattoso**

**Editores**

**Fortaleza, CE**

**2012**

**Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:**

**Embrapa Instrumentação**

Rua XV de Novembro, 1452,  
CEP 13560-970 – São Carlos, SP  
Fone: (16) 2107-2800  
Fax: (16) 2107-2902  
<http://www.cnpdia.embrapa.br>  
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br

**Embrapa Agroindústria Tropical**

Rua Dra. Sara Mesquita, 2270,  
CEP 60511-110 – Fortaleza, CE  
Fone: (85) 3391-7100  
Fax: (85) 3391-7109  
<http://www.cnpat.embrapa.br>  
E-mail: sac@cnpat.embrapa.br

**Comitê de Publicações da Embrapa  
Instrumentação**

Presidente: João de Mendonça Naime  
Membros: Débora Marcondes Bastos Pereira  
Milori, Washington Luiz de Barros Melo, Sandra  
Protter Gouvêa, Valéria de Fátima Cardoso.  
Membro suplente: Paulo Sérgio de Paula  
Herrmann Júnior

**Comitê de Publicações da Embrapa  
Agroindústria Tropical**

Presidente: Antonio Teixeira Cavalcanti Júnior  
Secretário-Executivo: Marcos Antonio Nakayama  
Membros: Diva Correia, Marlon Vagner Valentim  
Martins, Arthur Cláudio Rodrigues de Souza, Ana  
Cristina Portugal Pinto de Carvalho, Adriano  
Lincoln Albuquerque Mattos e Carlos Farley  
Herbster Moura

Supervisor editorial: Dr. Victor Bertucci Neto

Capa: Mônica Ferreira Laurito, Pedro Hernandes Campaner

Imagens da capa:

- Imagen de MEV-FEG de Titanato de potássio – Henrique Aparecido de Jesus Loures  
Mourão, Viviane Soares
- Imagen de MEV de Eletrodeposição de cobre – Luiza Maria da Silva Nunes, Viviane Soares
- Imagen de MEV de Colmo do sorgo – Fabrício Heitor Martelli, Bianca Lovezutti Gomes,  
Viviane Soares
- Imagen de MEV-FEG de HPMC com nanopartícula de quitosana – Marcos Vinicius Lorevice,  
Márcia Regina de Moura Aouada, Viviane Soares
- Imagen de MEV-FEG de Vanadato de sódio – Waldir Avansi Junior
- Imagen de MEV de Fibra de pupunha – Maria Alice Martins, Viviane Soares

1ª edição

1ª impressão (2012): tiragem 300

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui  
violação dos direitos autorais (Lei nº. 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação na publicação.

Embrapa Instrumentação

---

Anais do VI Workshop da rede de nanotecnologia aplicada ao agronegócio 2012 – São  
Carlos: Embrapa Instrumentação; Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012.

Irregular

ISSN: 2175-8395

1. Nanotecnologia – Evento. I. Martins, Maria Alice. II. Rosa, Morsyleide de  
Freitas. III. Souza Filho, Men de Sá Moreira de. IV. Santos Junior, Nicodemos Moreira  
dos. V. Assis, Odílio Benedito Garrido de. VI. Ribeiro, Cauê. VII. Mattoso, Luiz  
Henrique Capparelli. VIII. Embrapa Instrumentação. IX. Embrapa Agroindústria  
Tropical.

# CARACTERIZAÇÃO MICROSCÓPICA DE NANOCOMPÓSITOS ELETROFIADOS

Rodrigo Guerreiro Fontoura Costa<sup>1\*</sup>, Cauê Ribeiro<sup>2</sup> e Luiz Henrique Capparelli Mattoso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP, Brasil.

<sup>2</sup>Laboratório Nacional de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio, Embrapa Instrumentação, Rua XV de Novembro, 1452, São Carlos-SP, 13560-970, Brasil.

\*guerreiro\_rodrigo@yahoo.com.br

Projeto Componente: PC4  
Projeto Componente: PC6

Plano de Ação: 3  
Plano de Ação: 2

## Resumo

Nanofibras de PVA/TiO<sub>2</sub> anatase e PVA/Ag foram preparadas utilizando-se o processo de eletrofiação a partir de soluções aquosas. Estas mantas foram caracterizadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET). Os resultados obtidos mostraram que nestas condições de eletrofiação as nanofibras de PVA/TiO<sub>2</sub> anatase possuem morfologia uniforme enquanto que para as nanofibras de PVA/Ag a morfologia depende da porcentagem de prata.

**Palavras-chave:** eletrofiação, nanofibras, nanocompósitos, poli(álcool vinílico) (PVA), nanopartículas de TiO<sub>2</sub>, nanopartículas de Ag

## Publicações relacionadas

- R. G. F. Costa; C. Ribeiro; L. H. C. Mattoso *Sci. Adv. Mater.* 2010, **2**, 157.
- R. G. F. Costa; C. Ribeiro; L.H.C. Mattoso *J. Nanosci. Nanotechno.* 2010, **10**, 5144.

## Introdução

O uso do processo de eletrofiação para a preparação de nanofibras do poli(álcool vinílico) (PVA) tem demonstrado ser uma alternativa interessante em relação ao mesmo material na forma de *bulk*, devido a sua alta área superficial e a melhoria das suas propriedades mecânicas, as quais são importantes nas aplicações deste, como por exemplo, em mantas biodegradáveis e filtros de separação [1,2]. Além disso, a pesquisa de nanocompósitos a base de PVA visa o desenvolvimento de novos materiais com propriedades intermediárias ou mesmo superiores

àquelas observadas no PVA puro [3,4]. Neste sentido, a incorporação de nanopartículas de TiO<sub>2</sub> e Ag ao polímero podem fazer com que estes materiais adquiram novas propriedades, tais como eletrônica, atividade catalítica e atividade antimicrobiana [5,6]. O objetivo deste trabalho foi preparar nanofibras de PVA/TiO<sub>2</sub> anatase e PVA/Ag via eletrofiação e caracterizá-las.

## Materiais e métodos

Os materiais utilizados na preparação dos nanocompósitos de PVA/TiO<sub>2</sub> e PVA/Ag foram:

poli(álcool vinílico) (J.T. Baker, grau de hidrólise 87-89%, massa molar média = 11-31 KDa), dióxido de titânio (Aldrich, 99,7% anatase), nitrato de prata (CENNABRAS) e ácido nítrico (Aldrich).

O PVA na concentração de 18% (massa seca de PVA/massa de água) foi dissolvido em água com aquecimento por 2 horas. As nanopartículas de TiO<sub>2</sub> anatase foram dispersas em água utilizando-se um ultra-som por aproximadamente 30 min para depois serem adicionadas às soluções de PVA. Estas soluções foram agitadas por aproximadamente uma hora e ultrassonificadas por mais 10 minutos [5]. Assim, obtiveram-se nanocompósitos de PVA/TiO<sub>2</sub> anatase (comercial) variando-se a porcentagem de TiO<sub>2</sub> em 0, 2,5 e 5,0 (massa seca de TiO<sub>2</sub>/massa seca de PVA).

Na preparação das soluções de PVA/Ag utilizou-se a metodologia descrita por Costa *et al.* [4]. A concentração de PVA foi de 10% em massa (massa seca de PVA/massa de água) e as porcentagens de Ag foram de 0 a 20% (massa seca de Ag/massa seca de PVA).

As soluções de PVA/TiO<sub>2</sub> anatase (comercial) e PVA/Ag foram eletrofiadas ajustando-se os valores do campo elétrico aplicado na faixa de 0,8 a 2,4 KV.cm<sup>-1</sup>. Os valores de condutividade elétrica, viscosidade das soluções e os respectivos diâmetros médios das nanofibras estão apresentados nas Tabelas 1 e 2. Para a caracterização das nanofibras utilizou-se um Microscópio Eletrônico de Varredura (Leo 440).

Tabela 1 - Parâmetros das soluções de PVA/TiO<sub>2</sub> anatase, diâmetro médio das nanofibras e os seus respectivos desvios-padrão.

% de TiO <sub>2</sub>	viscosidade (Pa.s)	condutividade elétrica (mS.cm <sup>-1</sup> )	desvio padrão (nm)	diâmetro médio (nm)
2,5	0,65	1,58	104	338
5,0	0,65	1,61	154	487

Tabela 2 - Parâmetros das soluções de PVA/Ag, diâmetro médio das nanofibras e os seus respectivos desvios-padrão.

% de Ag	viscosidade (Pa.s)	condutividade elétrica (mS.cm <sup>-1</sup> )	desvio padrão (nm)	diâmetro médio (nm)
6,0	0,020	13,0	23	83
20,0	0,026	21,9	24	97

## Resultados e discussão

A investigação morfológica das nanofibras de PVA/TiO<sub>2</sub> e PVA/Ag feita por MEV e MET está apresentada na Figura 1. Nota-se, que para as nanofibras de PVA/TiO<sub>2</sub> (Fig. 1a, 1b) o número de contas nas nanofibras foi muito menor do que para a nanofibra de PVA/Ag (6%) (Fig. 1c). Estas diferenças nas morfologias das mantas são devido aos valores de viscosidade das soluções (Tab. 1 e 2). Porém, a nanofibra (Fig. 1d) obtida a partir da eletrofição da solução de PVA/Ag (20%) obteve uma morfologia uniforme devido ao alto valor de condutividade elétrica (21,9 mS.cm<sup>-1</sup>) da mesma [4,6].

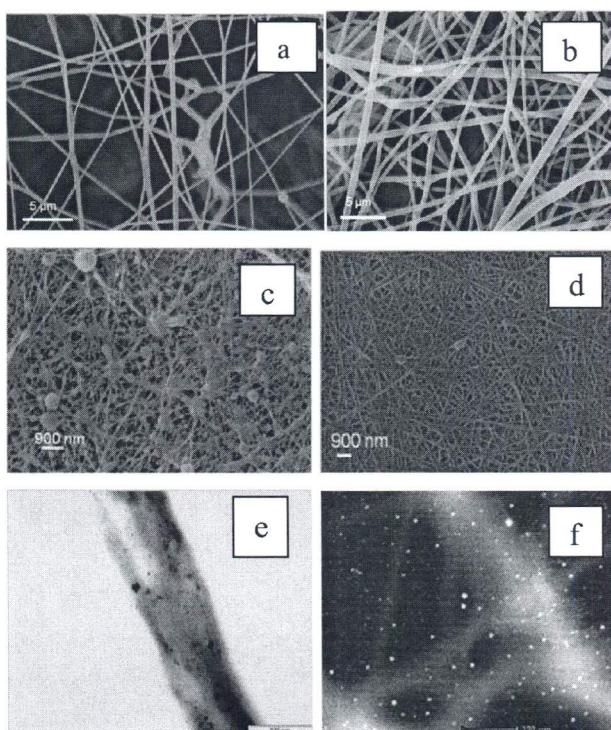


Figura 1 - Micrografias obtidas por MEV das nanofibras de: a) PVA/TiO<sub>2</sub> (2,5%), b) PVA/TiO<sub>2</sub> (5%), c) PVA/Ag (6%) e d) PVA/Ag (20%). Micrografias obtidas por MET das nanofibras: a) PVA/TiO<sub>2</sub> (2,5%) e b) PVA/Ag (20%).

As micrografias obtidas por MET (Fig. 1e, 1f) mostram que as nanopartículas de TiO<sub>2</sub> e Ag estão distribuídas homogeneamente nas fibras. Entretanto, observa-se na nanofibra de PVA/TiO<sub>2</sub> (2,5%) a existência de alguns aglomerados de TiO<sub>2</sub>. Estes resultados indicam que a escolha dos parâmetros do processo foi eficiente para obter a morfologia desejada.

---

## Conclusões

---

Os nanocompósitos de PVA/TiO<sub>2</sub> apresentaram maiores valores de diâmetro médio (de 338 a 487 nm) do que os de PVA/Ag (~90 nm) devido a maior viscosidade das soluções. As imagens de MET mostraram que as nanopartículas de TiO<sub>2</sub> e Ag estão bem dispersas nas fibras.

---

## Agradecimentos

---

CNPq, FINEP, FAPESP, EMBRAPA e Programa CAPES Rede Nanobiotec-Brasil (Edital CAPES 04/CII-2008) – “Projeto Avaliação de Impactos de Aplicações da Nanotecnologia no Agronegócio”.

---

## Referências

---

- [1] M. Chowdhury; G. Stylios *J. Mater. Sci.* 2011, **46**, 3378.
- [2] P. Supaphol; S. Chuangchote *J. Appl. Polym. Sci.* 2008, **108**, 969.
- [3] Q. Feng; Z. Dang; N. Li; X. Cao *Mat. Sci. Eng.B* 2003, **99**, 325 .
- [4] R. G. F. Costa; C. Ribeiro; L. H. C. Mattoso *Sci. Adv. Mater.* 2010, **2**, 157.
- [5] R. G. F. Costa; C. Ribeiro; L.H.C. Mattoso *J. Nanosci. Nanotechno.* 2010, **10**, 5144.
- [6] D. Li; Y. Xia *Adv. Mater.* 2004, **16**, 1151.