

ISSN 2175-8395

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

**ANAIS DO VII WORKSHOP DA REDE DE  
NANOTECNOLOGIA APLICADA AO AGRONEGÓCIO**

Maria Alice Martins  
Odílio Benedito Garrido de Assis  
Caue Ribeiro  
Luiz Henrique Capparelli Mattoso

**Editores**

Embrapa Instrumentação  
São Carlos, SP  
2013

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

**Embrapa Instrumentação**

Rua XV de Novembro, 1452  
Caixa Postal 741  
CEP 13560-970 - São Carlos-SP  
Fone: (16) 2107 2800  
Fax: (16) 2107 2902  
www.cnpdia.embrapa.br  
E-mail: cnpdia.sac@embrapa.br

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: João de Mendonça Naime  
Membros: Dra. Débora Marcondes Bastos Pereira Milori  
Dr. Washington Luiz de Barros Melo  
Sandra Protter Gouvea  
Valéria de Fátima Cardoso  
Membro Suplente: Dra. Lucimara Aparecida Forato

Revisor editorial: Valéria de Fátima Cardoso  
Capa - Desenvolvimento: NCO; criação: Ângela Beatriz De Grandi  
Imagem da capa: Imagem de MEV-FEG de Titanato de potássio – Henrique Aparecido de Jesus  
Loures Mourão, Viviane Soares

**1ª edição**

1ª impressão (2013): tiragem 50

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 VII Workshop da rede de nanotecnologia aplicada ao agronegócio –  
2012 - São Carlos: Embrapa, 2012.

Irregular  
ISSN 2175-8395

1. Nanotecnologia – Evento. I. Martins, Maria Alice. II. Assis, Odílio Benedito Garrido de.  
III. Ribeiro, Caue. IV. Mattoso, Luiz Henrique Capparelli. V. Embrapa Instrumentação.

---

© Embrapa 2013

---

## PRODUÇÃO DE FIBRAS COM ESTRUTURA CORE-SHEATH PELA TÉCNICA DE SOLUTION BLOW SPINNING

---

I. P. Jerônimo<sup>1</sup>, G. Ferraz<sup>1</sup>, R. F. Bonan<sup>2</sup>, L. H. C. Mattoso<sup>3</sup>, J. E. Oliveira<sup>1,2</sup>, E. S. Medeiros<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Centro de Tecnologia (CT), Departamento de Engenharia de Materiais (DEMat), João Pessoa – PB.

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPCEM), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB

<sup>3</sup> Embrapa Instrumentação Agropecuária, Laboratório de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio (LNNA), São Carlos-SP.

\*eliton\_s@yahoo.com, eliton@ct.ufpb.br

Projeto Componente: PC4 Plano de Ação: PA3

---

### Resumo

Nos últimos anos têm surgido novas técnicas para produção de micro e nanofibras, como alternativa à eletrofiação (*electrospinning*). Dentre essas técnicas, a fiação por sopro em solução (*solution blow spinning*, SBS), tem sido uma alternativa bastante viável devido a vantagens como taxa de produção elevada, não necessidade de tensão elétrica, etc. Dentre essas técnicas, apenas a eletrofiação têm sido usada para produzir fibras com morfologia *core-sheath*. Esse trabalho apresenta uma nova matriz de fiação para ser utilizada por SBS para produzir estruturas *core-sheath*. Para validar os experimentos, o PLA e do óleo de buriti foram usados para produção de fibras que foram caracterizadas por MEV.

**Palavras-chave:** nanofibras, *core-sheath*, *Solution blow spinning*, policaprolactona (PLA), óleo de buriti.

---

### Introdução

Nanofibras constituem um importante e crescente ramo da nanotecnologia, devido a sua elevada relação comprimento/diâmetro (L/D), estas apresentam uma eminente área superficial possuindo grande potencial de aplicações, como sensores, filtro, catalisadores, biomateriais, entre outras.

Recentemente novos estudos foram realizados com o objetivo de desenvolver fibras com uma nova morfologia denominada *core-sheath*, a fim de ampliarem as aplicações das fibras. Contudo, a contribuição das fibras com tal morfologia encontra-se refém de novas técnicas de produção e/ou aperfeiçoamento das existentes.

As técnicas destinadas à produção de fibras são *melt spinning*, *solution spinning*, *melt blowing*, *electrospinning* e *solution blow spinning*, as mesmas possuem apenas a capacidade de produzir fibras de única fase. Além disso, as três primeiras limitam-se à fabricação de fibras em escala micrométrica e a técnica de *electrospinning* possui restrições quanto o volume de fibras produzido e a necessidade de elevadas tensões.

As nanofibras de estrutura *core-sheath* têm recebido grande atenção por parte da comunidade científica, em virtude de seu potencial de aplicações como dispositivos de encapsulamento e liberação controlada de princípios ativos (LI et al., 2010).

Atualmente a literatura só registra o desenvolvimento da morfologia *core-sheath* através da técnica de *electrospinning* coaxial, uma variável da técnica de *electrospinning* convencional, na qual se utilizam duas agulhas concêntricas permitindo que dois materiais distintos sejam injetados simultaneamente. Esta técnica apresenta as mesmas limitações do método de *electrospinning* convencional, tais como, pequena taxa de produção, necessidade de elevadas tensões e materiais com constantes dielétricas específicas.

A técnica de *Solution Blow Spinning* foi desenvolvida pela união de elementos das técnicas de *electrospinning*, *melt spinning* e *melt blowing* (MEDEIROS, E. S. et al., 2009). Esta utiliza um sistema de gás pressurizado, um manômetro, uma seringa, um coletor cilíndrico rotativo e uma matriz de fiação composta por dois bicos concêntricos onde o polímero é injetado no tubo interno com o auxílio de uma bomba de injeção, e no tubo externo é injetado um gás de araste que auxilia no transporte

do polímero até o coletor. Durante o percurso o solvente evapora permitindo a formação de micro e nanofibras.

As propriedades da solução do polímero como viscoelasticidade e concentração devem ser considerados no processo de Solution Blow Spinning, pois estas influenciam na morfologia e propriedades das fibras obtidas (MEDEIROS, E. S. et al., 2009). Diversos trabalhos com o objetivo de formar fibras de PLA já foram desenvolvidos em razão de suas propriedades como biocompatibilidade e biodegradabilidade, além de ser sintetizado a partir de fontes renováveis como o milho e a cana-de-açúcar (BRITO et al., 2011).

O buriti (*Mauritia flexuosa*) é uma palmeira abundante no Brasil que vegeta as regiões alagadas e úmida do centro-oeste, norte e nordeste (ALMEIDA et al., 1998). O óleo extraído da sua fruta tem recebido atenção por suas características químicas e farmacológicas como ação antimicrobiana e cicatrizante. (SILVEIRA et al. 2005; BATISTA et al., 2012).

Estudos espectroscópicos realizados indicam que o óleo de buriti possui propriedades fotoluminescentes, estas são conseqüências das propriedades individuais e combinadas de seus constituintes como ácido oléico e  $\beta$ -caroteno, de modo que podem permitir o seu uso em aplicações de dispositivos óptico-eletrônicos (DURÃES, 2008).

No presente trabalho, a técnica de Solution Blow Spinning foi usada para produzir fibras do tipo core-sheath à base de PLA e óleo de buriti. Cinco condições de processo foram estudadas com o objetivo de analisar a variação da razão taxa de injeção do óleo/polímero na formação de fibras core-sheath.

## Materiais e métodos

Os materiais utilizados na realização deste trabalho foram: na fase *sheath*, poli (ácido láctico), PLA (massa molar  $M_w=6,6 \times 10^4$ g/mol) em concentração de 12%, e os solventes clorofórmio e acetona nas proporções de 3:1, e na fase *core* o óleo de buriti na sua em forma pura.

As fibras *core-sheath* foram produzidas num sistema SBS coaxial, permitido pela criação de uma nova matriz, conforme ilustrado na Fig. 1.

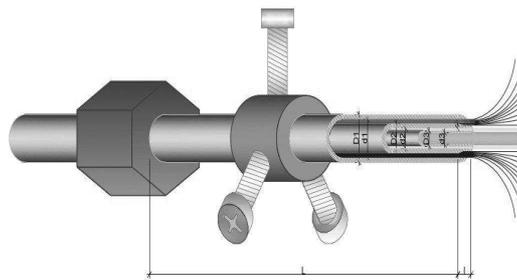


Fig. 1. Matriz de fiação usada na técnica de *solution blow spinning* para formação de morfologia core-sheath.

Cinco amostras denominadas de 1-5, de forma a variar a razão entre as taxas de injeção do óleo/polímero foram fiadas. Estas foram analisadas quanto à formação de morfologia *core-sheath* através de microscopia eletrônica de varredura, utilizando o equipamento Carl Zeiss, modelo LEO1430 usando amostras previamente metalizadas com ouro.

## Resultados e discussão

A Fig.2 apresenta as imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura para as amostras de 1-5, produzidas por SBS coaxial, comprovando que a nova matriz de fiação elaborada para ser utilizada possui capacidade de formar fibraspoliméricas.

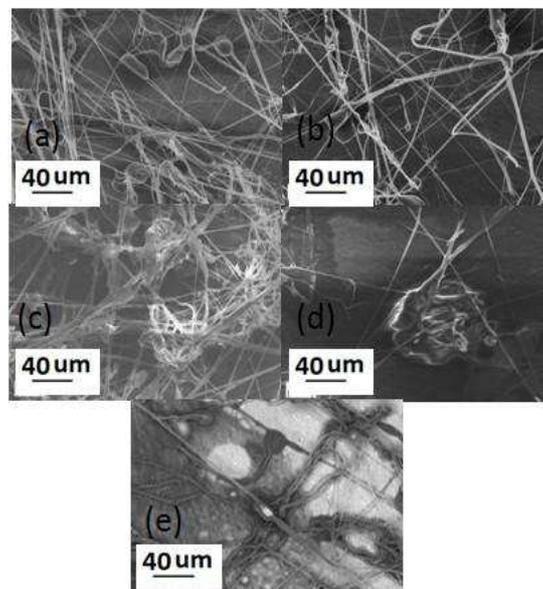


Fig. 2. Imagens obtidas por MEV. As imagens a, b, c, d, e, referem-se às amostras de 1 a 5 respectivamente.

As Figs. 3 e 4 mostram que fibras com morfologia *core-sheath* podem ser obtidas a partir da técnica de *Solution Blow Spinning*.

A imagem da Fig.3 foi obtida com uso do detector secundário. Nela pode-se observar que houve a formação de fibras ocas, conforme indicado pelas setas.

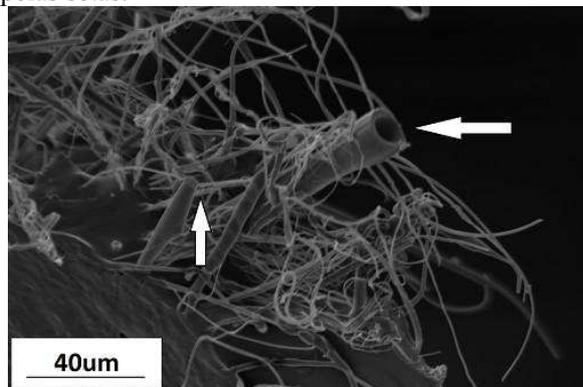


Fig. 3. Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura com detector secundário.

A imagem da Fig. 4 foi obtida com elétrons retroespalhados. Nela se pode observar que o óleo de buriti (áreas mais claras) foi encapsulado pelo PLA (áreas escuras). Nota-se ainda que em algumas fibras houve a formação de estruturas tipo *bead* que são formados predominantemente por gotas de óleo de buriti, provavelmente devido a variações instantâneas na taxa de injeção do *core*, devidas à sucção intermitente provocada pela instabilidade na injeção do gás de arraste.

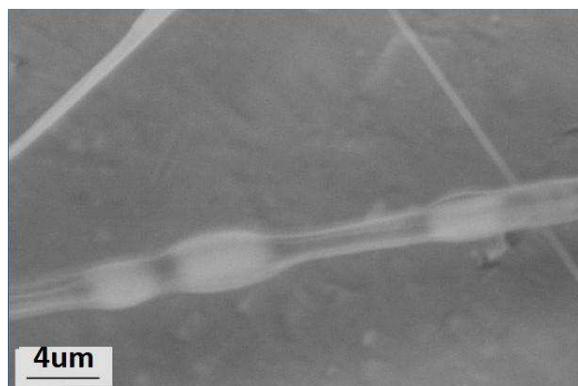


Fig. 4. Imagem de microscopia eletrônica de varredura com elétrons retroespalhados mostrando a estrutura de *beads* e *core-shell* das fibras produzidas por SBS.

## Conclusões

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que fibras com morfologia *core-sheath* foram produzidas a partir de adaptação da técnica de *solution blow spinning*. No entanto, alguns parâmetros como, taxa de injeção do polímero e do óleo, distância de trabalho e pressão do gás de arraste ainda precisam ser mais bem avaliados para

que fibras mais uniformes sejam produzidas. Estes estudos já se encontram em andamento.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Processo nº476362/2012-1), Finep, Capes e Projeto MP1 Rede Agronano – Embrapa.

Ao Departamento de Engenharia de Materiais (DEMat) da UFPB pelo suporte físico.

## Referências

- ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.B.; SANO, S.M.; RIBEIRO, J.F. Cerrado: espécies vegetais úteis. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. 464p.
- BATISTA, J.S. OLINDA<sup>1</sup>; R.G.; MEDEIROS, V.B.; RODRIGUES, C.M.F.; OLIVEIRA, A.F.; PAIVA, E.S.; FREITAS, C.I.A.; MEDEIROS, A.C. Atividade Antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti *Maurita flexuosa* L. Ciência Rural, v. 42, n.1, p. 136-141, 2012.
- BRITO, G. F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E. M.; MELO, T.J.A. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros verdes, REMAP, v.6, p. 127-139, 2011.
- DURÃES, J. A., Dispositivos eletrônicos orgânicos baseados no Óleo de Buriti (*Maurita Flexuosa* L.). 2008. 135p. Tese(Doutorado em Química) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- LI, F.; ZHAO, Y; SONG, Y. Core-shell nanofibers: Nano channel and capsule by coaxial electrospinning. In: A. Kumar (Ed.). Nanofibers, Intech, 2010. p. 419-438.
- MEDEIROS, E.S.; GLENN, G.M.; KLAMCZYNSKI, A.P; ORTS, W. J; MATTOSO, L. H. C. Solution Blow Spinning: A New method to produce Micro- and Nanofibers from polymer solution. J. Applied Polym. Sci, v.113, p. 2322-2330, 2009.
- SILVEIRA, C.S.; PESSANHA, C.M.; LOURENÇO, M.C.S.; NEVES JUNIOR, I.; MENEZES, F.S.; KAPLAN, M.A.C. Atividade antimicrobiana dos frutos de *syagrus oleracea* e *mauritia vinifera*. Brazilian Journal of Pharmacognosy, v.15, n.2, p.143-148, 2005.