

ISSN 2175-8395

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:

Imagem de MEV-FEG de Titanato de potássio – Henrique Aparecido de Jesus Loures Mourão, Viviane Soares

Imagem de MEV de Eletrodeposição de cobre – Luiza Maria da Silva Nunes, Viviane Soares

Imagem de MEV de Colmo do sorgo – Fabrício Heitor Martelli, Bianca Lovezutti Gomes, Viviane Soares

Imagem de MEV-FEG de HPMC com nanopartícula de quitosana – Marcos Vinicius Lorevice, Márcia Regina de Moura Aouada, Viviane Soares

Imagem de MEV-FEG de Vanadato de sódio – Waldir Avansi Junior

Imagem 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, Caue. VII. Mattoso, Luiz Henrique Capparelli. VIII. Embrapa Instrumentação. IX. Embrapa Agroindústria Tropical.



OBTENÇÃO E ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE NANOCOMPÓSITOS POLIMÉRICOS BIODEGRADÁVEIS DE POLI(ÁCIDO LÁTICO) COM NANOFIBRAS DE CELULOSE

¹Raquel G. da Silva, ²Franciéli B. Oliveira, ²José M. Marconcini,
²Luiz H.C. Mattoso, ¹Gerson L. Mantovani

¹Universidade Federal do ABC – UFABC, Santo André, SP.

²EMBRAPA/CNPDIA, São Carlos, SP.
gerson.mantovani@ufabc.edu.br

Projeto Componente: PC4

Plano de Ação: 5

Resumo

Nanocompósitos poliméricos biodegradáveis com matriz de poli(ácido lático) – PLA, e com fase dispersa de nanofibras de celulose (NFC), extraídas de bagaço de cana-de-açúcar, foram obtidos por mistura em soluções com composições de 0,5, 1, 1,5, 2 e 2,5% em massa de nanofibras. As propriedades mecânicas foram investigadas através de ensaios de tração dos filmes. Observou-se que os filmes do nanocompósito com 1% de NFC apresentaram um significativo aumento na elongação na ruptura em relação ao PLA puro.

Palavras-chave: Nanocompósitos, poli(ácido lático), nanofibras, celulose, bagaço-de-cana.

Publicações relacionadas

Trabalho apresentado e premiado como melhor trabalho no eixo Estrutura da Matéria no *IV Simpósio de Iniciação Científica da Universidade Federal do ABC* realizado em Santo André, SP, no período de 27 a 29 de setembro de 2011.

Introdução

Os polímeros apresentam uma ampla gama de propriedades físicas e químicas, as quais permitem que sejam utilizados em diversas aplicações, desde materiais simples e de baixo custo até materiais avançados utilizados em aplicações de engenharia de ponta.

Devido às propriedades que apresentam, como flexibilidade, transparência, resistência mecânica, entre outras, aliadas ao baixo custo de produção, faz com que a indústria de embalagens utilize uma ampla variedade de polímeros, onde os mais usuais são poliolefinas, como polietileno (PE) e polipro-

pileno (PP), poliestireno (PS), poli(cloreto de vinila) (PVC), entre outros, os quais são produzidos a partir de matérias primas obtidas de petróleo [1].

Após sua utilização, grande parte das embalagens não é reutilizada ou reciclada, sendo completamente descartada. Porém, os polímeros usualmente utilizados não são passíveis de biodegradação e se mantêm intactos quando descartados, transformando o uso de tais polímeros em um problema ambiental mundial [1].

Fatores como o descarte excessivo de polímeros oriundos de embalagens e dificuldades a serem enfrentadas cada vez mais frequentemente na produção de polímeros, como seu encarecimento devido ao aumento do preço do petróleo, decorrente

da diminuição de reservas disponíveis, trazem a necessidade da pesquisa, desenvolvimento e utilização de polímeros que sejam obtidos de fontes renováveis e apresentem as propriedades desejadas, onde uma das principais é a possibilidade de biodegradação.

Os polímeros biodegradáveis podem ser obtidos a partir de fontes naturais, como o poli(ácido láctico) (PLA), ou pela síntese realizada por certas bactérias, como poli(hidroxibutirato) (PHB), e são definidos como polímeros que sofrem degradação pela ação enzimática ou microbiana, resultando em biomassa, gás carbônico e água [1,2,3].

Apesar de a biodegradação ser uma propriedade importante, os polímeros biodegradáveis apresentam algumas deficiências, como fragilidade, baixa resistência térmica, baixa permeabilidade a gases, baixa viscosidade no estado fundido, entre outras, as quais resultam em uma restrição para suas aplicações [1].

A fim de melhorar estas propriedades, como estabilidade térmica, barreira a gases e tempo de degradação, busca-se a obtenção de nanocompósitos utilizando o polímero como matriz e fibras naturais em escala nanométrica dispersas como reforço.

Assim, o objetivo deste trabalho foi a obtenção, estudo e caracterização das propriedades mecânicas de nanocompósitos com uma matriz de PLA e reforço de nanofibras de celulose (NFC) obtidas de bagaço de cana-de-açúcar, visando a aplicação nas indústrias alimentícia e de embalagens.

Materiais e métodos

(a) *Materiais*: O poli(ácido láctico) foi fornecido pela NatureWorks com densidade 1,24 g/cm³ (ASTM 1505) e caracterizado por GPC, FT-IR, TGA e DSC. As nanofibras de celulose (NFC) foram obtidas através da trituração de fibras de bagaço de cana-de-açúcar e extraídas usando pré-tratamento com solução de peróxido de hidrogênio para remoção da lignina. As NFC foram preparadas por hidrólise ácida em uma solução aquosa de ácido sulfúrico 60% (v/v) a 45 °C por 30 min, sob condição de agitação mecânica. A reação foi concluída adicionando-se água gelada, em seguida realizou-se um processo de centrifugação e diálise até a suspensão atingir pH 6 [4].

(b) *Preparação dos nanocompósitos*: Para a obtenção dos nanocompósitos o PLA foi dissolvido em clorofórmio (CHCl₃) durante duas horas sob agitação (1 g de PLA/15 mL de solvente). A seguir, as NFC foram dispersas em clorofórmio (75 mg de nanofibras/20 mL de clorofórmio). A mistura de nanofibras foi adicionada à solução de PLA de

modo a se obter cinco nanocompósitos com composições de 0,5, 1, 1,5, 2 e 2,5% em massa de nanofibras. As misturas foram colocadas em um banho de ultrassom pelo período de 1h e 30 min para melhorar a dispersão das nanofibras na solução. Os filmes de nanocompósitos foram obtidos após a evaporação do solvente das soluções colocadas em placa de Petri em capela com exaustão durante 24 h. (c) *Ensaio de Tração*: os ensaios de tração foram realizados em uma Máquina Universal de ensaios marca Instron; os corpos de prova dos filmes foram cortados nas dimensões de 1,5 cm x 6 cm, com espessuras de 60 a 100 µm. Os ensaios foram todos realizados com velocidade de travessa de 5 mm/min.

Resultados e discussão

Na Tabela 1 são mostrados os resultados dos ensaios de tração para o filme de PLA puro. Na Figura 1 as curvas representam os resultados obtidos para o PLA puro e para os compósitos PLA/NFC.

Na Tabela 2 e na Figura 2 são mostrados os resultados dos ensaios de tração para o filme do nanocompósito de PLA com 1% de nanofibras de celulose. Observa-se que em relação às propriedades mecânicas, um comportamento bastante promissor para este tipo de material, com um significativo acréscimo na deformação na ruptura nos filmes do nanocompósito com 1% de nanofibras, que foi o material que apresentou melhor resultado em relação ao polímero puro.

A comparação dos resultados obtidos para todos os nanocompósitos estudados pode ser observada na Tabela 3. Analisando os valores apresentados observa-se que o filme de PLA puro apresentou os maiores valores de tensão de escoamento, tensão de tração máxima, tensão de tração na ruptura e módulo elástico. Para a tensão de escoamento e a tensão de tração máxima, o aumento da quantidade de nanofibras resultou em uma diminuição destas propriedades. Para a tensão de tração na ruptura, embora a adição de nanofibras tenha resultado em uma diminuição desta propriedade em relação ao PLA puro, o nanocompósito com 1,5% de nanofibras apresentou o melhor resultado, sendo superior em relação aos outros nanocompósitos.

O módulo elástico também apresentou diminuição conforme o aumento da quantidade de nanofibras dispersas. Este resultado pode ser explicado pela heterogeneidade da distribuição das NFC na matriz, observadas por microscopia óptica e, não mostradas neste trabalho e, também, pela diferença de espessuras entre os filmes ensaiados.

Tabela 1: Resultados dos ensaios de tração para os filmes de PLA puro.

Corpo de Prova	Tensão de escoamento (a 0,2%) (MPa)	Alongamento na ruptura (mm)	Módulo Elástico (GPa)
1	25,43	6,21	1,40
2	23,80	5,11	1,29
3	30,94	2,77	1,54
4	27,75	6,86	1,37
5	31,19	3,55	1,63
Média	27,82	4,90	1,45

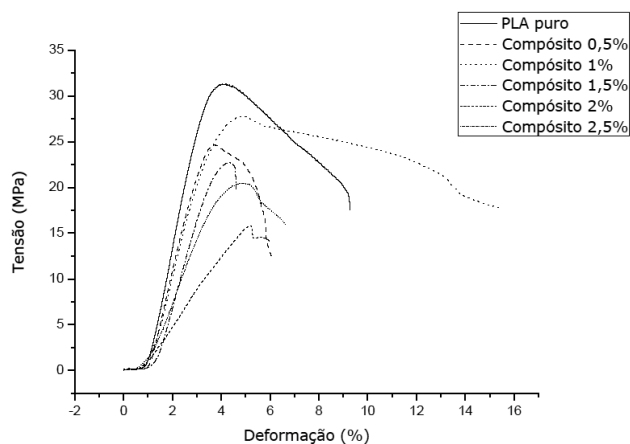


Fig. 1 – Curvas tensão vs. deformação dos filmes de PLA puro e nanocompósitos PLA/NFC.

Tabela 2: Resultados dos ensaios de tração para os filmes do nanocompósito de PLA com 1% de nanofibras de celulose.

Corpo de Prova	Tensão de escoamento (a 0,2%) (MPa)	Alongamento na ruptura (mm)	Módulo Elástico (GPa)
1	22,66	12,44	1,21
2	24,15	15,81	1,28
3	21,99	23,88	1,12
4	22,24	4,85	1,21
5	19,60	4,64	1,07
Média	22,12	12,32	1,18

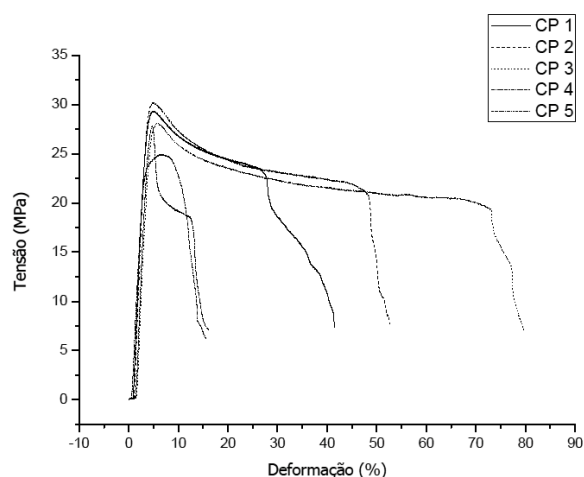


Fig. 2 – Curvas tensão vs. deformação dos filmes do nanocompósito de PLA com 1% de nanofibras de celulose.

Tabela 3: Resultados dos ensaios de tração para os filmes de PLA puro e dos nanocompósitos (média de 5 ensaios para cada material).

Amostra	Tensão de escoamento (0,2%) (MPa)	Tensão de tração máxima (MPa)	Tensão de tração na ruptura (MPa)	Alongamento na ruptura (mm)	Módulo Elástico (GPa)
PLA puro	27,82	31,71	9,22	4,90	1,45
PLA/0,5% NFC	22,52	24,89	6,41	2,21	1,19
PLA/1% NFC	22,12	28,08	7,11	12,32	1,18
PLA/1,5% NFC	20,93	23,39	8,95	1,81	1,04
PLA/2% NFC	16,54	19,55	4,95	9,32	0,92
PLA/2,5% NFC	17,94	21,84	5,60	4,54	1,03

Conclusões

Os filmes do nanocompósito com 1% de nanofibras apresentaram as melhores propriedades mecânicas em relação ao PLA puro, apresentando uma significativa melhoria na capacidade de deformação, propriedade que é de grande importância para materiais poliméricos que são empregados em embalagens.

Agradecimentos

À UFABC pela bolsa de iniciação científica (Processo 23006.000258/2010-31), CNPq, Finep, Embrapa, Capes e Rede AgroNano.

Referências

1. Y. W. Mai; Z. Z. Yu, *Polymer Nanocomposites*, CRC Press, New York, 2006.
2. R. Smith, *Biodegradable polymers for industrial applications*. CRC Press, New York, 2005.
3. R. Silva et al. *Química Nova*, 2009, 32, 661.
4. F. B. Oliveira; E. de M. Teixeira; F. K. V. Moreira; T. J. Bondancia; J. M. Marconcini and L.H.C. Mattoso in *Anais to International Conference on Advanced Materials*, 2009.