



## V SIMPÓSIO DE BIOQUÍMICA E BIOTECNOLOGIA 05 a 07 de agosto de 2015, Londrina – PR

### Microestrutura e Propriedades Mecânicas de Filmes Biodegradáveis com a Incorporação de Fibras Vegetais

**Aline Merc**<sup>1</sup>, Renan Guilherme Marim<sup>1</sup> e Suzana Mali<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Londrina – Departamento de Bioquímica e Biotecnologia  
Caixa Postal 6001 – CEP 860051-990 Londrina – PR - E-mail: aline\_m\_quimica@hotmail.com

#### RESUMO

*Os objetivos deste trabalho foram a incorporação de casca de soja in natura (CS) e celulose microcristalina (CMC) em cinco formulações de filmes biodegradáveis a base de amido de mandioca e glicerol, que foram produzidos via extrusão por sopro e, ainda, caracterizar estes filmes quanto à sua morfologia e propriedades mecânicas. Todas as formulações levaram à obtenção de filmes com boa homogeneidade, com ausência de bolhas e rachaduras, com destaque para os incorporados com CMC. A incorporação de CMC (2,5%) melhorou a flexibilidade dos filmes, e a adição de 5% de fibras (CS ou CMC) levou à produção de filmes mais quebradiços e menos flexíveis.*

**Palavras-chave:** Resíduos agroindustriais, morfologia e propriedades mecânicas.

#### INTRODUÇÃO

Os biopolímeros, tais como os amidos de diferentes fontes, são considerados uma alternativa para a substituição dos polímeros convencionais para a obtenção de materiais de embalagens, entretanto, o seu uso é restrito devido à sua higroscopicidade e baixa flexibilidade. Uma alternativa para melhorar o desempenho das embalagens de biopolímeros está a incorporação de fibras vegetais, ou ainda, de celulose purificada (GUIMARÃES, 2010).

Os resíduos da agroindústria podem ser considerados como fontes promissoras de fibras vegetais, tais como a casca de soja. A casca do grão de soja, obtida no processamento da extração do óleo, apresenta composição química variável, podendo conter 29-51% de celulose, 10-20% de hemicelulose, 1-4% de lignina, 9-14% de proteínas, 1-4% de cinzas, 6-15% de pectinas (ROJAS, 2012). Devido ao seu baixo teor de lignina e elevado teor de celulose, a casca de soja pode ser empregada como matéria-prima tanto in natura, como também para a obtenção da celulose e seus derivados, como a celulose microcristalina (MERC

et al., 2015). Sendo assim, os objetivos do trabalho foram incorporar como reforço a casca de soja *in natura* (CS) e a celulose microcristalina (CMC) produzida a partir de CS em filmes biodegradáveis a base de amido de mandioca e glicerol, produzidos por extrusão, e estudar a sua morfologia e propriedades mecânicas.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Os filmes biodegradáveis de amido foram produzidos com amido de mandioca (Yoki, Paranaíba-PR), glicerol (Synth-Diadema-SP), e a casca de soja (CS) contendo 31,19% de celulose que foi gentilmente doada pela SL Alimentos (Mauá da Serra – PR) ou celulose microcristalina (CMC) produzida via extrusão reativa (MERC

celulose. Os filmes foram produzidos, em duas etapas, via extrusão, empregando-se extrusora laboratorial monorosca (BGM EL-25) equipada com parafuso de 25 mm de diâmetro. Na primeira etapa foram obtidos *pellets* cilíndricos, e as temperaturas utilizadas desde a zona de aquecimento até a matriz fora de 90/130/130/130 °C, com 30 rpm de velocidade do parafuso. Na segunda etapa, a extrusora foi alimentada com os *pellets* obtidos resultando em filmes tubulares produzidos por sopro, e as temperaturas utilizadas nesta etapa foram as mesmas da peletização, com 36 rpm de velocidade do parafuso. As formulações empregadas para a elaboração dos filmes estão apresentadas na Tabela 1. O filme FC (controle) foi produzido pela mistura de amido e glicerol, sem a adição de CS ou CMC. Os filmes nomeados como F CMC e F CS foram obtidos com a adição da CMC, e com a casca de soja, respectivamente.

**Tabela 1:** Formulações empregadas para a produção dos filmes.

Filmes	Amido (%)	Glicerol (%)	CMC (%)	CS (%)
FC (controle)	75,0	25	_____	_____
F CMC 2,5%	72,5	25	2,5	_____
F CMC 5%	65,0	30	5	_____
F CS 2,5%	72,5	25	_____	2,5
F CS 5%	65,0	30	_____	5

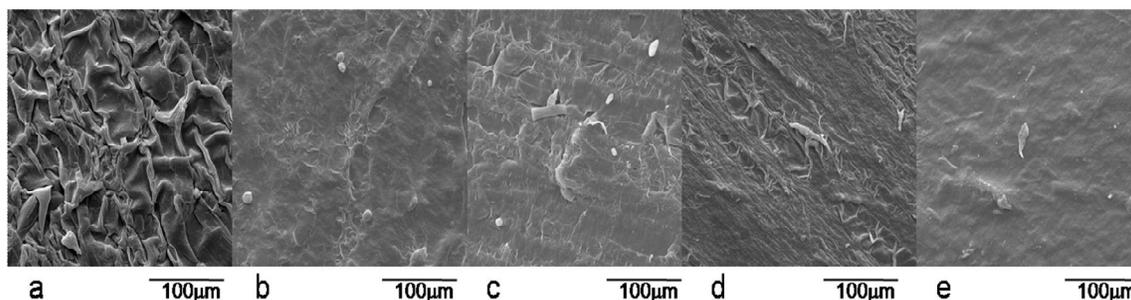
\_\_\_\_\_ item não utilizado na formulação do filme

A análise de microscopia eletrônica de varredura foi realizada no microscópio eletrônico de varredura FEI Quanta 200 (Oregon – EUA), do Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise da Central Multiusuária de Laboratórios de Pesquisa da UEL. As análises das propriedades mecânicas dos filmes foram realizadas em um Texturômetro TA.XT2i (Stable Micro Systems - Inglaterra) de acordo com a Norma ASTM D-882-02 (2002). As propriedades mecânicas obtidas foram a resistência máxima à tração (RMT), a elongação na ruptura (E) e o módulo de Young. Para a análise estatística dos resultados obtidos empregou-se o programa computacional Statistica versão 7.0 (Statsoft, Oklahoma, USA), realizou-se teste de Tukey (nível de significância de 5%) para comparação de médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as formulações de filmes foi observada uma boa processabilidade, homogeneidade, ausência de bolhas e rachaduras, e para os filmes que receberam a incorporação de fibras (CS ou CMC), verificou-se uma maior estabilidade dos balões obtidos em comparação aos dos filmes produzidos sem fibras, sendo que o mais estável foi com a incorporação de CMC. Na Figura 1 estão as micrografias obtidas das superfícies dos filmes produzidos. Na amostra FC (Fig. 1a) observou-se uma superfície rugosa, sem a presença de grânulos de amido nativo, com ausência de bolhas e rachaduras. Essa rugosidade pode ser um

indicativo de um material semicristalino (TEIXEIRA et al., 2009), ou ainda, pode sugerir que o processamento não foi suficiente para gerar filmes mais homogêneos e com superfícies menos rugosas. Para as amostras F CMC 2,5% (Fig. 1b) e F CMC 5% (Fig. 1c) foram observadas superfícies mais lisas, o que pode ser um indicativo de que a adição da CMC melhorou a compatibilidade com matriz polimérica (RAMÍREZ et al. 2011) ou, pelo menos, facilitou a processabilidade dos filmes, uma vez que a adição de CMC levou à produção de balões mais estáveis durante o sopro. As amostras F CS 2,5% e F CS 5% (Fig. 1d e 1e) apresentaram uma estrutura com boa distribuição da fibra na matriz polimérica e superfície menos rugosa que a apresentada pelo filme FC, mas com maior rugosidade que os filmes produzidos com a CMC.



**Figura 1:** Micrografias eletrônicas de varredura (MEV) das superfícies dos filmes produzidos (a) FC; (b) F CMC 2,5%; (c) F CMC 5%; (d) F CS 2,5%; (e) F CS 5%. FC- Filme controle; F CMC 2,5%- Filme com a incorporação de 2,5% de celulose microcristalina; F CMC 5%- Filme com a incorporação de 5% de celulose microcristalina; F CS 2,5%- Filme com a incorporação de 2,5% de casca de soja *in natura*; F CS 5%- Filme com a incorporação de 5% de casca de soja *in natura*.

As amostras que apresentaram a melhor combinação de propriedades mecânicas (Tabela 2), isto é, maior alongação e resistência, e menor módulo de Young, tanto no sentido longitudinal, como no transversal, foram as amostras FC e F CMC 2,5%. A amostra F CS 2,5% também apresentou resultados interessantes de propriedades mecânicas, no entanto, as amostras com a adição de 5% de fibras (CS ou CMC) se mostraram menos flexíveis, independente do sentido do ensaio (longitudinal ou transversal), pois apresentaram maiores valores de módulo de Young e menores valores de alongação em comparação ao FC e aos incorporados com 2,5% de fibras (CS ou CMC). A diminuição no alongamento após a incorporação de fibras também foi observada por outros autores (GUIMARÃES, 2010; MACHADO et al., 2014).

**Tabela 2:** Propriedades mecânicas no sentido longitudinal e transversal das amostras de filmes produzidos em umidade relativa (UR) de 58%.

Amostra	Propriedades mecânicas no sentido longitudinal		
	Resistência máxima a tração (MPa)	Alongamento na ruptura (%)	Módulo de Young (MPa)
FC	1,76 ± 0,61 <sup>a</sup>	76,10 ± 20,99 <sup>a</sup>	3,08 ± 1,29 <sup>a</sup>
F CMC 2,5%	0,76 ± 0,12 <sup>a</sup>	91,54 ± 11,36 <sup>a</sup>	1,02 ± 0,17 <sup>b</sup>
F CMC 5%	1,11 ± 0,51 <sup>a</sup>	33,79 ± 10,84 <sup>b</sup>	4,24 ± 0,33 <sup>a</sup>

F CS 2,5%	0,95 ± 0,03 <sup>a</sup>	42,87 ± 9,96 <sup>b</sup>	1,52 ± 0,33 <sup>b</sup>
F CS 5%	1,31 ± 0,65 <sup>a</sup>	41,51 ± 10,22 <sup>b</sup>	4,49 ± 0,29 <sup>a</sup>
Propriedades mecânicas no sentido transversal			
FC	0,70 ± 0,10 <sup>a</sup>	29,98 ± 3,75 <sup>b</sup>	2,54 ± 0,20 <sup>a, b</sup>
F CMC 2,5%	0,70 ± 0,28 <sup>a</sup>	63,33 ± 10,74 <sup>a</sup>	1,26 ± 0,34 <sup>c</sup>
F CMC 5%	0,73 ± 0,07 <sup>a</sup>	17,81 ± 1,48 <sup>b, c</sup>	3,56 ± 0,31 <sup>a</sup>
F CS 2,5%	0,66 ± 0,18 <sup>a</sup>	30,30 ± 3,34 <sup>b</sup>	2,34 ± 0,16 <sup>a, b, c</sup>
F CS 5%	1,72 ± 0,15 <sup>a</sup>	13,04 ± 2,80 <sup>c</sup>	1,87 ± 0,10 <sup>b, c</sup>

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (Teste Tukey,  $p \leq 0,05$ ).

### CONCLUSÕES

Todas as formulações de filmes se processaram com boa homogeneidade, processabilidade ausência de bolhas e rachaduras, com destaque para os incorporados com CMC. A incorporação de CMC (2,5%) melhorou a flexibilidade e alongação dos filmes, e a adição de 5% de fibras (CS e CMC) levou à produção de filmes mais quebradiços e menos flexíveis em comparação ao FC e aos incorporados com 2,5% de fibras.

**Agências de Fomento:** Capes e CNPq.

### REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting – D882-02. *Annual Book of ASTM Standards*: Philadelphia: ASTM, 2002.
- GUIMARÃES, J. L. **Preparação e caracterização de compósitos de amido plastificado com glicerol e reforçados com fibras naturais vegetais**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, 2010.
- MACHADO, B. A. S.; REIS, J. H. O.; DA SILVA, J. B.; CRUZ, L. S.; NUNES, I. L.; PEREIRA, F. V.; DRUZIAN, J. I. Obtenção de nanocelulose da fibra de coco verde e incorporação em filmes biodegradáveis de amido plastificados com glicerol. *Química Nova*, v. 37, n. 8, p. 1275-1282, 2014.
- MERCI, A. **Produção de Celulose Microcristalina da Casca de Soja via Extrusão Reativa**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil, 2015.
- MERCI, A.; URBANO, A.; GROSSMANN, M. V. E.; TISCHER, C. A.; MALI, S. Properties of microcrystalline cellulose extracted from soybean hulls by reactive extrusion. *Food Research International*, Article in press, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2015.03.020>.
- RAMÍREZ, M. G. L.; SATYANARAYANA, K. G.; IWAKIRI, S.; MUNIZ, G. B. D.; TANOBE, V.; FLORES-SAHAGUN, T. S. Study of the properties of biocomposites. Part I. Cassava starch-green coir fibers from Brazil. *Carbohydrate Polymers*, v. 86, p-1712-1722, 2011.
- TEIXEIRA, E. M.; DA RÓZ, A. L.; CARVALHO, A. J. F.; CURVELO, A. A. S. The effect of glicerol/sugar/ water and sugar/water mixtures on the plasticization of thermoplastic cassava starch. *Carbohydrate Polymers*, v. 69, p. 619-624, 2007.