

# PROCESSAMENTO E ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E DA MORFOLOGIA DE BIOCOMPÓSITOS DE ACETATO DE CELULOSE REFORÇADOS COM FIBRA DE COCO

Guilherme B. Leal<sup>1</sup>, Jéssica H.H. Rossato<sup>1</sup>, Morsyleide F. Rosa<sup>2</sup>, José M. Marconcini<sup>3</sup>, Luiz H.C. Mattoso<sup>3</sup> e Gerson L. Mantovani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do ABC – UFABC – Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas – CECS, 09210-580, Santo André, SP. (e-mail: gerson.mantovani@ufabc.edu.br).

<sup>2</sup>Embrapa Agroindústria Tropical – 60511-110, Fortaleza, CE.

<sup>3</sup>Embrapa Instrumentação – 13560-970, São Carlos, SP.

**Classificação:** Desenvolvimento de nanocompósitos a partir de fontes renováveis.

## Resumo

Neste trabalho foram obtidos compósitos de acetato de celulose plastificado com triacetato de glicerina e reforçados com fibras curtas de coco através de processamento em misturador interno. Observou-se que a adição das fibras de coco no acetato de celulose promoveu um aumento do módulo elástico e da resistência ao impacto com entalhe, enquanto que a resistência à tração se manteve praticamente inalterada para todas as composições. Também foi observado uma efetiva plastificação promovida pela triacetina no acetato de celulose comprovada pela diminuição do torque durante o processamento. No estudo da morfologia foi observado que houve distribuição uniforme das fibras na matriz de acetato.

**Palavras-chave:** Biocompósito; Acetato de Celulose; Fibra de Coco; Propriedades Mecânicas.

## PROCESSING AND STUDY OF MECHANICAL PROPERTIES AND MORPHOLOGY OF COCONUT FIBER REINFORCED CELLULOSE ACETATE BIOCOMPOSITES

### Abstract

In this work, composites of cellulose acetate plasticized with glycerine triacetate and reinforced with short coconut fibers were obtained by means of an internal mixer. It was observed that the addition of the coconut fibers in the cellulose acetate promoted an increase of the elastic modulus and notch impact strength, while the tensile strength remained practically unchanged for all compositions. It was also observed an effective plastification promoted by triacetin in the cellulose acetate proved by the decrease of the torque during the processing. In the study of morphology it was observed that there was uniform distribution of the fibers in the acetate matrix.

**Keywords:** Biocomposite; Cellulose acetate; Coconut fiber; Mechanical properties.

## 1 INTRODUÇÃO

Com o aumento das preocupações em relação às emissões de carbono e do enrijecimento das legislações quanto ao correto descarte dos materiais ao final de sua vida útil, se faz necessário o desenvolvimento de novas alternativas para substituição dos materiais baseados em petróleo (ARIADURAI, 2013). Assim, uma classe especial de materiais ganha destaque, denominados biocompósitos, que são constituídos por uma matriz polimérica e uma fase de reforço de origem vegetal e oferecem novas possibilidades quanto ao descarte ao final de sua vida útil, como por exemplo, compostagem e reciclagem, podendo ser inclusive biodegradáveis. Na indústria automotiva, por exemplo, diversos componentes já estão sendo substituídos por biocompósitos e o mesmo ocorre no setor de construção civil, de embalagens, entre outros.

No Brasil, o estudo e desenvolvimento destes materiais gera o aproveitamento da grande diversidade de fibras vegetais presentes em seu vasto território, muitas das quais, atualmente tratadas como resíduos de produção alimentícia, como é o caso da fibra de coco. Os rejeitos do coco são frequentemente descartados em lixões a céu aberto, encostas e aterros, contribuindo com a propagação

de doenças e degradação ambiental. Desta forma o aproveitamento das fibras da casca do fruto contribui com a produção de materiais de baixo custo, reduz seu impacto no ambiente e têm potencial de gerar soluções econômicas e ecologicamente viáveis nas regiões de extração (MARINELLI, 2008).

O acetato de celulose (CA) é um polímero considerado como sustentável desde sua produção até seu descarte ao final da vida útil. Sua matéria-prima é a celulose e seu processo de fabricação gera pouquíssimos resíduos, além do que, sua biodegradação é possível através de diversos métodos. Atualmente seu principal uso ocorre na fabricação do *FilterTow*, matéria prima para fabricação de filtros de cigarro, representando aproximadamente 82% de todo consumo de acetato de celulose no mundo. Porém, a medida que o consumo de cigarro diminui ano após ano (MARIE et al., 2014), buscam-se novas aplicações para as capacidades instaladas de produção de acetato de celulose.

Neste trabalho obteve-se por processamento em misturador interno, compósitos de acetato de celulose plastificado com triacetina e reforçados com fibras curtas de coco, caracterizou-se a morfologia e foram estudadas as propriedades mecânicas dos compósitos obtidos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

As fibras de coco foram fornecidas pela Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE; o acetato de celulose na forma de *flakes* (densidade: 1,33 g/cm<sup>3</sup>, com granulometria de 15 mm (90%) e <0,5 mm (0,5%) com grau de substituição: 2,5) foi fornecido pela Rhodia Acetow; o triacetato de glicerina adquirido de Denver Gel (densidade: 1,12 g/cm<sup>3</sup> e com grau de pureza 99,9%); o hidróxido de sódio adquirido de Buschle & Lepper (com grau de pureza 96-98%).

**2.1.1 Tratamento superficial das fibras de coco:** as fibras de coco foram lavadas em água corrente por aproximadamente 2 h para remoção da terra e sujeira presentes em sua superfície. As fibras foram secadas em estufa de ar circulante por 24 h a 100 °C até completa secagem. Uma parte das fibras foi então imersa em solução aquosa de hidróxido de sódio (5% m/v) por 48 h (razão em massa 10:1 solução: fibra), sendo posteriormente lavadas em água corrente até remoção completa do hidróxido de sódio (pH ~ 7); secou-se em estufa por 24 h a 100 °C. Após o tratamento as fibras foram trituradas em um moinho de facas SOLAB SL-31 em peneira de 30 mesh.

### 2.2. Métodos

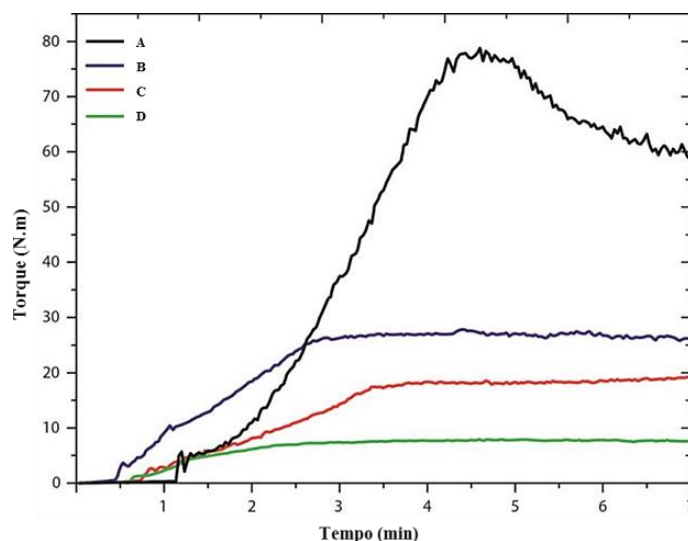
**2.2.1 Processamento:** os compósitos foram preparados utilizando acetato de celulose, triacetato de glicerina e fibras curtas de coco tratadas quimicamente. Três concentrações de fibras foram utilizadas (5, 10 e 15% em massa) e o conteúdo de plastificante foi mantido em 40% em massa. O acetato de celulose e o plastificante foram alimentados em um reômetro de torque Brabender Plastograph EC, processados nas condições: temperatura da câmara de 190 °C; velocidade do rotor: 50 rpm; tempo de processamento: 7 min, preenchimento da câmara 80%. As fibras foram adicionadas no último minuto do ciclo de processamento para reduzir a degradação termo-mecânica e liberação de voláteis. Os compósitos foram secados em estufa de ar circulante a 100 °C por 24 h sendo em seguida prensados a quente a 170 °C por 10 minutos sob pressão de 4 toneladas (prensa hidráulica SOLAB SL-10) e corpos de prova para os ensaios de tração e de impacto foram estampados seguindo as normas ASTM D638 e D256 respectivamente.

**2.2.2 Caracterização das propriedades mecânicas e da morfologia:** (a) *Ensaio de tração:* os ensaios de tração foram realizados de acordo com a norma ASTM D638 em uma máquina universal de ensaios (Instron 3369) com velocidade de travessa de 20 mm/min, e uma célula de carga de 5000 N; (b) *Ensaio de resistência ao impacto (Izod) com entalhe:* Os ensaios de impacto do tipo Izod foram realizados de acordo com a norma ASTM D256 em equipamento Shanta Engineering com martelo de 2,71 J; (c) *Microscopia eletrônica de varredura (MEV):* foi usado um microscópio eletrônico de varredura compacto JSM-6010LA JEOL. As superfícies de fratura foram recobertas por uma camada de 10 nm de ouro em equipamento Sputtering Leica EM ACE 200.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é mostrado o comportamento do torque em função da quantidade de triacetina adicionada durante o processamento. Observa-se que com o aumento da concentração de triacetina,

uma diminuição expressiva do torque foi observada, indicando a atuação da triacetina como plastificante.

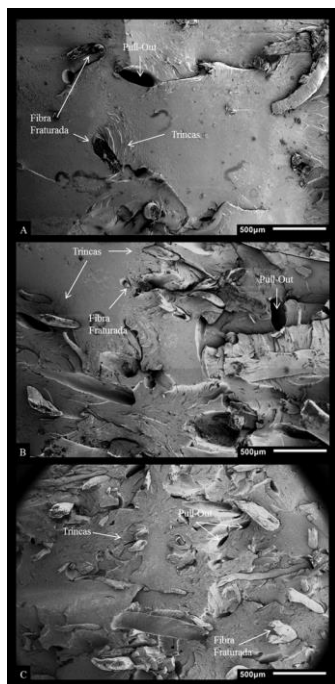


**Figura 1.** Efeito da adição de triacetato de glicerina no acetato de celulose, no torque em função do tempo de processamento: (A) 15% em massa; (B) 25% em massa; (C) 30% em massa; (D) 40% em massa. Os resultados obtidos nos experimentos para a avaliação das propriedades mecânicas para o acetato de celulose plastificado e para seus compósitos são apresentados na Tabela 1. Observou-se que com a adição gradual de fibras houve um aumento no módulo elástico e também na resistência ao impacto, e uma redução do alongamento na ruptura. Também se observa que a resistência à tração se manteve praticamente inalterada.

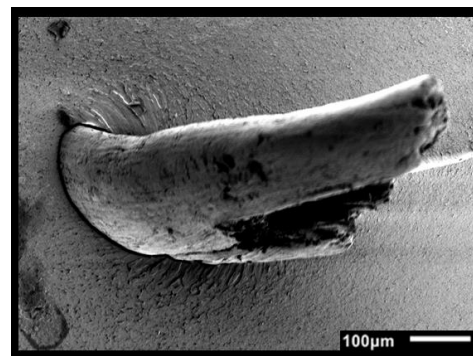
O aumento na resistência ao impacto é um indicativo de adesão efetiva entre a fibra e a matriz promovendo uma maior dissipação da energia do impacto, com o aumento do teor de fibras, ao mesmo tempo em que o aumento do módulo elástico indica que houve molhamento das fibras na matriz. A resistência à tração em compósitos é muito mais sensível às propriedades da matriz do que às do reforço, para que haja um aumento efetivo é necessário não só uma interface forte entre fibra e matriz, mas também uma concentração baixa de tensões residuais e que as fibras estejam preferencialmente orientadas na mesma direção da aplicação do esforço (NABI; JOG, 1999). Desta forma, o fato da resistência à tração ter se mantido praticamente inalterada com a adição das fibras sem orientação, também fornece um indicativo de que uma forte interação entre os constituintes foi estabelecida, gerando poucas descontinuidades na matriz, garantindo assim a transferência apropriada dos esforços aplicados (SANTOS, E.F. et al., 2010). Nas Fig. 2 e 3 mostram-se as micrografias obtidas por MEV das superfícies de fratura dos corpos de prova usados nos ensaios de resistência ao impacto do tipo Izod com entalhe. Constatou-se que para todas as composições houve distribuição uniforme das fibras na matriz de acetato. A análise das micrografias também revela regiões em que ocorreu descolamento das fibras da matriz (*pull-out*), indicando pouca contribuição das fibras no suporte aos esforços aplicados, bem como indícios de ruptura das fibras durante o ensaio de impacto, mostrando que nesta região o esforço foi suportado tanto pela matriz quanto pela fase dispersa (GUTIÉRREZ, M. C. et al., 2012). Também observa-se o aspecto plano da superfície de fratura com marcas de propagação de trincas, características de materiais frágeis.

**Tabela 1:** Propriedades mecânicas para o acetato de celulose plastificado e para seus compósitos.

Biocompósito	Módulo elástico (Mpa)	Resistência à tração (Mpa)	Alongamento na ruptura (%)	Resistência ao impacto (J/m <sup>2</sup> )
CAP	856,5 ± 52,9	29,5 ± 2,6	7,3 ± 3,1	7,25 ± 1,98
CAP5F	1024,8 ± 66,1	29,7 ± 1,6	3,8 ± 0,6	7,81 ± 2,0
CAP10F	1147,2 ± 110,3	29,9 ± 5,8	3,5 ± 0,7	7,96 ± 1,10
CAP15F	2983,4 ± 201,7	30,5 ± 1,5	1,4 ± 0,2	11,0 ± 1,17



**Figura 2.** Micrografias da superfície de fratura dos biocompósitos obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV): (A) CAP5F; (B) CAP10F; (C) CAP15F.



**Figura 3.** Micrografia da superfície de fratura do compósito obtida por microscopia eletrônica de varredura (MEV) na qual se exhibe marcas de propagação de trincas (amostra CAP5F, com 5% de fibra)

## 4 CONCLUSÃO

Os biocompósitos de acetato de celulose e fibras de coco foram processados com sucesso usando o plastificante triacetina para minimizar a degradação térmica, com uma morfologia de distribuição uniforme das fibras na matriz polimérica. Conclui-se que a introdução de fibras de coco, um resíduo de baixo custo, na fabricação dos biocompósitos de acetato de celulose, pode levar à fabricação de produtos que possam atender às necessidades de nichos específicos do mercado, principalmente em virtude da redução de custos com a adição da fibra vegetal.

## AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos ao suporte dado a este trabalho à Rede AgroNano, ao CNPq, à FAPESP e à Central Multiusuário da UFABC. À Embrapa Agropecuária Tropical, Fortaleza (CE) pelo fornecimento das fibras de coco e à Rhodia Acetow pelo fornecimento do acetato de celulose. Este trabalho se insere no projeto de cooperação técnico-científico celebrado entre a Universidade Federal do ABC e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, processo número 23006.001234/2014-23.

## REFERÊNCIAS

- ARIADURAI, S. Bio-Composites: Current Status and Future Trends. Research Gate, Department of Textile and Apparel Technology, Open University of SriLanka, 2013.
- GUTIÉRREZ, M. C.; DE PAOLI, M. A.; FELISBERTI, M. I. Biocompósito de Acetato de Celulose e Fibras Curtas de Curauá Tratadas com CO<sub>2</sub> Supercrítico. *Polímeros*, v. 22, p. 295-302, 2012.
- MARIE, N. et al. Smoking Prevalence and Cigarette Consumption in 187 Countries 1980-2012, *JAMA*, v. 311, p.183-192, 2014.
- MARINELLI, A. Desenvolvimento de Compósitos Poliméricos com Fibras Vegetais Naturais da Biodiversidade: Uma Contribuição para a Sustentabilidade Amazônica. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 18, p. 92-99, 2008.
- NABI, D; JOG, J. A review. *Advances in Polymer Technology, Natural Fiber composites*, v.18, p 351-363, 1999.
- SANTOS, E.F. et al. Extrusão de Compósitos de PP com Fibras Curtas de Coco: Efeitos da Temperatura e Agentes de Acoplamento, *Polímeros*, v. 20, p. 215-220, 2010.