

## Projeto para o Programa PIBIC/CNPem

# DESENVOLVIMENTO DE BIONANOCOMPÓSITOS REFORÇADOS COM NANOESTRUTURAS DE CELULOSE FUNCIONALIZADAS E SECAS POR *FREEZE-DRYING*

Pesquisadora Responsável: Rubia Figueredo Gouveia  
Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano)

## INTRODUÇÃO E ESTADO DA ARTE

Bionanocompósitos poliméricos são materiais formados pela combinação e mistura íntima de uma fase contínua polimérica de uma matriz biodegradável e um reforço nanométrico disperso, podendo ser esse biodegradável ou não<sup>1,2</sup>. As nanoestruturas de celulose se tornam excelentes candidatas como reforço por serem oriundas de fontes renováveis, biodegradáveis, de fácil obtenção e apresentam elevada capacidade de funcionalização<sup>3,4</sup>. Alguns trabalhos na literatura demonstraram o ganho mecânico com a adição dessas nanoestruturas às matrizes poliméricas, formando bionanocompósitos com propriedades diferenciadas<sup>4,5</sup>.

Entretanto, um dos maiores desafios continua sendo a dispersão e distribuição das nanoestruturas de celulose na matriz polimérica. Alguns estudos demonstraram o potencial de secagem das nanoestruturas de celulose por *freeze-drying* (congelamento seguido de liofilização), com posterior mistura em matrizes poliméricas garantindo boa dispersão e distribuição das nanoestruturas<sup>6,7</sup>. Além disso, estudos recentes demonstraram os potenciais de se obter estruturas tridimensionais de celulose funcionalizadas pela rota *freeze-drying*<sup>8</sup>. No entanto, ainda não foi explorada a fundo essa técnica visando a dispersão e distribuição dessas nanoestruturas funcionalizadas e secas por *freeze-drying* em diversas matrizes de interesse tecnológico como o amido termoplástico (TPS) e o poli (butileno adipato-co-tereftalato) (PBAT).

A adição de nanoestruturas de celulose funcionalizadas a essas matrizes podem garantir propriedades mecânicas e hidrocópicas diferenciadas do TPS<sup>9</sup> e do PBAT<sup>10</sup>, comparadas a outros tipos de abordagens reportadas na literatura, consolidando a

aplicação tecnológica desses materiais em diversas áreas, como por exemplo, embalagens biodegradáveis.

## **OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo produzir bionanocompósitos a partir de matrizes poliméricas como o TPS e o PBAT com adição de nanoestruturas de celulose funcionalizadas e secas por *freeze-drying*.

### **Objetivos Específicos:**

Avaliar a funcionalização de nanoestruturas de celulose como carga e reforço com agente elastomérico/hidrofóbico como a borracha natural (NR) e estabilizante térmico/hidrofóbico como a lignina.

Investigar o processo de dispersão e distribuição dessas nanoestruturas secas por *freeze-drying* na formação de *masterbatch* seguido do processo de extrusão para a formação de nanocompósitos poliméricos.

Obter peças injetadas e/ou filmes planares dessas composições.

Determinar as propriedades mecânicas e térmicas e avaliar a morfologia desses bionanocompósitos.

## **METODOLOGIA**

Na preparação dos bionanocompósitos será utilizado como matriz polimérica o TPS e PBAT.

Será avaliado a funcionalização das nanoestruturas de celulose incorporadas com NR e lignina, com posterior *freeze-drying* dessas nanoestruturas para incorporação no *masterbatch* por mistura, seguido de extrusão para formação de compósitos.

Serão obtidas peças injetadas e filmes planares visando aplicação em embalagens.

As nanoestruturas de celulose funcionalizadas serão avaliadas por termogravimetria (TG), espectroscopia de infravermelho (FT-IR) e microscopia de força atômica (AFM).

A morfologia das composições dos bionanocompósitos será avaliada por microscopias eletrônicas de varredura (MEV) e de transmissão (TEM) e microtomografia computadorizada de raios-X ( $\mu$ CT).

O comportamento térmico e mecânico dos bionanocompósitos será avaliado por calorimetria exploratória diferencial (DSC), termogravimetria (TG) e ensaios mecânicos (EMIC), respectivamente.

## REFERÊNCIAS

- (1) Yu, L.; Dean, K.; Li, L. Polymer Blends and Composites from Renewable Resources. *Prog. Polym. Sci.* **2006**, *31*, 576–602.
- (2) Sorrentino, A.; Gorrasi, G.; Vittoria, V. Potential Perspectives of Bio-Nanocomposites for Food Packaging Applications. *Trends Food Sci. Technol.* **2007**, *18* (2), 84–95.
- (3) Siqueira, G.; Bras, J.; Dufresne, A. Cellulosic Bionanocomposites: A Review of Preparation, Properties and Applications. *Polymers.* **2010**, *2* (4), 728–765.
- (4) Ferreira, F. V.; Pinheiro, I. F.; Gouveia, R. F.; Thim, G. P.; Lona, L. M. F. Functionalized Cellulose Nanocrystals as Reinforcement in Biodegradable Polymer Nanocomposites. *Polym. Compos.* **2018**, *39*, E9–E29.
- (5) Kargazadeh, H.; Mariano, M.; Huang, J.; Lin, N.; Ahmad, I.; Dufresne, A.; Thomas, S. Recent Developments on Nanocellulose Reinforced Polymer Nanocomposites: A Review. *Polymer.* **2017**, *132*, 368–393.
- (6) Corrêa, A. C.; Teodoro, K. B. R.; Simão, J. A.; Claro, P. I. C.; de Moraes Teixeira, E., Mattoso, L. H. C.; Marconcini, J. M. Cellulose Nanocrystals from Curaua Fibers and Poly [ Ethylene- Co - ( Vinyl Acetate )] Nanocomposites : Effect of Drying Process of CNCs on Thermal and Mechanical Properties. *Polym. Compos.* **2020**, *41* (5), 1736–1748.
- (7) Khoshkava, V.; Kamal, M. R. Effect of Drying Conditions on Cellulose Nanocrystal (CNC) Agglomerate Porosity and Dispersibility in Polymer Nanocomposites. *Powder Technol.* **2014**, *261*, 288–298.
- (8) Lorevice, M. V.; Mendonça, E. O.; Orra, N. M.; Borges, A. C.; Gouveia, R. F. Porous Cellulose Nanofibril–Natural Rubber Latex Composite Foams for Oil and Organic Solvent Absorption. *ACS Appl. Nano Mater.* **2020**, *3* (11), 10954–10965.
- (9) Chin, K. M.; Sung Ting, S.; Ong, H. L.; Omar, M. Surface Functionalized Nanocellulose as a Veritable Inclusionary Material in Contemporary Bioinspired Applications: A Review. *J. Appl. Polym. Sci.* **2018**, *135* (13).
- (10) Pinheiro, I. F.; Ferreira, F. V.; Souza, D. H. S.; Gouveia, R. F.; Lona, L. M. F.; Morales, A. R.; Mei, L. H. I. Mechanical, Rheological and Degradation Properties of PBAT Nanocomposites Reinforced by Functionalized Cellulose Nanocrystals. *Eur. Polym. J.* **2017**, *97* (October), 356–365.