

## Projeto para o Programa PIBIC/CNPEM

# **Materiais híbridos hierárquicos: Quando carbonos inspirados na natureza encontram nanomateriais**

**Dr. Mathias Strauss - Divisão de Síntese/LNNano**

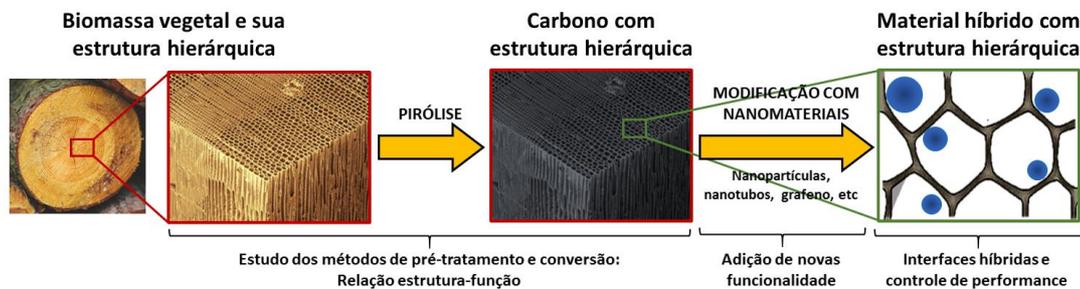
## **INTRODUÇÃO E ESTADO DA ARTE**

Materiais com organização hierárquica de estruturas em micro e nanoescala estão presentes em toda parte na natureza. São estas organizações hierárquicas que conferem às conchas e dentes a sua extrema dureza, às asas das borboletas e penas dos beija-flores as suas cores, ou a capacidade de adesão aos pés das lagartixas. Madeira e colmos de cana-de-açúcar também estão organizadas hierarquicamente, e esta organização confere as suas propriedades físicas e estruturais, capacidade de condução da seiva e armazenamento de água, nutrientes, açúcares e outras biomoléculas. Estas estruturas vegetais são material orgânico, sólido, de composição complexa, onde predominam as fibras de celulose e hemicelulose unidas por lignina. A sua organização é bastante complexa, no entanto de maneira simplificada, baseia-se em estruturas fibrilares e tubulares alinhadas radialmente ao longo do sentido de crescimento das plantas (Figura 1).

Materiais de carbono tem encontrado aplicações tecnológicas nas áreas de materiais de engenharia, energia, ambiental, entre outras. Materiais orgânicos, como a biomassa vegetal, podem ser convertidos em carbono por intermédio de pirólise. Pirólise é um processo termoquímico que consiste em uma sequência simultânea e sucessiva de reações químicas que ocorrem quando a matéria orgânica é submetida a temperaturas acima de 350 °C em atmosfera pobre em oxigênio. As características químicas, mecânicas e elétricas dos carbonos formados são intrinsecamente dependentes do material de partida e dos parâmetros do processamento pirolítico; e podem não atender algumas das propriedades críticas necessárias para determinadas aplicações.

Neste contexto a adição, formação *in situ* ou modificação destes materiais de carbono com diferentes tipos de nanomateriais pode ser empregada para a produção de nanocompósitos híbridos a base de carbono (Figura 1). Almeja-se nestes casos que os nanomateriais melhorem ou acrescentem novas propriedades ao material de partida, que possibilitem o seu emprego ou melhorem a sua performance em aplicações antes inviáveis.

Este projeto irá explorar a organização estrutural encontrada na madeira e nos colmos da cana-de-açúcar para produzir materiais de carbono com organização hierárquica que serão modificados com diferentes nanomateriais originando nanocompósitos híbridos.



**Figura 1.** Esquema de produção nanocompósitos híbridos baseados em materiais de carbono de biomassa com organização hierárquica modificados com diferentes nanomateriais.

## OBJETIVOS

Este projeto pretende explorar a organização estrutural da madeira e de colmos da cana-de-açúcar para a produção de materiais de carbono, e modificá-los com diferentes nanomateriais e fim de produzir nanocompósitos híbridos hierárquicos com propriedades química, mecânicas e elétricas diferenciadas, e que tirem vantagem da estrutura hierárquica dos materiais suporte.

São objetivos específicos: i) Descrever, compreender e prever as estruturas hierárquicas de carbono produzidas a partir de madeira e de colmos da cana-de-açúcar, fazendo uso de técnicas de caracterização avançadas inclusive com técnicas *in situ*; ii) Caracterizar em micro e nanoescala nanocompósitos híbridos hierárquicos de carbono e diferentes nanomateriais com face às suas interfaces, organização estrutural, propriedades físico-químicas, mecânicas e elétricas; iii) por intermédio de provas-de-conceito avaliar a performance dos materiais obtidos em dispositivos para a área de energia, materiais de engenharia e descontaminação de água e ar.

## METODOLOGIA

Neste projeto serão empregadas diferentes metodologias para o i) pré-tratamento dos materiais de partida, ii) conversão pirolítica em carbono e iii) modificação com nanomateriais, como ilustrado na Figura 1.

i) Pré-tratamento dos materiais de partida

Serão empregados neste projeto pedaços de madeira balsa e colmos de cana que serão cortados em dimensões e formas pré-determinadas. Estes pedaços poderão ser tratados para a remoção seletiva de lignina e hemicelulose, secos ou liofilizados.

#### ii) Conversão pirolítica em carbono

Os pedaços de madeira balsa e colmos de cana tratados serão pirolisados em forno tubular em temperaturas maiores que 400 °C sob atmosfera inerte, resultando em materiais de carbono que mantem o arranjo estrutural e morfológico do material de partida.

#### iii) Modificação com nanomateriais

Serão exploradas diferentes metodologias de modificação dos materiais de carbono produzido. Estas metodologias incluem processos de impregnação via-úmida de sais e moléculas precursoras e nanomateriais (nanopartículas metálicas e de óxidos, nanotubos de carbono e grafeno), tratamentos com atmosferas especiais (vapores orgânicos e amônia), reações *in situ* e processos carbotérmicos. O objetivo é estabelecer um arcabouço de modificações possíveis que levem a nanocompósitos dos carbonos com propriedades química, mecânicas e elétricas diferenciadas.

Os materiais produzidos no projeto, tanto intermediários como finais, serão caracterizados por diversas técnicas como por exemplo: microscopia eletrônica de varredura (SEM) e transmissão (TEM), difração de raios-X, espectroscopia Raman, espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios-X (XPS), termogravimetria (TGA), fisissorção de N<sub>2</sub>, entre outras.

## REFERÊNCIAS

- [1] Gong, S., *et al.*; Learning from nature: constructing high performance graphene-based nanocomposites, *Materials Today* (2017), 20(4), 210.
- [2] Chen C., *et al.*; Scalable and Sustainable Approach toward Highly Compressible, Anisotropic, Lamellar Carbon Sponge, *Chem* (2018), 4, 544.
- [3] Chen, Y., *et al.*; High Mechanical Property of Laminated Electromechanical Sensors by Carbonized Nanolignocellulose/Graphene Composites, *ACS Appl. Mater. Interfaces* (2018), 10(8), 7344.
- [4] Song, J., *et al.*; Processing bulk natural wood into a high-performance structural material, *Nature* (2018), 554, 224.
- [5] Yoo, S., *et al.*; Structural Characterization of Loblolly Pine Derived Biochar by X-ray Diffraction and Electron Energy Loss Spectroscopy, *ACS Sustainable Chem. Eng.* (2018), 6(2), 2621.
- [6] Zhu, H., *et al.*; Wood-Derived Materials for Green Electronics, Biological Devices, and Energy Applications, *Chem. Rev.* (2016), 116, 9305.