

Projeto para o Programa PIBIC/CNPEM

Nano- e microfibras de celulose da madeira como precursoras de fibras de carbono para compósitos poliméricos anisotrópicos

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 é um exemplo clássico de material na natureza que apresenta organização hierárquica. Esta organização confere a madeira 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). Recentemente, a madeira tem sido explorada em aplicações cada vez mais avançadas do que seus usos mais costumeiros como por exemplo na construção civil e naval, mobiliário e decoração.

Materiais de carbono tem encontrado aplicações tecnológicas nas áreas de materiais estruturais, 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.

Fibras de carbono são um material de carbono estruturado, obtido pela pirólise controlada de uma fibra precursora. As excelentes propriedades mecânicas e de resistência física e química são obtidas pela orientação e cristalinidade das fibras (microestrutura), ausência de poros e de outros defeitos. Isso propicia a aplicação de

fibras de carbono em aplicações de materiais estruturais em vários segmentos, como automotivo, aeroespacial, esportivo e energético. Resistência à tração e o módulo de Young são duas propriedades mecânicas determinantes para a aplicação das fibras de carbono e são determinadas pelas características da fibra precursora e parâmetros de processo da conversão da fibra precursora no material final.

As primeiras fibras de carbono foram produzidas a partir de matérias-primas renováveis de origem celulósica por tecnologia de fiação via úmida, por dissolução do material celulósico a ser extrudado. No entanto pouco se estudou a respeito da utilização das micro e nanofibras de celulose, presentes por exemplo na madeira, para esse fim. Por isto, este projeto irá explorar a organização estrutural encontrada na madeira para produzir materiais de carbono grafitico com organização hierárquica e se assemelham ao máximo com fibras de carbono. Estes materiais carbonáceos serão utilizados na preparação de compósitos poliméricos que apresentam propriedades mecânicas e elétricas controladas pelo arranjo hierárquico, organização e composição química de suas estruturas.



Figura 1. Esquema de produção nanocompósitos baseados em materiais de carbono oriundos das nano- e microfibras de celulose da madeira.

OBJETIVOS

Este projeto pretende explorar a organização estrutural e hierárquica das micro e nanofibras de celulose da madeira para produzir materiais de carbono grafitico com organização hierárquica e estrutura fibrilar que se assemelham ao máximo com fibras de carbono.

São objetivos específicos:

- Desenvolver rotas de carbonização das fibras de celulose da madeira que privilegiem materiais carbonáceos de alto grau de grafitação e de ordenamento estrutural, para privilegiar as melhores propriedades mecânicas e elétricas dos materiais finais.

- ii) Descrever, compreender e prever os mecanismos de conversão e propriedades dos materiais de carbono produzidos a partir das fibras de celulose da madeira por intermédio de técnicas de caracterização avançadas inclusive com técnicas *in situ*;
- iii) Caracterizar em micro e nanoescala os compósitos formados entre poliméricos e os materiais carbonáceos análogos a fibras de carbono. Avaliar os compósitos produzidos quanto as propriedades mecânicas e elétricas avaliando também anisotropias mecânicas e elétricas dos mesmos, e sua correlação com a estrutura hierárquica e organização do material carbonáceo.

METODOLOGIA

Neste projeto serão empregadas diferentes metodologias para o i) pré-tratamento dos materiais de partida, ii) conversão pirolítica em carbono e grafitação, e iii) fabricação dos compósitos poliméricos.

i) Pré-tratamento dos materiais de partida

Serão empregados neste projeto pedaços de madeira serão cortados em dimensões e formas pré-determinadas. Estes pedaços poderão ser tratados para a remoção seletiva de lignina e hemicelulose, secos ou liofilizados. Resultarão destes processos monolíticos de fibras de celulose que mantém a organização do material de partida.

ii) Conversão pirolítica em carbono e grafitação

Os monólitos de celulose serão pirolisados em forno tubular em altas temperaturas sob atmosfera inerte, resultando em materiais de carbono que mantem o arranjo estrutural e morfológico do material de partida. Alternativamente serão empregados processos de pós-tratamento em micro-ondas ou aquecimento por efeito Joule para aumento do grau de grafitação dos materiais carbonáceos produzidos.

iii) Fabricação dos compósitos poliméricos

Os materiais carbonáceos produzidos utilizados em compósitos poliméricos empregado rotas de impregnação via úmida de polímero e se necessário processos de pós-processamento como prensagem a quente.

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 N₂, análises mecânicas de tração e flexão, avaliação de propriedades elétricas, 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.