

Projeto de Iniciação Científica_ PIBIC

Estudo do preparo de nanopartículas de celulose proveniente de bagaço de cana-de-açúcar

Pesquisadora Responsável: Dra. Juliana da Silva Bernardes
Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano),
situado no Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM).

1. Enunciado do problema

Vem aumentando progressivamente a demanda mundial por produtos preparados sob um enfoque sustentável, que utilizam materiais de partida e tecnologias de transformação que reduzam o impacto ambiental, minimizam ou eliminam a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente.

O uso de biomassas vegetais é uma das alternativas mais promissoras, pois a parede celular representa uma das fontes mais abundantes de energia e de matérias-primas renováveis do planeta. O seu aproveitamento potencializará a produção mundial de produtos químicos, de biocombustíveis e de outros biomateriais.

Os principais componentes da biomassa vegetal são celulose, hemicelulose e lignina. A obtenção de celulose a partir dessa matéria-prima envolve técnicas de pré-tratamento e deslignificação, sem a destruição das fibras. Nesses procedimentos, a lignina e a hemicelulose são removidas seletivamente por processos químicos, físicos e/ou biológicos já bem estabelecidos e usualmente conhecidos como polpação.

A celulose é o polímero mais abundante da Terra com produção anual estimada em $1,5 \times 10^{12}$ toneladas. Sua unidade repetitiva é constituída por duas moléculas de glicose esterificadas por ligações β 1,4-glicosídicas. Cada unidade possui seis grupos hidroxilas que apresentam disposição espacial favorável para o estabelecimento de ligações de hidrogênio intra e intermoleculares, gerando assim agregados altamente empacotados com largura na faixa de 2 a 20 nanômetros.

Por ser biodegradável, biocompatível e renovável, a celulose é uma matéria-prima promissora para a produção de materiais e o seu uso vai desde a indústria de papel e tintas até a produção de biocombustíveis, incluindo também aplicações em segmentos de alta tecnologia, como o farmacológico e o de saúde animal e humana. Ela pode ser processada

e usada em sua forma estrutural padrão ou em morfologias menos convencionais como por exemplo, filmes, membranas e esponjas, produzidas pela regeneração da celulose solubilizada em diferentes meios.

Nos dias de hoje tem sido colocado um grande esforço no estudo do isolamento e do uso de nanopartículas de celulose provenientes de diferentes biomassas, como madeira, algodão e resíduos agrícolas. Dependendo do método utilizado na remoção da nanopartícula, pode-se obter celulose micro e nanofibrilada (MFC, CNF) ou celulose nanocristalina (CNC).

A MFC e CNF são usualmente isoladas a partir da desintegração mecânica das fibras, apresentando largura nanométrica (MFC: 10-100 nm; CNF: 4-20 nm) e extensão da ordem de microns (MFC: 0.5-10's μm ; CNF: 0.5- 2 μm), analogamente à um espaguete, veja Figura 1 (superior). Por outro lado, a celulose nanocristalina, obtida através de hidrólise ácida, possui largura e extensão nanométricas (L: 4-20 nm, E: 50-500 nm), com o formato similar ao de um grão de arroz, como mostrado na imagem de microscopia eletrônica de transmissão apresentada na Figura 1 (inferior). A CNC é também conhecida na literatura científica como nanowhisker.



Figura 1. Imagens de microscopia eletrônica de celulose nanocristalina e celulose nanofibrilada.

As nanopartículas de celulose apresentam a vantagem de combinar diversas propriedades de interesse, tais como biocompatibilidade, biodegradabilidade, elevado módulo elástico (equivalente em ordem de grandeza a do aço), habilidade de formar géis em meio aquoso, transparência óptica e anisotropia.

1.1 Preparo de nanopartículas de celulose

Celulose micro e nanofibrilada (MFC, CNF)

Celulose micro e nanofibrilada são obtidas através da delaminação de fibras de celulose submetidas a tratamento mecânico sob alta pressão. Esse processo foi desenvolvido pela Ryonier em 1983²³ e demanda elevada quantidade de energia. Para ilustrar esta afirmação, um exemplo, a polpa sulfito com elevado teor de hemicelulose é mais suscetível ao processo de delaminação, mas mesmo assim é necessário cerca de 27 mil KWh⁻¹ para a obtenção de uma tonelada MFC a partir dessa matéria-prima.

No entanto, a adição de grupos carregados na superfície das fibras pode reduzir drasticamente o consumo de energia. No caso da polpa sulfito, a carboximetilação aumenta a capacidade de intumescimento da fibra em água, diminuindo assim a coesão da parede celular que se fragmenta mais facilmente sob ação mecânica. O consumo de energia nessa situação passa de 27.000 para 500 KWh

Celulose nanocristalina (CNC)

O método predominante usado para isolar celulose nanocristalina é baseado em hidrólise ácida, como já descrito por Rånby em 1949.³⁰ Durante esse tratamento, as regiões amorfas ao redor e entre as nanofibrilas são destruídas, enquanto os segmentos cristalinos são clivados transversalmente dando origem às nanopartículas. Isso ocorre pois a cinética de hidrólise da região amorfa é mais rápida do que da região cristalina devido à maior permeabilidade da fase desordenada. As nanopartículas obtidas são altamente cristalinas (62-90%) e apresentam valores extraordinariamente altos de módulo elástico (110-220 GPa) e de resistência à tração (2-6 GPa).

2. Objetivos

Este projeto tem como objetivo desenvolver novos métodos de obtenção de nanocelulose de bagaço de cana de açúcar ou otimizar métodos já existentes, visando apresentar propostas de novas aplicações para o maior resíduo agroindustrial do Brasil.

3. Metodologia

Neste projeto amostras de bagaço proveniente diretamente das áreas de cultivo e das usinas de produção de açúcar e álcool deverão ser moídas em moinho de facas e secas ao ar. Após esta etapa, métodos físicos de separação, como peneiração e decantação, serão

utilizados para remover eventuais contaminações da matéria-prima por partículas de solo. Antes da obtenção das nanopartículas, o bagaço será branqueado utilizando soluções de soda cáustica e peróxido de hidrogênio.

A celulose nanocristalina (CNC) será produzida através da hidrólise direta do bagaço branqueado em meio ácido, como convencionalmente preparada (H_2SO_4 , 64% m/m). A celulose micro e nanofibrilada (MFC/CNF) serão adquiridas através de tratamento mecânico do bagaço branqueado com dispersor Ultra Turrax, combinado com tratamentos químicos prévios que poderão envolver etapas de oxidação.

Os nanomateriais produzidos serão analisados por diferentes técnicas de microscopia eletrônica de transmissão (TEM) e microscopia de força atômica (AFM), e também por técnicas de caracterização química, como espectroscopia no infravermelho (FTIR) e espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios-X (XPS).