

**FUNCIONALIZAÇÃO DA NANOCELULOSE CRISTALINA**

Rafael de Souza da Conceição, Afifeh Rafat Fadel Khader, Márcia Margarete Meier

**INTRODUÇÃO**

Diante da abundância de material de origem lignocelulósica no Brasil e a necessidade agregar valor aos rejeitos do agronegócio, o NIPOL vem estudando maneiras de utilizar materiais oriundos da celulose. Esse trabalho tem como foco analisar a nanocelulose cristalina (NCC) e sua capacidade de funcionalização com  $\beta$ -ciclodextrina para carregamento futuro de moléculas bioativas.

**DESENVOLVIMENTO**

Com o objetivo de adquirir experiência com os métodos experimentais, inicialmente foram realizados testes utilizando o tecido de algodão (celulose) e sua funcionalização com a  $\beta$ -ciclodextrina (BCD), molécula escolhida por ser hidrofóbica em seu interior e hidrofílica no exterior, e por isso consegue formar complexos de inclusão com outras moléculas, como óleos essenciais. A funcionalização foi realizada seguindo estudo realizado por Khader et al. (2024), brevemente três pedaços de algodão com aproximadamente 0,60 g cada foram imersos por 5 minutos em uma solução aquosa de 20 mL contendo 0,60 g de  $\beta$ -ciclodextrina, 0,41 g de BTCA (ácido 1,2,3,4 –butanotetra carboxílico) e 0,48 g de  $Na_2HPO_4$ , previamente diluídos e sob aquecimento. Na sequência, as amostras foram levadas ao banho ultrassônico por 5 minutos e em seguida foram submetidas ao tratamento térmico em estufa à 182°C por 30 minutos para promover a reação de esterificação entre as hidroxilas da celulose e da BCD, mediada pelo políácido. Por fim, os tecidos foram lavados em água destilada para remoção dos reagentes em excesso.

Após esses procedimentos com o tecido, foi realizado o mesmo processo para a funcionalização da nanocelulose (BioNano Ind), porém com a mudança na relação entre as massas. Para o preparo da solução foi utilizado 0,60 g de nanocelulose cristalina e 0,030 g de  $\beta$ -ciclodextrina, 0,0215g de BTCA e 0,025g de  $Na_2HPO_4$  em 20 mL de água, seguido de sonicação sob ponteira ultrassônica por 3 minutos. Seguindo para secagem em estufa à 95°C. Por fim, o material seco foi mantido a 150°C por 10 minutos para promover a esterificação. A lavagem da amostra foi realizada três vezes usando água destilada e uma vez em etanol para garantir a remoção dos reagentes em excesso, e em seguidas secas na estufa a 65°C.

Para determinação do número de mols de  $\beta$ -ciclodextrina adsorvidos no tecido e na NCC, foi utilizado o método indireto com a fenolftaleína como sonda já que ela possui grande capacidade de formar complexos de inclusão com a  $\beta$ -ciclodextrina na proporção de 1:1 (mol/mol). As amostras pristine e as funcionalizadas de tecido de algodão e de nanocelulose foram colocadas em uma solução de fenolftaleína de  $4,0 \times 10^{-5}$  mol/L, e deixadas sob agitação por 12 horas. O teor de fenolftaleína remanescente na solução foi quantificada por espectroscopia UV-Vis, cuja sobreposição de espectros são apresentados na Figuras 1 A e B.

**RESULTADOS**

As leituras de absorbância obtidas por UV/VIS (Figura 1 A e B) indicam variação na absorbância entre as amostras não funcionalizadas e as funcionalizadas com BCD, indicando que parte da fenolftaleína da solução estoque utilizada foi retida na cavidade da  $\beta$ -ciclodextrina ligada covalentemente no algodão e na nanocelulose. Mediante uma curva de calibração da

fenolftaleína, os dados de absorbância foram convertidos para quantidade de matéria em mols de BCD enxertados/massa de material, considerando a formação de complexos de inclusão BCD/fenolftaleína 1:1 (mol/mol), gerando valores de 1,79  $\mu\text{mol}$  de  $\beta$ -ciclodextrina/g de tecido de algodão, e 1,16  $\mu\text{mol}$  de  $\beta$ -ciclodextrina/g de nanocelulose cristalina. A ligação covalente entre BCD e celulose (do algodão ou da NCC) é mediada pela presença do políácido que forma ligações ésteres com as hidroxilas destes materiais, como proposto na Fig. 2. O sinal de estiramento da ligação C=O de éster foi identificada no espectro de FTIR (Fig. 1c). A imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura (MEV) da NCC funcionalizada com BCD indica a presença de estruturas alongadas, típicas de nanocristais, indicando a integridade morfológica após o tratamento químico utilizado.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a determinação do número de mols adsorvidos pela nanocelulose e tecido de algodão foi utilizado de um método indireto usando a fenolftaleína como sonda, já que a proporção de retenção de fenolftaleína na cavidade da  $\beta$ -ciclodextrina é de 1:1, junto de uma curva de calibração de fenolftaleína preparada seguindo os processos descritos por Khader (2024). Assim foi alcançado um valor de 1,79  $\mu\text{mol}$  de  $\beta$ -ciclodextrina enxertados no tecido de algodão, e 1,16  $\mu\text{mol}$  de  $\beta$ -ciclodextrina na nanocelulose cristalina, corroborando com resultados espectroscópicos, sugerindo que a funcionalização ocorreu tanto em tecido de algodão com na NCC.

**Palavras-chave:** Nanocelulose cristalina; Funcionalização; Ciclodextrina.

## LUSTRAÇÕES

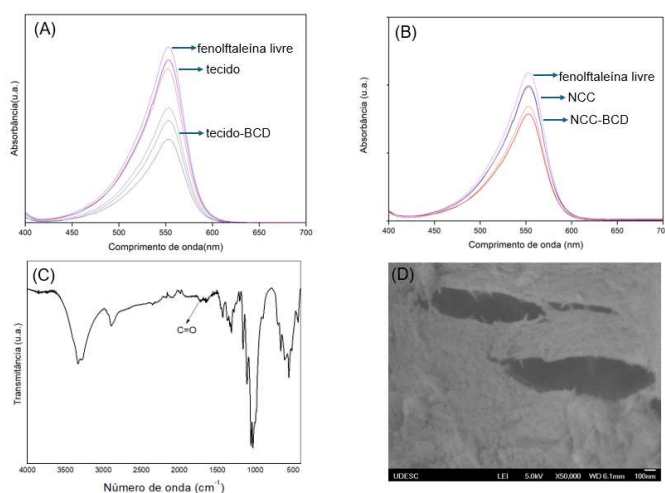


Figura 1: Sobreposição de espectros de UV-vis da fenolftaleína após contato com (A) tecido de algodão e (B) NCC. C) Espectro de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) de NCC-BCD. D) Imagem de MEV de NCC-BCD.

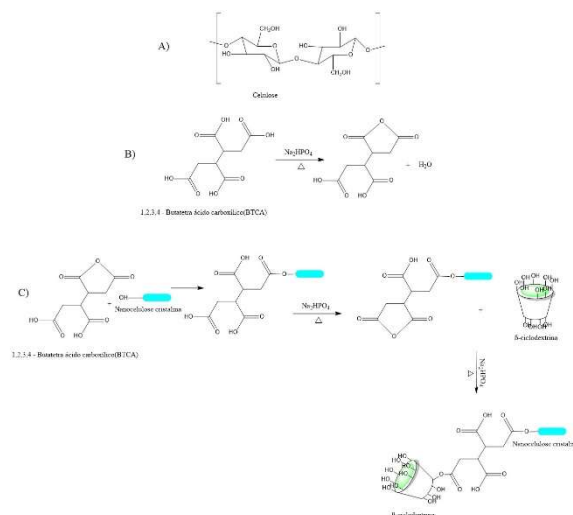


Figura 2: A) Estrutura química da celulose. B) Esquema da reação proposta entre BCD e celulose, mediada pelo políácido.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

KHADER, Afifeh Rafat Fadel. **Modificação superficial de tecido de algodão para adsorção de óleos essenciais**. 2024. Dissertação (Mestrado em química aplicada) – Centros de Ciências Tecnológicas, UDESC, Joinville, 2024.

---

**DADOS CADASTRAIS**

---

**BOLSISTA:** Rafael de Souza da Conceição

**MODALIDADE DE BOLSA:** PROBIC/UDESC(IC)

**VIGÊNCIA:** 09/2024 a 08/2025 – Total: 12 meses

**ORIENTADOR(A):** Marcia Margarete Meier

**CENTRO DE ENSINO:** CCT

**DEPARTAMENTO:** Departamento de química

**ÁREAS DE CONHECIMENTO:** Ciências exatas e da terra / Química

**TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA:** Nanocelulose cristalina: versatilidade e efetividade no desenvolvimento de novas tecnologias.

**Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA:** PVCT128-2024