



## **NANOCELULOSE: DO ENTENDIMENTO AS APLICAÇÕES.**

Natália Menegali SANTIAGO<sup>1</sup>  
Elton Aparecido Prado dos REIS<sup>2</sup>

**RESUMO:** A comunidade científica está cada vez mais interessada na produção de nanocelulose, conhecida como nanofibras de celulose (CNF) e nanocristais de celulose (CNC). devido à sua biodegradabilidade e alta resistência, no setor industrial e mecânica, biocompatibilidade e fácil disponibilidade. Este nanomaterial inovador pode ser obtido de forma direta e indireta de diferentes fontes tais como: produtos da agricultura, produtos oriundos de processo industrial. Alvo deste estudo mostrar que cada vez mais este material conquista o espaço que possuem pelo menos uma dimensão em nanométrica, podendo ser utilizados como nanocristais ou nanofibras, apresentando uma combinação única de propriedades, como alta área superficial, baixa densidade, transparência óptica, biodegradabilidade, baixa toxicidade e alta mecânica propriedades, desempenho, resistência e biocompatibilidade. Os materiais podem ser feitos em folhas e outras estruturas, incluindo filmes transparentes, e incorporados a uma variedade de materiais de alto desempenho para aplicações de consumo, industriais e biomédicas. O Brasil tem capacidade para se tornar a primeira plantação do mundo e investir em novas tecnologias para produzir materiais de maior valor agregado a partir da nanocelulose.

**Palavras-chave:** Nanocelulose, Nanotecnologia, nanofibras, nanocristalina.

### **1 INTRODUÇÃO**

A nanocelulose, primeiramente estudada no final dos anos 1970, Turbak, Snyder e Sandberg, no Laboratório ITT Rayonier em Whippany, New Jersey, EUA, sendo conhecida como nanocristalina (CNC) ou nanofibra (CNF). O CNF é um tipo de plástico falso com algumas propriedades de gel ou fluido e CNC é obtido a partir

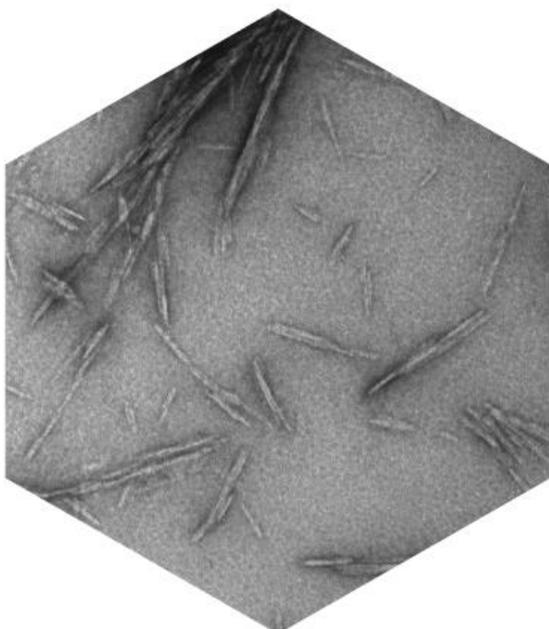
---

<sup>1</sup> Discente do 2º ano do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. nsantiagoart@outlook.com. Bolsista do Programa de Iniciação Científica Toledo.

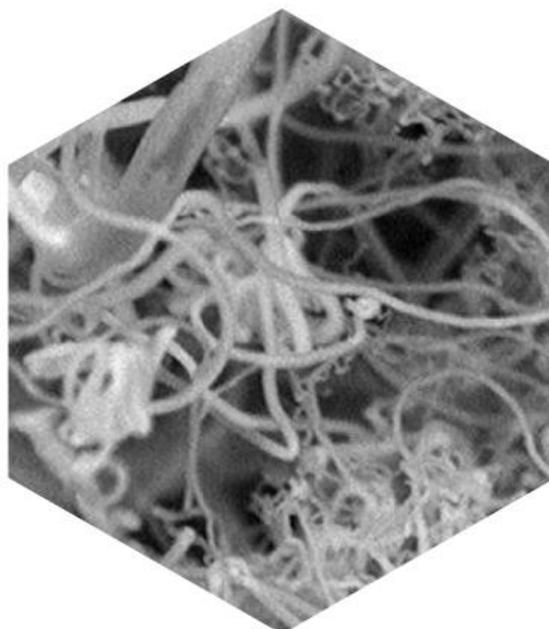
<sup>2</sup> Docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. Doutor em Ciência e Tecnologia de Materiais do programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Materiais (POSMAT) da Universidade Estadual Paulista. elton.reis@toledoprudente.edu.br. Orientador do trabalho.

de fibra natural por hidrólise ácida (FLAUZINO NETO WP. 2011). Na figura 1 e 2 demonstra os tipos citados acima;

**Figura 01** - Tipos de Nanocelulose em resolução microscópica.



Nanocristais ("CNC")



Nanofibras ("CNF")

Foto: Granbio

**Figura 02** – Nanocelulose do espectro visível.



Foto: Nanocelulose – Jornal da USP

Por milhares de anos, as pessoas usaram materiais celulósicos abundantes, incluindo madeira, algodão, sisal, cânhamo e outras culturas, em nossas indústrias de construção, têxteis, papel e alimentos. Os novos produtos florestais incluem microfibras, nanocelulose, compensado maleável, papelão termoformador e compostos biológicos. As microfibras são obtidas a partir de celulose ou polpa de madeira. As fibras fornecem um material de madeira leve e durável que, como o plástico, é formável. (Jordão, 2011).

O material citado anteriormente pode ser usado para uma variedade de finalidades em papéis, outdoors, móveis, carros, eletrônicos, alimentos, medicamentos, cosméticos e produtos de construção. As fibras podem substituir materiais como plásticos, alguns produtos químicos e alumínio. Por exemplo, filmes para embalagens feitos de celulose podem substituir os plásticos nas embalagens de alimentos para manter os produtos frescos. (Cunha, 2017).

Os materiais que se fizeram mais utilizados possuem pelo menos uma dimensão na nanoescala e podem ser usados como nanocristais ou nanofibras, apresentando uma combinação única de propriedades, como alta área de superfície, baixa densidade, transparência óptica, biodegradabilidade, baixa toxicidade e alta propriedades mecânicas, resistência e biocompatibilidade, por isso, o interesse para aplicação de nanocelulose abrange vários setores da indústria, como papel, têxtil, construção civil, alimentícia, biomédica, farmacêutica, cosméticos, automotiva, aeroespacial, eletrônica, entre outras. (Cunha, 2017).

As características da estrutura da nanocelulose dependem principalmente da origem da celulose e do processo de extração, que pode ser proveniente de plantações florestais ou de resíduos sólidos do agronegócio. (Jordão, 2011).

## **2 IMPORTANCIA SOCIAL E ECONOMICA**

Nas últimas décadas, a inovação e o interesse pela nanotecnologia continuaram a crescer, pois se encontra presente no dia-a-dia com as principais aplicações inovadora tecnologia e presentes em diversos setores. A principal diferença na escala de medição é o aprimoramento das propriedades físicas e / ou químicas, decorrente da alta área superficial e maior grau de dispersão, melhorando

assim a eficiência e o desempenho de materiais conhecidos ou obtendo novos produtos. (BRUM, José A, 2002)

A combinação de nanotecnologia e recursos renováveis, além de sua versatilidade, também destaca a nanocelulose como um dos maiores avanços tecnológicos, e as aplicações potenciais da nanocelulose são quase ilimitadas. Sua resistência é ainda maior do que a fibra de Kevlar usada em coletes à prova de balas, oito vezes maior que a do aço. Além disso, também, a nanocelulose apresenta valores com relação a condutividade, alta absorção e estabilidade térmica. (ROSA, M. F.; 2010) Na figura abaixo mostra uma comparação de matérias frequentemente utilizados em relação nanocelulose:

**Tabela 01** – Tabela com as Propriedades Físicas, comparando materiais de reforço com a nanocelulose.

Material de Reforço	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Resistência à Tração (MPs)	Módulo de Tração (GPs)
Carbonato de cálcio	2.71	600	210
Talco	2.69	275	70
Fibra de Vidro	2.5	3500	80
Fibra de Carbono	1.8	4000	230
<b>Nanocelulose</b>	<b>1.5</b>	<b>7500</b>	<b>135</b>

Foto: GRANBIO

Nanocelulose é a menor e mais resistente unidade de biomassa, feita de biomassa lenhosa e outras fontes de baixo custo, como resíduos florestais e agrícolas, bambu e grama. Possuindo uma ampla gama de aplicações e suas propriedades físicas o tornam relevantes a usabilidade.

Com a nanocelulose pode ser utilizado em folhas e outras estruturas, incluindo filmes transparentes, e incorporado em uma variedade de materiais de alto

desempenho para aplicações de consumo, industriais e biomédicas, como mostra a figura abaixo:

**FIGURA 3** – O potencial de aplicações da nanocelulose

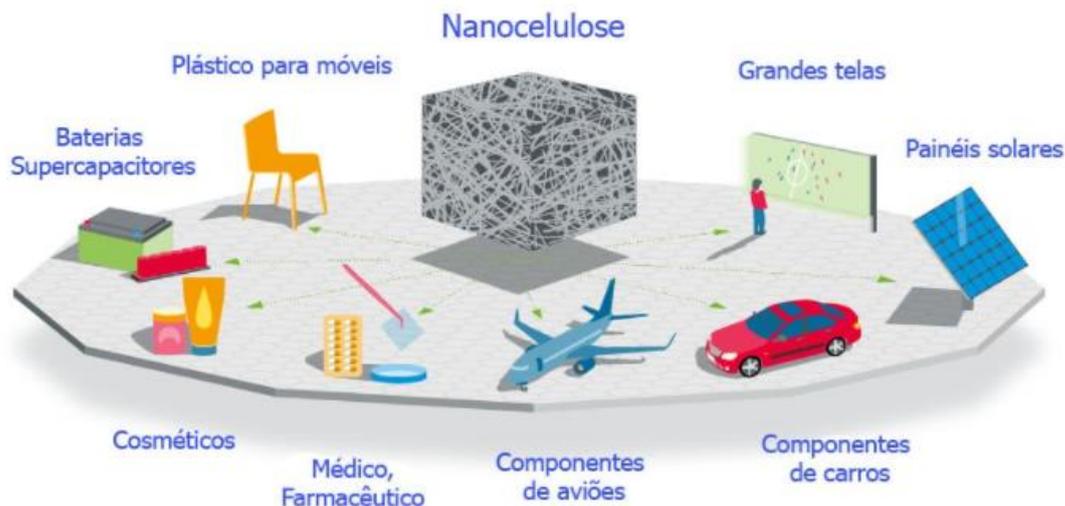


Foto: Stylo Urbano

O Brasil tem condições de se tornar a primeira floresta plantada do mundo para fins de obtenção nanocelulose, assim investindo na produção de novos materiais técnicos de maior valor agregado à base de nanocelulose. A vantagem da nanocelulose é que ela pode ser extraída de qualquer origem vegetal, inclusive resíduos agrícolas como palha de trigo, milho e cana-de-açúcar, resíduo de soja, sem o uso de árvores ou mesmo água. (SEIXAS,2019)

A indústria está desenvolvendo tecnologias eficientes e sustentáveis para a produção em escala industrial de nanocelulose para minimizar o uso de energia e recursos e reduzir o desperdício (SEIXAS,2019). Diante de tudo apresentado pode verificar que existe uma grande possibilidade, na qual o material existente a bilhões de anos, anualmente com o domínio tecnológico e científico, pode se tornar em um futuro próximo, uma grande fonte de renda, automaticamente com a criação de indústrias para uma economia circular implicando em valores econômicos e sustentáveis, gerando assim bioeconomia, sendo assim bioeconomia ou economia sustentável é uma área que está relacionada ao consumo que está em equilíbrio com o meio ambiente e os recursos naturais, com o objetivo de construir

uma economia baseada na utilização de recursos de base biológica, recicláveis e renováveis, ou seja, mais sustentável.

### **3 NANOCELULOSE – NO SUBPRODUTO DA SOJA (CAULE E VAGEM)**

A soja é um resíduo agroindustrial disponível em grande quantidade em diversos países, inclusive no Brasil, ocupa uma área total de 37,2 milhões de hectares. A composição da palha de soja é celulose 35%, lignina insolúvel 21%, hemicelulose 17%, cinzas 11%, lignina solúvel em ácido 1%; a palha de soja também tem um menor teor de cinzas em relação às vagens, respectivamente: 2,28% e 7,25% (Flauzino Neto et al., 2013). Como resultado, a soja se torna uma fonte de fibras de celulose e podem ser produzidos nanocristais de celulose.

Antigamente era um processo, na qual era fruto de um problema por meio de incineração, nos dias atuais com a evolução dos plantios, esse material (resíduo de soja) é disperso na própria área de cultivo de tornando adubo para posteriores plantações, embora já é sabido que esse material também pode ser utilizado como matéria prima, para obtenção de novos produtos, tais como a nanocelulose (Santiago Natalia, 2020), na figura 4 mostra os resíduos de soja (caule e vagem), na antes da colheita.

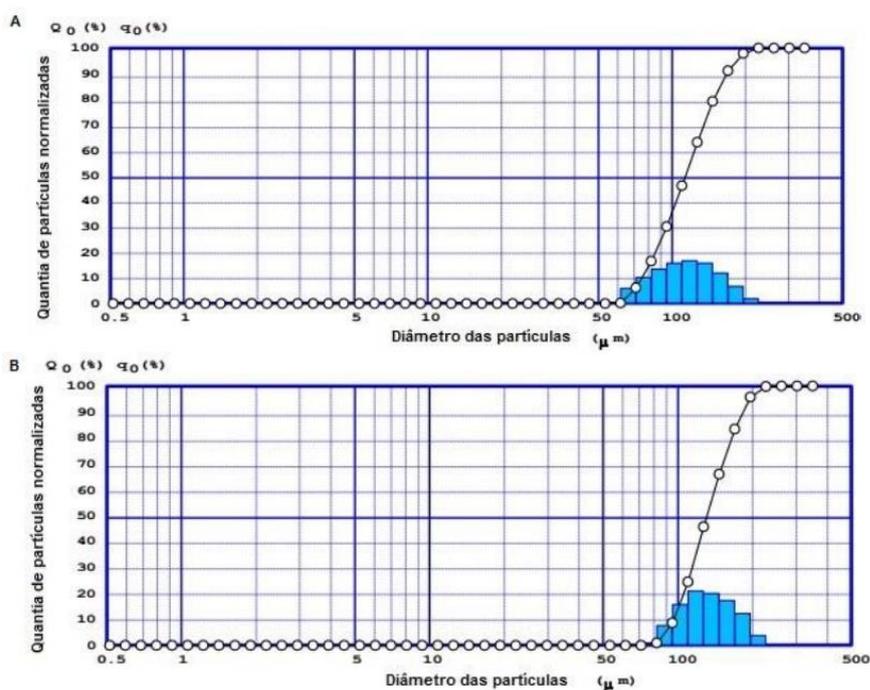
**FIGURA 5** – Caule e vagem de soja antes da colheita.



Fonte: Agrônomo de Campo na DuPont Pioneer

Os subprodutos (caules e vagem) possuem materiais de fibra de celulose maiores, possibilitando a produção de nanofibras de celulose (NCs) conforme mostrado na figura a seguir:

**FIGURA 5** – Distribuição do tamanho de partículas em micrometro por unidade arbitrária do (A) caule e (B) vagem de soja mercerizados.



Fonte: Elaborado por Gabriela B. O. Lins, Audria D. V. Santos, Tais T. Barros, Odilio B. G. Assis, Milena Martelli-Tosi, (2017, resumo)

Conforme mencionado anteriormente, este estudo alcançou bons resultados, nos quais o tamanho médio de partícula, material de referência ou haste e vagem fora de cerca de  $120 \pm 1$  e  $91 \pm 35 \mu\text{m}$ , esses resultados são mostrados na Figura 5. Nesse caso, a vagem da soja, comparada ao caule, tem suas partículas reduzidas, ou seja, tem um resultado mais satisfatório, referente à extração da nanocelulose. (Santiago Natalia, 2020)

### 3 CONCLUSÃO

As inúmeras vantagens da celulose, com grande importância ao meio ambiente, baixo custo e biodegradabilidade. A redução desse material para a

nanoescala, estabeleceu criar um material com diferentes características, na qual denominado nanocelulose, podendo ser utilizado em diversos campos da indústria.

Então de acordo com o estudado a nanocelulose é um material na qual pode ser obtido de diversas formas, com grande aplicabilidade econômica e ambiental, o que desprende um grande interesse de estudo.

## REFERÊNCIAS

AHOLA, S.; TURON, X.; ÖSTERBERG, M.; LAINE, J.; Rojas, O. J. Enzymatic Hydrolysis of Native Cellulose Nanofibrils and Other Cellulose Model Films: Effect of Surface Structure. *Langmuir*, v. 24, p. 11592-11599, 2008

BORSCHIVER, Susana et.al. Patenteamento em nanotecnologia: estudo do setor de materiais poliméricos nanoestruturados. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, Rio de Janeiro vol.15, nº4, pág. 245, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/po/v15n4/a07v/5n4.pdf>.

BRUM, José A. A pesquisa em nanociência e nanotecnologia no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron. *Com Ciência*, São Paulo, 2002.

Colombo, Simone - *Jornal da USP*, 2018 - Com propriedades exclusivas, nanocelulose revoluciona materiais – Disponível em: [Com propriedades exclusivas, nanocelulose revoluciona materiais – Jornal da USP](#)

Cunha, Renato, *Stylo Urbano*, 2017 - Nanocelulose é um inovador material extraído de plantas que revolucionará a ciência e a tecnologia - Disponível em: <https://www.stylourbano.com.br/nanocelulose-e-um-inovador-material-extraido-de-plantas-que-revolucionara-a-ciencia-e-a-tecnologia/>

FLAUZINO NETO WP, SILVERIO HÁ, DANTAS NO & PASQUINI D. 2013. Extraction and characterization of cellulose nanocrystals from agro-industrial residue – Soy hulls. *Industrial Crops and Products* 42;480-488. Ramos e Paula et al.2 2011.

FORTUNAT, E.; PUGLIA, D.; MONTI, M.; SANTULLI, C.; MANIRUZZAMAN, M.; KENNY, J. M. Cellulose Nanocrystals Extracted from Okra Fibers in PVA Nanocomposites. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 128, p. 3220-3230, 2013.

Freitas, Ronaldo - Como Realizar uma Dessecação Eficiente para Colheita Antecipada da Soja?, 2017 - Agrônomo de Campo na DuPont Pioneer Disponível em: <https://www.pioneersementes.com.br/blog/135/como-realizar-uma-dessecacao-eficiente-para-colheita-antecipada-da-soja?fale=1>

HABIBI, Y. Key advances in the chemical modification of nanocelluloses. *The Royal Society of Chemistry*, v. 43, p. 1519-1542, 2014.

KAUSHIK, M.; MOORES, A. Review: nanocelluloses as versatile supports for metal nanoparticles and their applications in catalysis. *The Royal Society of Chemistry*, v. 18, p. 622-637, 2016.

KLEMM, D.; KRAMER, F.; MORITZ, S.; LINDSTRÖM, T. Nanocelluloses: A New Family of Nature-Based Materials. *Angewandte Chemie*, v. 50, p. 5438-5466, 2011.

LINS, Gabriela Brandão de Oliveira; SANTOS, Audria D. V.; BARROS, Taís T; ASSIS, Odílio Benedito Garrido de; MARTELLI-TOSI, Milena. Aproveitamento de resíduos da colheita da soja: produção de nanocelulose a partir do caule e da vagem. *Anais. São Paulo: USP*, 2017

MORÁN, J.I.; ALVAREZ, V.A.; CYRAS, V.P.; VÁZQUEZ, A. Extraction of cellulose and preparation of nanocellulose from sisal fibers. *Cellulose*, v. 15, p. 149–159, 2008.

NAKASHIMA, K., NISHINO, A., HORIKAWA Y., The crystalline phase of cellulose changes under developmental control in a marine chordate, *Cellular and Molecular Life Sciences*, (2011), 68, 1623.

ROSA, M. F.; MEDEIROS, E.S.; MALMONGE, J.A.; GREGORSKI, K.S.; WOOD, D.F.; MATTOSO, L.H.C.; GLENN, G.; ORTS, W.J.; IMAM, S.H. Cellulose nanowhiskers from coconut husk fibers: Effect of preparation conditions on their thermal and morphological behavior. *Carbohydrate Polymers*, 2010.

RUBIM, C. Revista especializada em tratamento de água & efluentes. Revista TAE, 2012. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/artigos.asp?id=96&fase=c>>.

SEIXAS, Marcus Vinicius de Souza, Obtenção de nanocelulose a partir de bagaço da cana de açúcar e incorporação em eva, Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção de títulos de Doutor em Ciências, 2019

SILVA, A.C. Estudo da durabilidade de compósitos reforçados com fibras de celulose. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.