



Pergunta enviada pelo leitor: “É possível modificar a molécula de celulose?”

ZÉ PACEL DÁ O VEREDITO SOBRE ESSA QUESTÃO...

Por Daniela Colevati Ferreira

(danielacf@ipt.br), do Laboratório de Papel e Celulose (LPC), do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

A molécula de celulose é um polímero linear formado por Unidades Anídras de Glicose (AGU, na sigla em inglês), ou seja, um polissacarídeo (**Figura 1**). Uma das unidades terminais da molécula de celulose tem estrutura redutora (hemiacetal no carbono 1), enquanto a outra, não (hidroxila alcoólica no carbono 4). As unidades presentes na cadeia da molécula de celulose têm três grupos hidroxilas livres (ligados aos carbonos 2, 3 e 6) (Klemm *et al.*, 1998a).

Os grupos hidroxilas podem formar *ligações de hidrogênio*¹, que contribuem para a rigidez e a resistência da estrutura fibrilar da celulose (D’Almeida, 1988), sendo a causa da afinidade da celulose pela água e o fator principal na ligação entre fibras no papel.

As hidroxilas também determinam a reatividade da celulose. As hidroxilas ligadas ao carbono 6 reagem como álcoois primários, enquanto as hidroxilas ligadas aos carbonos 2 e 3 reagem como álcoois secundários. Tais reações levam à introdução de novas funções químicas na molécula de celulose, que podem alterar suas propriedades físico-químicas. Os produtos de tais reações são chamados “derivados de celulose”. Entendendo-se que, na pergunta enviada, o termo *modificar* refere-se à introdução de novas funções químicas na cadeia polimérica da celulose, então a resposta é “sim, a celulose pode ser modificada”.

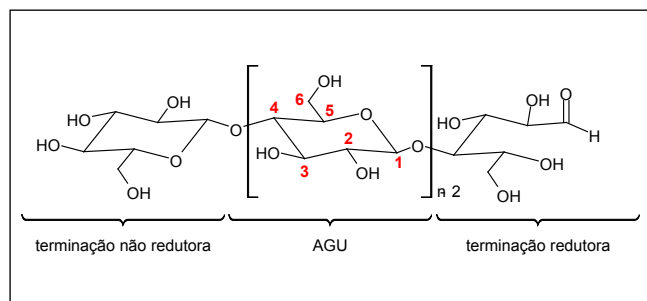


Figura 1. Representação da estrutura molecular da celulose.

As reações de derivatização da celulose mais comuns são: esterificação, eterificação, oxidação, grafitização por copolimerização e ligações cruzadas. A **Figura 2** mostra exemplos dessas reações, que podem ser classificadas em dois tipos: a) as que não alteram o esqueleto polimérico da celulose (esterificação, eterificação e oxidação) e b) as que alteram o esqueleto polimérico (grafitização e ligações cruzadas) (Klemm *et al.*, 1998a).

Entre as reações que não alteram o esqueleto da celulose, a esterificação e a eterificação são as reações de derivatização mais empregadas na indústria. Nessas reações, as hidroxilas da celulose são, parcial ou totalmente, substituídas por grupos orgânicos (ésteres e éteres, respectivamente), que se ligam covalentemente à cadeia de celulose. Uma das principais vantagens dos ésteres e éteres de celulose em relação à celulose pura é sua solubilidade em solventes comuns, tais como água, acetona e álcool. A oxidação, por sua vez, envolve a conversão dos grupos hidroxilas em grupos carbonilas ou grupos carboxilas.

A ligação cruzada (*cross linking*) é a principal rota de modificação do esqueleto da celulose (Klemm *et al.*, 1998b). Nesse tipo de reação ocorre a formação de ligações covalentes entre duas cadeias poliméricas de celulose. Tais ligações são mais fortes que as de hidrogênio, presentes na cadeia de celulose não modificada. As ligações cruzadas podem ser efetuadas por agentes polifuncionais de esterificação ou eterificação ou por agentes de oxidação. Esse tipo de interligação normalmente confere ao produto de fibras celulósicas resistência a úmido e estabilidade dimensional, sendo, portanto, de maior interesse para a indústria celulósica têxtil.

A grafitização por copolimerização, como o próprio nome diz, ocorre pela formação de um segundo polímero ligado covalentemente à estrutura da celulose, iniciando-se por uma etapa que produz um centro ativo na estrutura da celulose e leva geralmente a uma estrutura ramificada, que afeta principalmente as propriedades reológicas, bem diferentes das de um polímero linear, e influencia as propriedades de

¹ **Ligação de hidrogênio:** interação atrativa entre um átomo de hidrogênio ligado a um elemento mais eletronegativo que ele e um átomo ou grupo de átomos da mesma molécula ou de moléculas distintas (Arunan *et al.*, 2011). No caso da celulose, corresponde à ligação (fraca) entre o átomo de hidrogênio de uma hidroxila e um átomo de oxigênio de outra hidroxila ou do anel glicosídico.

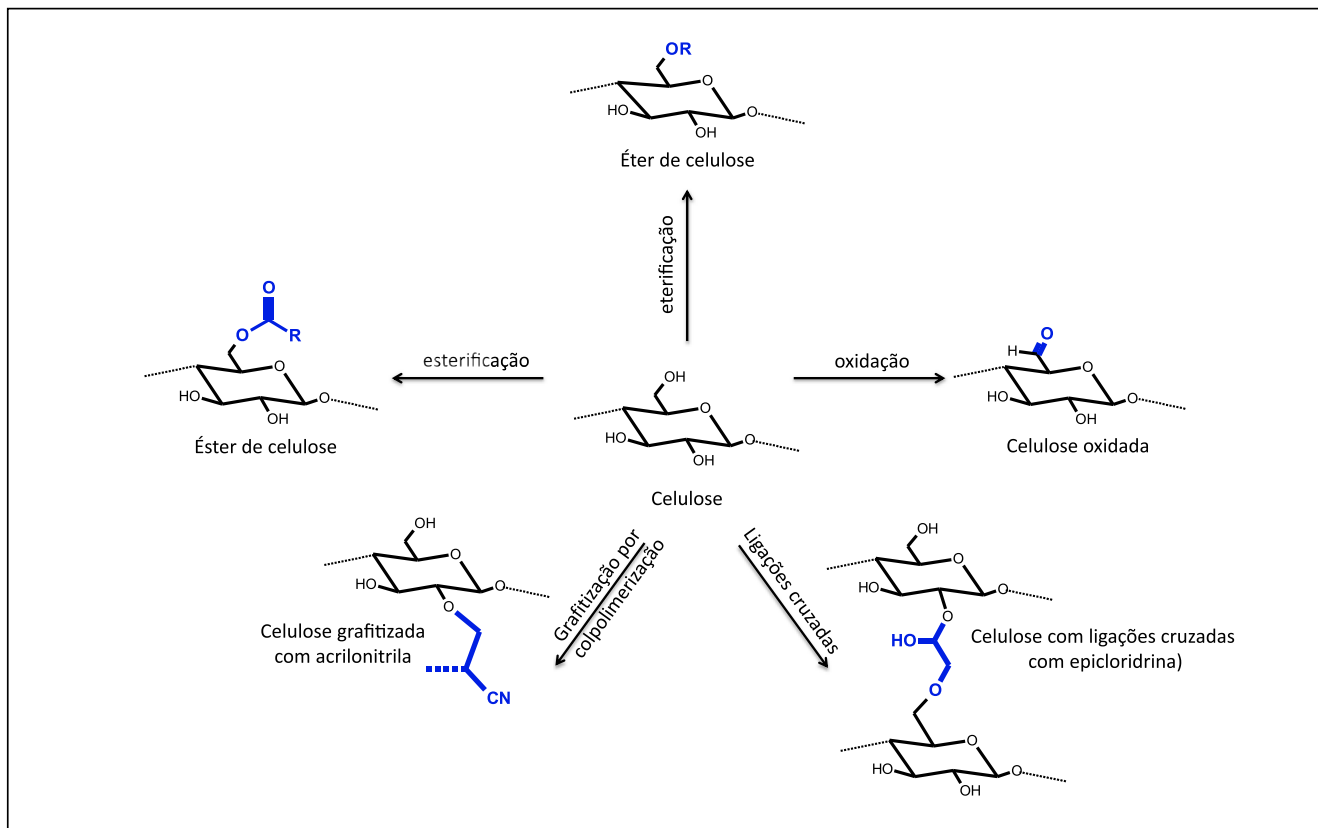


Figura 2. Modificações químicas da celulose (adaptado de Klemm *et al.*, 1998a).

superfície, que normalmente passam a ser do polímero a dar origem à ramificação.

Em suma, a celulose pode ser modificada objetivando-se propriedades distintas da celulose pura. Por conta dessas novas propriedades, os derivados de celulose encontram aplicação nos mais diferenciados campos, tais como a indústria têxtil, farmacêutica, de construção civil, automobilística e alimentícia, entre outras. No caso do setor papelero, a modificação da celulose é empregada para melhorias de propriedades do papel em si e, também, de seu revestimento. ■

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARUNAN, E.; DESIRAJU, G.R.; KLEIN, R.A.; SADLEJ, J.; SCHEINER S.; ALKORTA, I.; CLARY, D.C.; CARBTREE, R.H.; DANNENBERG, J.J.; HOBZA, P.; KJAERGGARD, H.G.; LEGON, A.C.; MENCUCI, B.; NESBITT, D.J. Definition of hydrogen Bond (IUPAC Recommendations 2011). *Pure Applied Chemistry*, v.83, n.8, p.1637-1641, 2011.
- D'ALMEIDA, M.L.O. Composição química dos materiais lignocelulósicos. In: D'ALMEIDA, M.L.O. (Ed.) *Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica*. 2. ed. São Paulo: IPT-Senai, 1988, v.1, p.45-106.
- KLEMM, D.; PHILIPP, B.; HEINZE, T.; HEINZE, U.; WAGENKNECHT, W. *Comprehensive Cellulose Chemistry; Volume 1: Fundamentals and Analytical Methods*. Weinheim: Wiley-VCH, 1998(a). 251p.
- KLEMM, D.; PHILIPP, B.; HEINZE, T.; HEINZE, U.; WAGENKNECHT, W. *Comprehensive Cellulose Chemistry; Volume 2: Functionalization of cellulose*. Weinheim: Wiley-VCH, 1998(b). 325p.

Coordenadoras da coluna: Maria Luiza Otero D'Almeida (malu@ipt.br), pesquisadora do Laboratório de Papel e Celulose do IPT, superintendente do ABNT/CB29 – Comitê Brasileiro de Celulose e Papel e coordenadora das Comissões de Estudo de Normalização de Papéis e Cartões Dielétricos e de Papéis e Cartões de Segurança, e Viviane Nunes (viviane@abtcp.org.br), coordenadora técnica da ABTCP.

Mande a sua pergunta para o Zé Pacel!

A revista *O Papel* lançou a coluna Pergunte ao Zé Pacel para que você possa enviar suas dúvidas técnicas sobre procedimentos de ensaios relacionados ao setor de celulose e papel, normalizados ou não; procedimentos elaborados pelas Comissões Técnicas da ABTCP, que se tornaram normas ABNT; normas correlatas da ABNT; aplicação de determinadas normas ou metodologias; expressão de resultados de parâmetros; transformação de unidades e definição de termos da área de celulose e papel. Mesmo que suas dúvidas sejam sobre outros assuntos, é importante lembrar que este espaço não presta consultoria técnica, mas destina-se apenas a esclarecer dúvidas relativas ao setor de base florestal. Participe! O Zé Pacel está aguardando sua pergunta! **Escreva-nos pelo email tecnica@abtcp.org.br.**