

Obtenção de Celulose e Produção de Papel Branqueado a partir do Capim Brachiaria (*Brachiaria decumbens*)

André M. Senna, José B. Menezes, Flávia V. S. Batista, Guilherme S. Ribeiro e Melissa O. de Godoy

Este trabalho foi realizado em aulas práticas no curso técnico em química integrado ao ensino médio com o objetivo de evidenciar os processos envolvidos na produção de celulose. O capim brachiaria foi escolhido, pois é muito comum no Brasil, e também para evidenciar que é possível obter celulose de qualquer vegetal. O capim foi picado e seco em estufa com temperatura de 60 °C até obter massa constante e a concentração de celulose foi determinada por análise química. Em seguida, em reator de aço inox, foi realizado o processo de polpação soda. Após a polpação, a polpa foi filtrada para separar as fibras de celulose do licor negro, as fibras que ficaram retidas na peneira foram lavadas com água, neutralizadas com solução de ácido sulfúrico e branqueadas com solução concentrada de hipoclorito de cálcio. O papel foi produzido através do peneiramento das fibras de celulose em suspensão aquosa. Uma fração do licor negro foi desidratado para caracterizar a presença de lignina e hemicelulose.

► papel, celulose, capim brachiaria ◀

Recebido em 01/06/2017, aceito em 01/12/2017

116

A celulose do algodão vem sendo utilizada há milhares de anos em aplicações têxteis, porém, a celulose da madeira foi isolada pela primeira vez somente em 1842 pelo químico francês Anselme Payen. As características hidrofílicas e absorventes da celulose são conhecidas há muito tempo, e com o advento dos absorventes descartáveis nos últimos anos, a demanda por fibras de celulose em aplicações absorvente aumentou dramaticamente (Hon, 1994). A celulose é um homopolímero natural (poli- β (1,4)-D-glucose), não ramificado, fibroso, com configuração sindiotática e insolúvel em água. Esse é o material natural mais abundante no reino vegetal e o principal componente da madeira e das fibras vegetais. Ele é composto de unidades de (β) D-glucopirranose, unidas através de ligações glicosídicas entre os carbonos 1 e 4 (Lehninger *et al.*, 1995). A Figura 1 mostra a estrutura química da celulose.

O Brasil é o quarto maior produtor de celulose do mundo. Em 2016 o Brasil produziu 17,1 milhões de toneladas

de celulose e 9,5 milhões de toneladas de papel. A celulose produzida no Brasil é derivada de florestas plantadas de eucaliptos e pinus (IBÁ, 2016).

As células vegetais são muito parecidas com as células animais, a principal diferença é que na célula vegetal existe uma parede celular formada por lignina, celulose e hemicelulose. As quantidades de celulose nas paredes celulares variam de acordo com a espécie vegetal. Atualmente, quase toda a celulose produzida no mundo é derivada de árvores coníferas ou folhosas. Biermann (1996) relata que, em média, a madeira das árvores coníferas tem 45 a 50% (m/m) de celulose, 25-35% de lignina e 20 a 25% de hemicelulose, enquanto as árvores folhosas têm em média 40 a 50% de celulose, 18-25% de lignina e 2 a 5% de hemicelulose. Tanto as coníferas quanto as folhosas apresentam elevadas concentrações de celulose. Na literatura científica, os valores de concentração de celulose, lignina e hemicelulose encontrados na *brachiaria decumbens* são próximos dos valores encontrados nas coníferas e folhosas. Gobbi *et al.* (2005) encontrou os seguintes valores: 38,4% de celulose, 10,2% de lignina e 38,0% de hemicelulose. Se desconsiderar o fator econômico, quimicamente o capim brachiaria é viável para produzir celulose, pois tem elevadas concentrações de

A seção "Experimentação no ensino de Química" descreve experimentos cuja implementação e interpretação contribuem para a construção de conceitos científicos por parte dos alunos. Os materiais e reagentes usados são facilmente encontráveis, permitindo a realização dos experimentos em qualquer escola.

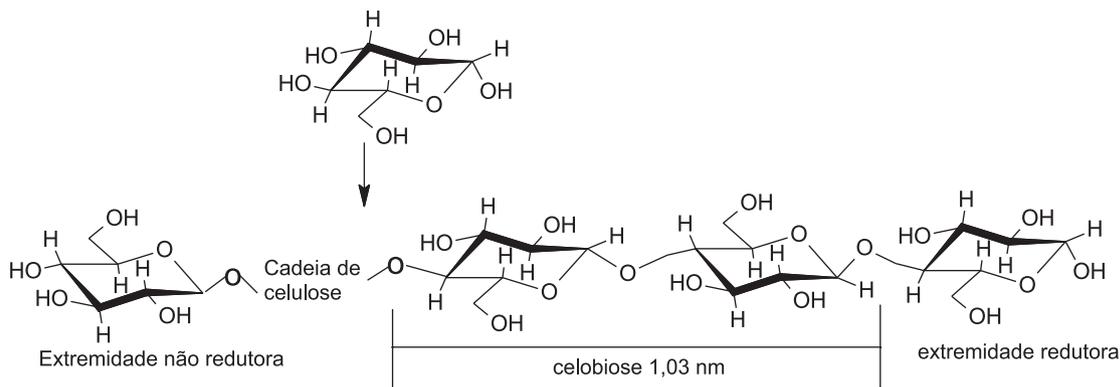


Figura 1: Estrutura química da celulose (Klemm *et al.*, 1998; Morgado, 2009).

celulose e o processo de polpação é facilitado devido ao fato de possuir maior área de superfície em relação à madeira.

Neste trabalho é possível verificar que a produção de papel e celulose a partir do capim brachiaria é viável como instrumento didático para evidenciar na prática as relações entre a indústria de papel e celulose e o meio ambiente. Essa prática de laboratório em cursos técnicos de nível médio na área de química e em áreas correlatas pode ajudar o aluno a ter uma visão real sobre a importância da indústria de papel e celulose no Brasil.

O principal objetivo deste trabalho é mostrar que, através de reagentes baratos e de fácil obtenção, equipamentos simples e com um vegetal abundante nos pastos e terrenos baldios, pode-se produzir celulose, desmistificar o processo de produção da indústria de papel e celulose e evidenciar a química e a fisiologia do reino vegetal. O objetivo pedagógico é mostrar aos alunos que é possível produzir papel com qualquer vegetal, e também evidenciar e discutir a fisiologia vegetal através dos resíduos formados no processo de polpação do capim.

Materiais

Materiais

O hidróxido de sódio (P.A.) (NaOH) com pureza mínima de 96,0% (m/m) e o hipoclorito de cálcio (Ca(ClO)₂) com pureza mínima de 98,0% foram obtidos comercialmente. O capim brachiaria foi coletado em um terreno urbano na cidade de Cerquilha-SP. As peneiras retangulares foram produzidas com tela de polietileno com malha de 1 mm e moldura de madeira com diâmetros de 30 × 21 cm.

Preparação do capim brachiaria

O capim brachiaria foi transferido para um moinho de facas e moído. Em seguida foi colocado em estufa a 60 °C até obter massa constante. Após a moagem foi armazenado em dessecador de sílica.

Determinação de celulose no capim brachiaria

O teor de α-celulose é a porção de celulose de maior grau de polimerização e, portanto, de maior massa molecular. Esta celulose é caracterizada por ser insolúvel em uma solução aquosa de NaOH 17,5% (m/m), portanto, equivale ao teor de celulose pura de um material. O teor de α-celulose foi determinado através da norma TAPPI T222 om-88 (TAPPI, 1999).

Polpação do capim brachiaria

Em um mini reator de aço inox com capacidade para 3 litros foram adicionados 110,000 gramas de capim Brachiaria seco e 500 mL de solução de NaOH 2 M. Em seguida, foi realizado o cozimento do capim com temperatura de aproximadamente 120 °C e 5 atm de pressão durante 75 minutos.

O principal objetivo deste trabalho é mostrar que, através de reagentes baratos e de fácil obtenção, equipamentos simples e com um vegetal abundante nos pastos e terrenos baldios, pode-se produzir celulose, desmistificar o processo de produção da indústria de papel e celulose e evidenciar a química e a fisiologia do reino vegetal. O objetivo pedagógico é mostrar aos alunos que é possível produzir papel com qualquer vegetal, e também evidenciar e discutir a fisiologia vegetal através dos resíduos formados no processo de polpação do capim.

Branqueamento da polpa de celulose

Após o resfriamento do reator, a mistura de licor negro e celulose foi filtrada em peneira com malha de 1 mm. As fibras de celulose que ficaram retidas no filtro foram lavadas com água corrente e o pH foi neutralizado com solução de H₂SO₄ 1 M até o pH chegar a aproximadamente 7,0. Em seguida foi adicionado solução de Ca(ClO)₂ 20% (m/v) até o branqueamento total das fibras. As fibras foram lavadas com água para retirar o excesso

de hipoclorito de cálcio e secas em estufa a 80 °C até obter massa constante.

Produção de papel branqueado

Em uma bandeja de polietileno com tamanho suficiente para caber a peneira retangular (30 × 21 cm) foram adicionados 4 litros de água e aproximadamente 30 gramas de celulose branqueada. O sistema foi homogeneizado até obter uma suspensão com boa distribuição de fibras de celulose. A suspensão de celulose foi peneirada com a peneira

retangular sucessivamente até as fibras cobrirem toda a malha da peneira de maneira uniforme. Em seguida, a peneira foi levada em estufa com temperatura de 80 °C durante 24 horas. O rendimento da produção de celulose foi calculado pela seguinte equação:

$$R = \left(\frac{\%R}{\%T} \right) \times 100 \quad (1)$$

onde %R é o rendimento real e %T é o percentual de α -celulose.

Resultados e Discussão

Determinação de celulose no capim brachiaria

Os resultados obtidos nas análises de determinação de α -celulose corroboram a literatura científica (Gobbi *et al.*, 2005). O resultado que nós obtivemos foi $37,4 \pm 0,5\%$ de celulose. O rendimento da produção de celulose foi bom, pois com 110,000 gramas de capim brachiaria foram extraídos 32,021 gramas de celulose, o que equivale a 29,11% (m/m). Desta forma, aplicando-se a eq. 1, chegamos ao valor de 77,83% de rendimento no processo.

118

Branqueamento da polpa de celulose e produção do papel

Nas indústrias de papel e celulose existem vários processos de branqueamento da polpa de celulose. A ozonólise é um dos processos, e consiste no uso de ozônio (O_3) em meio ácido. A ozonólise modifica a estrutura química da lignina, conseqüentemente, a mesma deixa de apresentar a cor marrom escuro (Bajpai, 2012). Porém, o branqueamento

também pode ser realizado com hipoclorito de cálcio. A Figura 2 mostra a celulose antes e após o branqueamento químico com $Ca(ClO_2)_2$.



Figura 2: Celulose antes e depois do branqueamento químico.

De acordo com Biermann (1996), o branqueamento químico ocorre devido à oxidação da lignina residual; na reação de oxidação, os produtos formados não absorvem radiação na região do visível.

Após a filtração da celulose, uma fração do licor negro foi seco em estufa e os sólidos foram observados em microscópio de luz (Figura 3). Foi observada uma mistura de um pó marrom (formado por lignina, hemiceluloses, entre outros compostos) e muitos cristais. Um pequeno cristal foi retirado, colocado em tubo de ensaio e dissolvido em 1 mL de água destilada, em seguida foi tratado com reagente de Molish. O teste foi positivo para carboidratos. Desta forma, concluímos que eram cristais de hemicelulose do capim

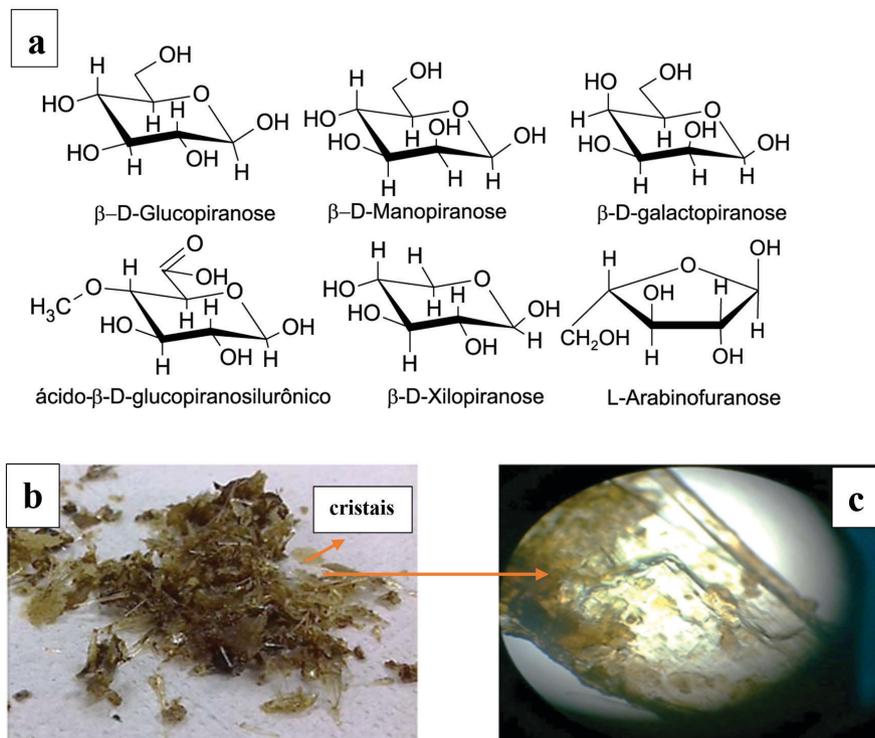


Figura 3: (a) Estruturas químicas dos principais carboidratos presentes na hemicelulose; (b) cristais de hemicelulose misturados com lignina; (c) imagem de microscopia de luz de um cristal de hemicelulose encontrado no licor negro desidratado.

brachiaria. Biermann (1996) relata que a hemicelulose é constituída majoritariamente por seis carboidratos. A Figura 3 mostra a estrutura química desses carboidratos.

O método adotado na produção das folhas de papel foi bem-sucedido: foi possível produzir papel com distribuição homogênea de fibras e um papel de boa qualidade. A Figura 4 mostra a peneira retangular e a folha de papel produzida com capim brachiaria.

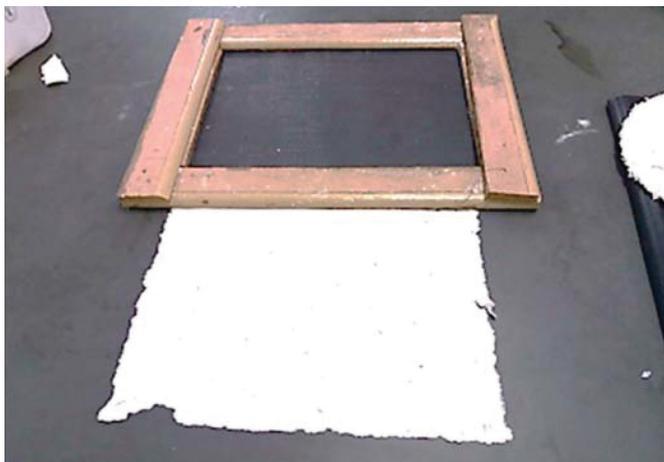


Figura 4: Peneira retangular usada na produção do papel e a folha de papel produzida com capim brachiaria.

Para avaliar a distribuição das fibras foi realizado uma gramatura, no qual pedaços de $2,5 \times 2,5$ cm foram cortados em diversos lugares da folha de papel e pesados em balança analítica. A gramatura foi calculada pela equação 2:

$$G = \frac{mp}{A} \quad (2)$$

onde “mp” é a massa do papel em gramas e “A” a área amostra em m^2 . A gramatura foi realizada com três amostras e o resultado obtido foi $52,840 \pm 2,104 \text{ g/m}^2$. Como o desvio padrão foi baixo, significa que a distribuição das fibras na folha de papel foi boa.

Considerações pedagógicas

Esta prática de laboratório abrange e estimula competências multidisciplinares, pois envolve biologia, química e matemática. A biologia é envolvida quando relatamos sobre a estrutura das células vegetais e sua composição química. A química obviamente é a ciência mais representativa nesta prática, pois desde a determinação da concentração de α -celulose até a produção do papel são usados princípios de química básica. A matemática está inserida nos cálculos de rendimentos e no desvio padrão da distribuição das fibras de celulose no papel (gramatura).

Conclusões

Este experimento pode ser um instrumento para evidenciar a importância da indústria de papel e celulose em aulas de ciências do ensino médio, cursos técnicos em química,

papel e celulose, cursos de graduação da área de química, etc. O experimento pode ajudar o professor a discutir a estrutura dos vegetais através de análises dos resíduos da polpação (licor negro). A prática evidencia a importância da química no nosso cotidiano, pois, para produzir um simples papel, são necessárias muitas etapas e aplicações de alguns princípios básicos da química.

Considerações Finais

Essa prática pode ser realizada mesmo em escolas que não possuem laboratórios equipados. O mini reator de aço inox pode ser substituído por uma panela de pressão de inox (não realizar a polpação em panela de alumínio, pois o NaOH a quente oxida o alumínio rapidamente). Caso não possua $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ P.A., é possível substituir por hipoclorito de cálcio vendido em lojas de produtos para piscinas. O NaOH (soda cáustica) pode ser encontrado em supermercados. A peneira para produzir o papel pode ser produzida com tela usada em janelas para proteção de insetos.

Nota

Os autores são professores e alunos da Escola Técnica Estadual (Etec) Sales Gomes, 18270-020, Tatuí, São Paulo-Brasil.

André Martins Senna (decaosenna@hotmail.com) possui graduação em Química (licenciatura e bacharelado), mestre em Ciência dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (UFScar), e é doutor em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Atualmente é professor de Química no Centro Paula Souza na ETEC Sales Gomes em Tatuí, SP. Tatuí, SP – BR. **José Benedito Menezes** (jose.menezes1@etec.sp.gov.br) possui graduação em Química e Física (licenciatura) pela Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP). Atualmente é professor de Química no Centro Paula Souza e professor de Química e Física no colégio Anglo em Tatuí, SP. Tatuí, SP – BR. **Flávia V. S. Batista** (flaviavaleria@outlook.com) é aluna do curso técnico em Química na ETEC Sales Gomes em Tatuí, SP. Tatuí, SP – BR. **Guilherme S. Ribeiro** (guilhermesr.gr@gmail.com) é aluno do curso técnico em Química na ETEC Sales Gomes em Tatuí, SP. Tatuí, SP – BR. **Melissa Oliveira de Godoy** (godoy.melissa5@gmail.com) é aluna do curso técnico em Química na ETEC Sales Gomes em Tatuí, SP. Tatuí, SP – BR.

Referências

- BIERMANN, C. J. *Handbook of pulping and papermaking*. Amsterdã: Elsevier Science & Technology Books, 1996.
- BAJPAI, P. *Environmentally benign approaches for pulp bleaching*. Amsterdã: Elsevier B.V., 2012.
- GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; GARCEZ, A. F. N.; PEREIRA, O. P.; BERNARDINO, F. S. e ROCHA, F. C. Composição química e digestibilidade *in vitro* do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. tratado com uréia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 3, p. 720-725, 2005.
- HON, D. N. S. Cellulose: a random walk along its historical path. *Cellulose*, n. 1, p. 1-25, 1994.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. *Ibá divulga resultado da indústria florestal*, 2016. Disponível em <http://iba.org/pt/9-conteudo-pt/763-iba-divulga-resultado-da-industria-florestal>, acessada em Abril 2018.

KLEMM, D.; HEUBLEIN, B.; FINK, H. P. e BOHN A. Cellulose: fascinating biopolymer and sustainable raw material. *Angewandte Chemie International Edition*, v. 44, n. 22, p. 3358-3393, 2005.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L. e COX, M. *Princípios de bioquímica*. São Paulo: Sarvier, 1995.

MORGADO, D. L. *Biocompósitos a partir de linter: filmes de acetato de celulose/celulose e quitosana/celulose*. Tese (Doutorado em Ciências (Físico-Química)). IQSC/USP, São Carlos, 2009.

TAPPI. *TAPPI TEST METHOD T222 om-88: acid insoluble lignin in wood and pulp*. Atlanta: Tappi Press, 1999.

Abstract: *Pulp Production and Bleached Paper Derived from Brachiaria Grass (Brachiaria decumbens)*. This work was carried out in practical classes in the technical course in chemistry integrated high school in order to highlight the processes involved in pulp production. Brachiaria grass was chosen because it is very common in Brazil, and also to show that it is possible to obtain cellulose from any vegetable. The grass was chopped and oven dried at 60 ° C until constant weight, then the cellulose concentration was determined by chemical analysis. In a stainless steel reactor, the soda pulping process was carried out. After pulping, the pulp was filtered to separate the cellulose fibers from the black liquor, the fibers retained on the sieve were washed with water, neutralized with a sulfuric acid solution and bleached with a concentrated solution of calcium hypochlorite. The paper has been produced by sieving and drying of the cellulose fibers which were in aqueous suspension. A fraction of the black liquor was dehydrated to characterize the presence of lignin and hemicellulose.

Keywords: paper, cellulose, brachiaria grass