

BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR - IMPORTANTE MATÉRIA-PRIMA PARA
CELULOSE

LUIZ ERNESTO GEORGE BARRICHELO
CELSO EDMUNDO BOCHETTI FOELKEL

Secção de Química Celulose e Papel
Departamento de Silvicultura
Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz" - Universidade
de São Paulo

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é atualmente o 14º produtor mundial de papel e o 11º produtor de celulose tendo produzido em 1974 respectivamente, 1,84 e 1,1 milhão de toneladas. O Programa Nacional de Papel e Celulose (PNPC) aprovado em dezembro último pelo Presidente Geisel, com investimentos fixos de 20 bilhões de cruzeiros pretende até 1980 elevar a produção de papel para 3,68 milhões de toneladas e de celulose para 4,20 milhões. Além de atingirmos a auto-suficiência o Brasil deverá exportar inicialmente 1,2 milhão de celulose com notável economia de divisas. A longo prazo a previsão é chegar a exportar 20 milhões de toneladas, o que permitirá uma receita acumulada de mais de 50 bilhões de dólares em duas décadas.

Para se atingir tão ambicioso plano é fundamental a existência de matéria-prima fibrosa em quantidade suficiente e qualidade adequada. Como a indústria nacional de celulose emprega principalmente madeiras tanto de coníferas como de folhosas, o próprio PNPC prevendo a necessidade urgente dessa matéria-prima preconizou a criação de 12 "distritos florestais" com 140 mil hectares cada um até 1979 como parte de um plano de 30 a longo prazo. A área a ser coberta pelo programa é de 4,2 milhões de hectares, sendo que cada distrito será suficiente para a instalação de 2 indústrias produzindo 1.000 t de celulose/dia cada.

No Brasil, desde 1966, ano do lançamento dos incentivos fiscais, até 1974 foram reflorestados cerca de 1.582 mil hectares que praticamente equivalem a 11 distritos florestais.

Para se alcançar as metas de exportações sugeridas, o PNPC prevê a utilização de outras matérias-primas não lenhosas dando particular destaque ao bagaço de cana-de-açúcar, sub-produto da indústria açucareira e usado geralmente como combustível:

"A produção de pasta química e semiquímica no Brasil, a partir do aproveitamento do bagaço de cana, atingiu, em 1973, a 50.000 toneladas. Isto representa a utilização de apenas cerca de 3% da disponibilidade nacional de bagaço. O aproveitamento mais intensivo desta reserva apresenta, pois, ampla possibilidade para o aumento da produção brasileira de celulose. A quantificação de um programa de grande porte de produção de celulose, a partir do bagaço, só seria possível depois de maiores estudos técnico-econômicos, mas pode-se considerar possível, já em 1980, a produção de 150.000 toneladas de uma meta, a longo prazo, de 1 milhão, correspondendo à utilização, para celulose, de apenas 20% do total de bagaço existente a partir de 1980.

Considerando-se a instalação de usinas visando à fabricação exclusiva de álcool para adição à gasolina, pode-se prever uma disponibilidade ainda maior de bagaço para produção de celulose.

Projetos de aproveitamento de cana-de-açúcar, para fabricação exclusiva de álcool, necessitam, para queima, de uma quantidade de bagaço equivalente a, apenas, 30% do total produzido.

Desta forma, a conjugação de fábricas de celulose às usinas de álcool poderá mostrar-se bastante vantajosa, uma vez que estas poderiam utilizar, para queima, a medula do bagaço, ou seja, aquela parte que não se presta para a fabricação de celulose, podendo a fábrica de polpa obter a matéria-prima praticamente a custo zero."

A quantidade de bagaço que será disponível na corrente safra de 1975/76 será da ordem de 8,6 milhões de toneladas secas, suficiente para a produção teórica de cerca de 3 milhões de toneladas de celulose branqueada, praticamente o triplo da produção atual brasileira.

Com o avanço da moderna tecnologia hoje já é possível se produzir papéis de excelentes qualidades a partir de celulose de bagaço.

Esta matéria-prima deverá ocupar a curto prazo uma posição de real destaque no cenário celulósico-papeleiro. Ainda mais se considerarmos que o bagaço é produzido anualmente ao contrário de outras matérias-primas cujos ciclos oscilam de 5 a 15 anos com crescentes encarecimentos em suas produções, transportes e abastecimentos.

2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA MATÉRIA-PRIMA

2.1. Composição tecnológica do colmo da cana-de-açúcar

Para fins tecnológicos, o colmo da cana-de-açúcar é dividido em dois componentes básicos: caldo absoluto e fibra. Entende-se por caldo o conjunto de todos os sólidos dissolvidos em água que a cana contém. Por fibra entende-se a fração celular seca. Em termos percentuais, o caldo representa em média 88% e a fibra 12% do peso da cana.

Extraído o caldo da cana-de-açúcar, resta um produto fibroso denominado bagaço. Em função do teor de fibra da cana (12%) e da porcentagem de umidade com que emerge dos processos de extração (50%), verifica-se que a proporção média de bagaço por tonelada de cana é de 250 kg. Admitindo-se um rendimento médio da cultura de cana como 60 ton/ha/ano, obtém-se anualmente como resíduo 15 toneladas de bagaço fresco por hectare de cultura. Isso, se transformado em celulose, fornece aproximadamente 2,5 toneladas de celulose branqueada.

2.2. Composição anatômica do bagaço

O bagaço apresenta inúmeras variáveis que afetam sua perfeita caracterização. A maioria destas variáveis constituem-se em práticas agrícolas e industriais e nas quais se possui pouco controle. Variedades de cana, condições climáticas e edafológicas, métodos de cultivo e colheita, moagem da cana para remoção do caldo, etc., afetam importantes características do bagaço, como por exemplo, comprimento da fibra, teor de medula, armazenamento e grau de danos às fibras.

As variáveis onde é possível um melhor controle são: perdas de qualidade e rendimento no armazenamento causadas por fermentação, separação da medula para produção de celulose de melhor qualidade, modificação das condições de conversão a celulose para maximizar qualidade e rendimentos.

Conforme se pode observar, o bagaço é um material bastante heterogêneo. De forma geral, o bagaço vem a ser a parte celular do colmo da cana-de-açúcar que consiste de fibras e de medula, nas proporções aproximadas de 65% para 35%, conforme é apresentado no Quadro I.

Quadro I: Composição histológica do bagaço.

Células do parênquima	30%
Células epidérmicas	5%
<u>Medula</u>	35%
Feixes fibro-vasculares	15%
Feixes fibrosos do córtex	50%
<u>Fibras</u>	65%

A expressão medula não é correta pois não se constitui histologicamente num tecido primário, oriundo dos ápices meristemáticos como em dicotiledôneas. Em corte transversal do colmo, observa-se que a medula ocupa toda a área da seção, distribuindo-se irregularmente. A medula, embora quimicamente semelhante à fibra, possui estrutura, forma e dimensões completamente diferentes desta. É constituída de células curtas, geométricas, de dimensões quase iguais em todos os sentidos. Constituem um tecido fundamen -

tal que é responsável pelo armazenamento do caldo, com altos teores de açúcar.

As fibras são células longas e estreitas, com relação comprimento/largura próxima a 85 e com extremidades afiladas. Dimensionalmente guardam acentuada diferença das células de medula, segundo se pode notar no Quadro II. São também apresentados neste quadro, dimensões médias de fibras de madeiras de coníferas e folhosas.

Quadro II: Características dimensionais do bagaço.

Matéria-prima	Comprimento (mm)	Largura (μ)	Espessura da parede (μ)	Relação comprimento/largura
Bagaço				
- fibras	1,70	20	7,0	85
- parênquima	0,64	48	5,7	15
- vasos	0,25	126	7,6	2
Madeiras				
- coníferas	3,5	40	7	85
- folhosas	1,5	20	5	70

Pode-se verificar que as fibras de bagaço são similares às de madeiras de folhosas e menores que as fibras de coníferas.

2.3. Composição química do bagaço

O bagaço, tal como emerge da usina, além da água utilizada na embebição e do caldo residual possui como principal constituinte a celulose.

Segundo VALSECHI (1968) a composição média do bagaço fresco de cana-de-açúcar é a que consta do Quadro III e a sua composição centesimal é apresentada no Quadro IV.

Quadro III: Composição média do bagaço fresco, conforme VALSECHI (1968).

Componentes	%
Umidade	48,0
Fibra	45,5
Sacarose	4,5
Açúcares redutores	0,5
Cinzas	1,5

Quadro IV: Composição centesimal média do bagaço fresco, conforme VALSECHI (1968).

Componentes	%
Carbono	47,0
Hidrogênio	6,5
Oxigênio	45,0
Cinzas	1,5

A composição química do bagaço seco ao ar e expressa em termos de matéria seca, é semelhante à das madeiras de folhosas. O Quadro V mostra a composição química de algumas madeiras de folhosas e coníferas em comparação com a composição do bagaço integral, medula e fibras.

Quadro V: Composição química do bagaço de cana de açúcar (%).

Componentes	Bagaço			Eucalip- to	Pinus
	Integral	Medula	Fibra		
Solubilidade em					
água fria	1,9	2,1	1,7	2,3	1,5
água quente	3,4	4,1	2,7	4,7	2,5
NaOH 1%	33,5	40,0	31,8	17,8	8,5
álcool/benzeno	2,1	2,8	1,9	1,6	2,2
Teor de					
celulose Cross & Bevan	53,5	52,5	60,5	61,0	50,5
alfa-celulose	40,1	34,3	42,8	44,2	41,7
pentosanas	39,0	29,5	30,6	21,2	10,0
lignina	22,9	24,0	22,8	16,8	30,5
cinzas	1,5	3,4	1,0	0,2	0,3

Em razão da variabilidade dos resultados, as opiniões dos autores acerca das diferenças em composição química da medula e da fibra são contraditórias. Assim enquanto alguns admitem que as diferenças químicas entre a fração fibrosa e a fração medular são mínimas, exceto no teor de cinzas, outros demonstram que a medula é mais rica em extrativos e lignina e mais pobre em celulose e pentosanas.

O Quadro VI mostra o resultado da hidrólise do bagaço integral segundo BROWNE (1906).

Quadro VI: Hidrólise do bagaço.

Componentes	%
Celulosas	55
Xilanas	20
Arabanas	4
Lignina	15
Ácido acético	6

2.4. Usos do bagaço

O bagaço de cana constitui-se em matéria-prima principal ou secundária para inúmeras indústrias, entre as quais podem ser citadas: celulose para papel, alfa-celulose para rayon, plásticos, lacas, álcool, açúcares, glicose, carvão, gás combustível, produtos de destilação seca, chapas, rações, furfurool, etc.

3. PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE CELULOSE

De uma maneira geral os processos de produção de celulose são classificados em três grupos: mecânico, químicos e semi-químicos. A estes se somam uma série de outros que são variações ou intermediários dos citados.

Para o caso específico do bagaço de cana-de-açúcar assumem importância os químicos e semi-químicos dependendo do uso final da celulose. Especificamente os processos são:

- a) Processo cal
- b) Processo soda
- c) Processo sulfato ou kraft
- d) Processo soda-cloro
- e) Processo sulfito ácido
- f) Processo sulfito alcalino
- g) Processo sulfito neutro
- h) Processo monossulfito

Na produção comercial de celulose de bagaço o sucesso do empreendimento depende fundamentalmente do preço de coleta, transporte, manuseio e estocagem da matéria-prima.

Nesta fase inicial do processamento ATCHISON (1971) apresenta os principais problemas envolvidos que são:

- a) Manuseio de grandes volumes de material volumoso num período de tempo relativamente curto, ao mesmo tempo que as operações de carregamento e transporte da cana já estão sobrecarregados.
- b) Necessidade de armazenar e preservar sob condições uniformes de forma a reduzir ao mínimo a perda de fibras e manter uma qualidade homogênea do produto.
- c) Necessidade de empregar grande quantidade de mão-de-obra nas atividades de enfardamento e armazenamento durante curto período do ano.
- d) Necessidade de remover e manusear a fibra tão rapidamente quanto ela é disponível na usina de forma a não in -

terromper as operações normais da mesma.

e) Perigos de fogo quando grandes quantidades de bagaço são armazenadas em um só local e os resultantes custos de prevenção.

f) Problemas de doenças pulmonares quando do manuseio do bagaço seco depois de ter sido armazenado.

g) Alto teor de umidade quando ele deixa a usina de açúcar.

Como assinalado anteriormente há a necessidade de se armazenar o bagaço em nosso meio dado o fato da safra açucareira ocupar normalmente 5 a 6 meses do ano e as indústrias de celulose operarem o ano todo.

A fim de se evitar os inconvenientes e prejuízos citados foram desenvolvidos diversos métodos de armazenamento muitos dos quais estão em uso com sucesso. Os principais são:

- a) Armazenamento na forma de fardos.
- b) Armazenamento a granel e úmido.
- c) Armazenamento a seco após desmedulamento e secagem artificial.

Por razões de ordem econômica o processo de armazenamento mais difundido em nosso país é sob a forma de fardos. Assim que o bagaço sai das moendas da usina passa por uma enfardadeira que produz fardos pesando 25 a 30 kg de fácil manuseio.

Outra operação importante na produção de celulose de bagaço de alta qualidade é o desmedulamento. MUSSI (1970) afirma que a remoção da medula ainda é motivo de controvérsias e se mostra favorável pelos seguintes motivos:

a) Menor consumo de reagentes químicos durante o cozimento. As células da medula dão um rendimento menor em celulose.

b) Os reagentes alcalinos têm tendência de serem absorvidos com maior rapidez pela fração medular do bagaço.

c) A celulose com maior conteúdo de finos e fibras volumosas dificulta a drenagem da água obstruindo as telas dos lavadores e máquinas de papel o que impede maior velocidade dos mesmos com conseqüente diminuição na produção.

d) A dificuldade de drenagem provoca um vazio maior nas caixas de vácuo das máquinas de papel diminuindo a durabilidade das telas.

e) Devido ao maior conteúdo de pentosanas os papéis resultam mais duros e mais transparentes. A falta de opacidade é um inconveniente para os papéis de impressão, porém benéfica para os tipos impermeáveis.

Os principais métodos de desmedulamento podem ser classificados em três grupos:

a) Desmedulamento a seco, que compreende a separação da medula após o bagaço sofrer secagem artificial ou durante o armazenamento.

b) Desmedulamento a úmido, no qual o bagaço é desmedulado da maneira que vem da usina, normalmente com 50% de umidade.

c) Desmedulamento em água ou molhado, no qual o mesmo é conduzido com o bagaço suspenso em água.

Muitas variações destes métodos são descritos na literatura especializada. Entretanto, para a maioria dos casos, a melhor solução para o desmedulamento envolve uma combinação de pelo menos duas formas das anteriormente citadas: uma primeira com desmedulamento a seco ou a úmido seguida de uma segunda fase com desmedulamento molhado.

A medula resultante do desmedulamento pode ser usada como combustível, adubo ou na produção de furfural, rações, proteínas, etc.

Após o desmedulamento as fibras do bagaço estão em condições de serem processadas. As principais fases do processamento são convencionais e podem ser sumarizadas como segue:

- a) Digestão ou cozimento contínuo ou descontínuo.
- b) Depuração e lavagem.
- c) Branqueamento (se for o caso).
- d) Formação de folhas e secagem (se for o caso) .
- e) Recuperação dos reagentes químicos.

4. PROPRIEDADES E USOS DA CELULOSE DE BAGAÇO

Atualmente, tamanha tem sido a ênfase dada ao uso do bagaço na fabricação de celulose para papel e de alfa-celulose para rayon que alguns autores chegam a admitir ser o bagaço o principal produto da cana-de-açúcar.

Desde que o bagaço sofra uma purificação com a eliminação da medula, obtém-se celuloses de qualidade para a produção de diversos tipos de papéis, principalmente para escrita, impressão , papel jornal, papéis de parede, capas para papelão ondulado, papéis de embalagem, etc.

A celulose de bagaço é ainda recomendada para pape - lões e cartolinas onde as exigências para resistência mecânica são mínimas.

Teores crescentes de medula no bagaço convertido a papel promovem decréscimo na resistência e opacidade do mesmo. A eliminação total da medula, embora utópica do ponto de vista industrial, conduz a celulose de excelente qualidade.

B I B L I O G R A F I A

- VALSECHI, O. - 1968 - "A cana-de-açúcar como matéria-prima para a indústria", Brasil Açucareiro 72(4):23-39.
- BROWNE, C. - 1906 - "The composition of sugar cane and its products in Louisiana, Int. Sug. J. VIII(90):310-316.
- ATCHISON, J.E. - 1971 - "Review of Progress with Bagasse for Use in Industry". Proceedings of I.S.S.C.T. XIV Congress. pp:1189-1201.
- MUSSI, F. - 1970 - "Bagazo, importante materia prima para satisfacer necesidades nacionales". O Papel, XXXI(8):57-70.