

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agrônômico do Estado de S. Paulo

Vol. 29

Campinas, janeiro de 1970

N.º 2

BAMBU COMO MATÉRIA PRIMA PARA PAPEL — ESTUDO DE PROCESSOS DE COZIMENTO EM MATERIAL DE *BAMBUSA TULDOIDES* MUNRO (1)

DIRCEU CIARAMELLO, *engenheiro-agrônomo, Seção de Plantas Fibrosas, Instituto Agrônômico*

SINOPSE

Três processos de cozimento — soda, soda-enxôfre e sulfito neutro de sódio — com várias dosagens de reagente, foram estudados para a obtenção de pasta crua para papel, com material de *Bambusa tuldoides* Munro. Os maiores rendimentos foram obtidos com o sulfito neutro, seguido do soda-enxôfre. O emprêgo exclusivo da soda, em dosagem igual ou superior a 20% do pêso sêco dos cavacos, trouxe queda no rendimento.

Nos testes físico-mecânicos, os papéis se mostraram altamente porosos e resistentes ao rasgo, mostrando-se o material promissor na produção de pasta não branqueada, semelhante a “kraft” de pinheiros. As diferenças, entre os diversos cozimentos, com relação às características do papel foram pouco acentuadas. Para a produção de celulose branqueada, o processo soda-enxôfre, com 22% de NaOH e 2,2% de S, foi o mais promissor.

1 — INTRODUÇÃO

O consumo médio de papel por habitante e por ano no Brasil é de pouco mais que 10 kg, situando-se em 55.º lugar na classificação mundial. Esse consumo, comparado ao de países mais evoluídos, como os Estados Unidos, Suécia e Canadá, com respectivamente 240, 150 e 140 kg por habitante por ano, mostra o quanto se torna necessário evoluir. Com uma produção de 380.000 toneladas em 1966, o Brasil ocupa o 16.º lugar na classificação mundial (2), estando em condições de praticamente atender às suas necessidades.

(1) Recebido para publicação em 12 de fevereiro de 1969.

Levando-se em conta a melhoria de educação por que passa o País, o aumento populacional e as possibilidades de exportação, pode-se prever necessidade de maiores produções pela indústria de celulose e papel. Realmente essa indústria vem acompanhando o progresso com melhorias na quantidade e na qualidade.

As espécies vegetais arbóreas, especialmente os eucaliptos, têm fornecido a grande maioria do material básico para essa indústria. Outras espécies vegetais podem ser empregadas: algumas, por conferirem características especiais aos papéis, e outras, por questões agrícolas ou mesmo locais.

As regiões tropicais são carentes de plantações de espécies resinosas, produtoras de fibras longas. Nessas mesmas regiões é possível, em prazo relativamente curto, obter produções elevadas de bambu, planta também produtora de fibras longas. Estimulado pelo exuberante crescimento apresentado por algumas espécies tropicais de bambu na região centro-sul do país, o Instituto Agrônomo de Campinas vem, há um decênio, procedendo à importação de espécies dessa gramínea, cujo material, reunido em coleções ou em experimentos de campo, fornece a matéria prima vegetal para este estudo, que se inicia com *Bambusa tuldoides* Munro.

Neste trabalho procurou-se determinar não apenas as características físico-mecânicas da pasta produzida pela espécie mencionada, mas também desenvolver uma norma de trabalho que oriente os estudos a serem realizados com outras espécies, principalmente no que se refira a cozimentos. Embora gramíneas tenham sido empregadas pela indústria de papel desde 1851, a literatura sobre suas aplicações é bastante reduzida, e muito mais escassa quando se procura estudar o bambu. Estudos mais detalhados sobre seu aproveitamento são pela primeira vez relatados por Raitt (5), que, após 15 anos de estudos, concluiu que o bambu se presta para a produção de celulose de boa qualidade, não branqueável, empregando-se o processo sulfato, ao passo que para o branqueamento o processo fracionado dá os melhores resultados. Ista e Raekelboom (3), estudando algumas espécies de bambu provenientes do Congo ex-Belga, obtiveram, pelo processo soda-enxôfre, celulose pouco inferior a "kraft" de *Pinus silvestris* e rendimento médio acima de 50%. Para *Bambusa tuldoides*, Redko e Mazzei (4) obtiveram rendimento médio de 41% de pasta crua, em um estudo em que diversos processos de cozimento foram testados.

2 — MATERIAL E MÉTODO

2.1 — ESPÉCIE VEGETAL

Originário da China (1), *B. tuldoides* foi trazida ao Brasil, no início da colonização, pelos imigrantes portugueses. Aclimatou-se tão bem e teve tal difusão a ponto de alguns botânicos chegarem a considerá-la espécie brasileira, o que não é verdade.

Em condições normais de crescimento forma touceiras densas, com aproximadamente 12 metros de altura (figura 1). Os colmos pesam ao redor de 5 kg, são de coloração verde-escura, brilhante, tomando tonalidade amarelada à medida que envelhecem; são de boa consistência, têm ao redor de 5 cm de diâmetro e entrenós com 30 a 40 cm.

Esta é a espécie de bambu mais difundida pelas propriedades agrícolas, empregada principalmente no estaqueamento de plantas hortícolas.



Figura 1. — Touceiras de *Bambusa tuldoides*, bastante antigas, não se notando distinção entre elas. Estação Experimental "Theodoreto de Camargo", Instituto Agrônomico.

Para êste estudo utilizaram-se colmos com idades variando de 2 a 4 anos, retirados de touceiras com quase 20 anos de idade, vegetando em Latossolo Roxo, na E. E. "Theodoreto de Camargo", em Campinas. Ainda em estado verde, êsses colmos foram picados manualmente, de maneira a produzir cavacos com dimensões próximas das empregadas pela indústria. Tomaram-se amostras para a determinação do teor de umidade, submetendo o material, ainda úmido, aos diversos cozimentos.

2.2 — COZIMENTOS

Para a execução dos cozimentos empregou-se autoclave de laboratório, cilíndrica, com 20 litros de volume, revestida internamente de aço inoxidável, aquecida elêtricamente e girando a duas voltas por minuto. Usou-se sempre um mesmo esquema de cocção, com elevação da temperatura durante duas horas, até atingir 160°C, temperatura esta mantida por mais duas horas, seguindo-se a degasagem até 100°C em 1 hora. A concentração de lixívia foi sempre de 5%, na base de NaOH, variando a quantidade de reagentes de 16% a 22% do pêso sêco dos cavacos e variando por conseguinte a relação entre êsses pêsos e o volume do licor empregado nos cozimentos.

Usando-se 18% ou mais de NaOH, só ou com enxôfre, os cavacos mostraram-se perfeitamente cozidos, liberando as fibras quando submetidos a uma simples operação de lavagem. Nos demais casos mostraram-se perfeitamente amolecidos, requerendo, porém, a passagem por um desfibrador. Tal desfibragem foi executada com o auxílio de uma pilha holandesa, com distância máxima entre as barras, por um minuto.

Após intensa lavagem da celulose tomaram-se amostras para determinação do teor de umidade e cálculo do rendimento.

2.3 — PREPARO DAS FÔLHAS DE PROVA

Com a pasta úmida procedeu-se à refinação em moinho centrífugal Jokkro, usando-se 16 gramas de pasta absolutamente sêca, com 6% de consistência. Usaram-se 6 tempos de refinação, escalonados de 10 em 10 minutos.

Tanto as pastas refinadas como uma amostra não refinada foram desfibradas em um desfibrador modelo D.3000, Regmed, após o que foram mantidas em suspensão aquosa, em aparelho

homogenizador. Desta suspensão tirou-se uma amostra para a determinação do grau de moagem, segundo Schopper Riegler, bem como 7 amostras para o preparo das folhas destinadas aos testes físico-mecânicos, as quais deveriam ter gramatura em torno de 60. Estas foram preparadas em formador de folhas do tipo "Rapid Köethen".

2.4 — ENSAIOS FÍSICO-MECÂNICOS

Sobre folhas de prova climatizadas a 21°C e 65% de umidade relativa procedeu-se a determinação dos principais característicos físico-mecânicos.

a) *Resistência ao rasgo* — A resistência ao rasgo foi determinada em aparelho Elmendorf, modelo Ed.1600, com contrapêso de 1.600 gramas, segundo as normas ABCP. P.9/68. Utilizou-se sempre 8 folhas para cada teste, e os resultados foram calculados de acordo com a seguinte fórmula:

$$P = \frac{\text{valor da leitura} \times 16 \times 100}{\text{N.º de folhas} \times \text{gramatura}}$$

b) *Resistência ao estouro* — A resistência ao estouro foi determinada segundo a norma ABCP. P.8/67, utilizando-se aparelho Mullen, e os resultados, compreendendo a média de 10 determinações para cada cozimento e tempo de refinação, foram convertidos para Número de Estouro, que expressa a resistência ao estouro em kg/cm² convertida para folhas com gramatura 100. Para os cálculos empregou-se a seguinte fórmula:

$$NE = \frac{M}{G} \times 100$$

sendo,

$$\begin{aligned} NE &= \text{Número de estouro} \\ M &= \text{Resistência média em kg/cm}^2 \\ G &= \text{Gramatura do papel, em g/cm}^2 \end{aligned}$$

c) *Resistência à tração* — A resistência à tração foi determinada em dinamômetro com 10 cm entre garras, de acordo com a Norma ABCP. P.7/68. Os resultados foram calculados em comprimento de auto-ruptura, em metros, mediante a seguinte fórmula:

$$CR = \frac{R \times d}{Pt}$$

sendo,

CR = Comprimento de auto-ruptura, em metros.

R = Carga de ruptura, em kg.

d = Distância entre as garras, em mm.

Pt = Pêso da parte da tira compreendida entre as garras, em gramas.

d) *Resistência a duplas dobras* — A resistência a duplas dobras foi determinada num dobrador contínuo, tipo Koehler Mollin, em que as tiras de prova foram sempre submetidas a uma carga de 400 gramas durante o teste. Os resultados representam a média de 10 determinações.

e) *Porosidade* — Este característico do papel foi determinado segundo a norma ABCP. P.11/67, usando-se um porosímetro tipo Gurley. Os resultados exprimem o tempo, em segundos, para que 100 cm³ de ar atravessem uma superfície de papel igual a 6,45 cm², sob as condições especificadas de ensaio.

3 — RESULTADOS

a) *Rendimento de pasta crua* — Estudaram-se os processos — a) soda, b) soda-enxôfre e c) sulfito neutro de sódio, empregando-se para cada um deles 16, 18, 20 e 22 por cento de reagente em relação ao pêso absolutamente sêco dos cavacos. Nos dois primeiros processos os cálculos foram efetuados com base no NaOH, e no terceiro tomando-se como base o Na₂SO₃. Os rendimentos obtidos, apresentados no quadro 1, revelam ser possível obter com *Bambusa tuldoides* porcentagens de pasta celulósica crua tão elevadas como para a maioria das matérias primas empregadas pela indústria de celulose e papel. Os rendimentos foram prejudicados apenas nos cozimentos em que se empregou quantidade de NaOH igual ou superior a 20% do pêso sêco dos cavacos. O emprêgo do enxôfre atenuou a ação da soda cáustica.

QUADRO 1. — Rendimento de pasta crua de *Bambusa tuldoides*, conforme processo de cozimento e quantidade de reagente empregada

Porcentagem de reagente sobre cavacos secos	Processo Soda		Processo Soda-enxôfre		Processo Sulf. neutro de sódio	
	Celulose	N.º de permanganato	Celulose	N.º de permanganato	Celulose	N.º de permanganato
	%		%		%	
16	50,27	30,4	51,70	29,7	55,01	31,4
18	48,56	22,7	50,40	26,7	56,90	30,4
20	43,98	15,2	51,66	14,8	54,18	27,8
22	41,84	12,6	45,77	12,3	50,59	22,5

b) *Resistência ao rasgo* — A resistência do papel ao rasgo aumenta no início da refinação até 20° a 30° SR, aproximadamente, diminuindo em seguida. Para o bambu, valores relativamente altos são encontrados nas pastas bastante refinadas, conforme se pode constatar pelos dados apresentados no quadro 2, interpolados para 35° SR, 50° SR e 65° SR. Embora se constatem grandes variações nos resultados, e o esquema de trabalho adotado não permita análise estatística dos dados, verificam-se maiores valores de resistência ao rasgo para as pastas obtidas pelo processo soda.

c) *Resistência ao estouro* — A resistência do papel ao arrebentamento por estouro, expressa em kg/cm² para fôlhas de gramatura 100, mostrou-se ligeiramente superior nas pastas obtidas pelo sulfito neutro de sódio do que naquelas em que outros processos de cozimento foram adotados. Os dados obtidos em 12 cozimentos são apresentados no quadro 3.

d) *Resistência à tração* — Os valores para a resistência à tração, apresentados no quadro 4, exprimem os resultados obtidos para cada cozimento, nos diversos tempos de refinação, expressos como comprimento de auto-ruptura. Constata-se pequena superioridade para as pastas obtidas pelo sulfito neutro de sódio.

QUADRO 2. — Resistência ao rasgo, em gramas, de papel de **Bambusa tuldoides**, conforme cozimentos e graus de refinação

Cozimento		Refinação		
Processo	Porcentagem de reagente	35º SR	50º SR	65º SR
Soda	16	177,5	166,0	146,6
	18	189,0	170,7	147,5
	20	241,3	188,0	176,2
	22	316,6	265,9	190,6
Soda-enxófre	16	126,0	109,0	102,3
	18	101,1	96,4	90,0
	20	106,7	106,0	94,7
	22	161,0	133,4	129,7
Sulfito neutro de sódio	16	149,1	133,2	117,6
	18	157,1	136,2	127,1
	20	170,7	149,5	140,6
	22	156,1	147,4	136,6

QUADRO 3. — Resistência do papel de **Bambusa tuldoides** ao estouro, em kg/cm², convertida para folhas de gramatura 100 e interpolada para os diversos graus de refinação

Cozimento		Refinação		
Processo	Porcentagem de reagente	35º SR	50º SR	65º SR
Soda	16	3,50	4,04	4,20
	18	3,65	4,32	4,70
	20	3,40	4,26	4,67
	22	3,18	3,91	4,21
Soda-enxófre	16	4,39	5,04	5,07
	18	3,43	4,02	4,93
	20	2,82	3,50	3,50
	22	3,57	4,05	4,39
Sulfito neutro de sódio	16	3,87	4,49	4,76
	18	3,30	4,14	4,80
	20	4,04	4,74	5,20
	22	4,35	4,91	5,47

QUADRO 4. — Resistência do papel de *Bambusa tuldoides* à tração, calculada em comprimento de auto-ruptura, em metros

Cozimento		Refinação		
Processo	Porcentagem de reagente	35° SR	50° SR	65° SR
Soda	16	5.160	5.990	6.700
	18	6.050	6.570	7.310
	20	5.200	5.800	6.280
	22	5.090	5.670	6.240
Soda-enxôfre	16	5.830	6.360	6.880
	18	5.910	6.550	6.980
	20	5.150	5.790	6.030
	22	5.710	6.060	6.130
Sulfito neutro de sódio	16	5.860	6.530	6.740
	18	5.460	6.490	6.720
	20	5.670	6.220	6.860
	22	5.900	6.430	7.290

e) *Resistência a duplas dobras* — Os resultados obtidos para a média de 10 determinações e interpolados para os diversos graus de refinação, conforme apresentado no quadro 5, revelaram-se insuficientes para conclusões quanto ao comportamento das pastas de *Bambusa tuldoides* em relação a esse característico, face à sua grande variação. Pode-se constatar, entretanto, efeito da refinação, linear e positivo, sobre a resistência do papel às dobras.

f) *Porosidade* — Pela constituição de suas fibras, alongadas e de lúmen reduzido, as pastas de bambu produzem papel de elevada porosidade, mesmo quando bastante refinadas. No presente estudo, os resultados obtidos, apresentados no quadro 6, revelam que mesmo as pastas refinadas a 65° SR produziram papel bastante poroso, necessitando, em média, 20 segundos para que 100 cm³ de ar atravessassem uma superfície de 6,45 cm², em porosímetro Gurley. Nas pastas obtidas com soda-enxôfre as resistências à passagem do ar foram maiores que nos outros processos de cozimento, porém não a ponto de causar prejuízos quanto à porosidade do papel.

QUADRO 5. — Resistência do papel de **Bambusa tuldoides** a dobras, segundo cozimentos e graus de refinação

Cozimento		N.º de duplas dobras, segundo refinação		
Processo	Porcentagem de reagente	35º SR	50º SR	65º SR
		N.º	N.º	N.º
Soda	16	134	199	287
	18	112	238	413
	20	149	278	521
	22	146	330	597
Soda-enxôfre	16	260	500	678
	18	204	396	640
	20	55	113	152
	22	112	185	260
Sulfito neutro de sódio	16	104	193	235
	18	131	329	430
	20	186	288	400
	22	306	633	849

QUADRO 6. — Porosidade do papel de **Bambusa tuldoides**, expressa em segundos, para 100 cm³ de ar atravessarem uma superfície de 6,45 cm², em porosímetro Gurley

Cozimento		Refinação		
Processo	Porcentagem de reagente sobre M. S.	35º SR	50º SR	65º SR
		s/100 ml	s/100 ml	s/100 ml
Soda	16	2,0	7,1	13,8
	18	2,0	3,2	17,1
	20	2,3	7,1	17,6
	22	2,3	5,7	17,2
Soda-enxôfre	16	3,6	10,8	27,5
	18	4,5	8,8	42,1
	20	3,7	11,3	33,8
	22	4,4	10,3	19,5
Sulfito neutro de sódio	16	3,2	6,0	14,0
	18	2,5	4,6	19,7
	20	2,0	5,5	15,7
	22	2,1	4,5	22,3

4 — CONCLUSÃO

Comparando-se três processos de cozimento para *Bambusa tuldoides* verificou-se que com esta espécie vegetal é possível a obtenção de bons rendimentos de pasta crua, de boa qualidade. O emprêgo de NaOH, em porcentagem igual ou superior a 20% do pêso absolutamente sêco dos cavacos, ocasionou queda nos rendimentos. Esse efeito prejudicial da soda foi atenuado pela adição de 10% de enxôfre em relação ao NaOH empregado. Nos cozimentos em que se empregou o sulfito neutro de sódio os cavacos se apresentaram perfeitamente amaciados e de coloração clara, e os rendimentos foram os mais elevados.

Com relação aos testes físico-mecânicos a que o papel foi submetido, não se constataram diferenças muito acentuadas, que pudessem ser atribuídas ao tipo do cozimento ou à quantidade de reagente empregado. Como principais característicos do papel destacam-se sua alta resistência ao rasgo e à porosidade, que mesmo ao atingir 65° Schopper Riegler de refinação mostraram-se bastante elevados. Com relação à resistência ao estouro, à tração e a duplas dobras, foi 20% a 30% inferior à celulose "kraft" de pinheiros, o que vem confirmar resultados obtidos com outras espécies de bambu.

Medição em 200 fibras deu, como comprimento médio, 1,94 mm, e como largura 0,013 mm.

BAMBOO AS A RAW MATERIAL FOR THE PAPER INDUSTRY —
STUDIES OF THREE COOKING PROCESSES WITH **BAMBUSA
TULDOIDES** MUNRO.

SUMMARY

A comparison was made of three cooking processes — soda, soda-sulfur, and neutral sodium sulfite — using four different amounts of alkalis to extract the pulp from **Bambusa tuldoides** Munro.

Yields superior to 50% were obtained in the majority of cookings; but they decreased when 20% or more of NaOH, in relation to the dry weight of chips, were employed. The highest rate of pulp to raw material was obtained with the neutral sodium-sulfite process.

The paper produced was highly porous, very good in the tearing and reasonable in folding, tensile-and bursting strength.

LITERATURA CITADA

1. CAMUS, E. G. Les bambusées. Paris, Lechevalier, 1931. 2v.
2. HAIDAR, R. Mensagem. Boletim ABCP, São Paulo, 1(9):3, 1967.
3. ISTAS, J. R. & RAEKELBOOM, E. L. Étude biométrique, chimique et papetière des bambous du Congo. Bruxelles, I.N.E.A.C. 1962. 53p. (Série techniques 67)
4. REDKO, B. V. P. & MAZZEI, F. M. Celulose do bambu. Boletim ABCP, São Paulo, 1(7):9-14, 1967.
5. RAITT, W. The digestion of grasses and bamboo for papermaking. London, Technical Press, 1931. 116p.