

artigo técnico

estudos das potencialidades do bambusa vulgaris para produção de papéis tipo kraft¹

JOSÉ LÍVIO GOMIDE²
 JORGE LUIZ COLODETTE²
 RUBENS CHAVES DE OLIVEIRA²

APRESENTAÇÃO

Foi realizado um estudo básico das características anatômicas do *Bambusa Vulgaris* e uma análise comparativa das características dimensionais das fibras do *Bambusa Vulgaris* e do *Pinus elliottii*. Foram produzidas polpas kraft dessas duas espécies, visando a produção de papéis kraft de altas resistências. As propriedades físico-mecânicas das polpas foram analisadas comparativamente, após o estabelecimento de modelos matemáticos. A polpa de *B. vulgaris*

apresentou maior facilidade de refino, menores rendimentos, menores densidades, maiores resistências à tração e ao arrebatamento e resistência ao rasgo, maiores em baixos tempos de refino e menores em tempos mais altos de refino. Os resultados obtidos indicam grande potencialidade do *B. vulgaris* para a produção de papéis kraft de altas resistências, comparáveis às de papéis de *P. elliottii*.

1. INTRODUÇÃO

A indústria nacional de celulose e papel, graças ao desenvolvimento de tecnologia própria, é fundamentada principalmente, na utilização de madeiras de eucalipto. O desenvolvimento de "know how" nacional nas áreas de polpação e de produção de papel com madeiras de eucalipto permitiu que o Brasil se transformasse num dos maiores

exportadores mundiais de celulose de fibra curta. O País, entretanto, ainda apresenta déficit na produção de celulose de fibra longa e quantidades substanciais dessa celulose são anualmente importadas para suprir as necessidades do mercado interno. As coníferas exóticas introduzidas no Brasil, principalmente os *Pinus*, constituem importante fonte de fibra longa para produção de celulose, mas essas espécies apresentam crescimento relativamente lento e são silviculturalmente desaconselhadas para reflorestamento em várias regiões do território nacional. Existem previsões (2)

que demonstram que em 1988 deverá ocorrer um déficit de 8.716.000 metros estéreos de madeiras de conífera no Brasil.

O bambu, planta de crescimento extremamente rápido, parece apresentar potencial técnico e econômico para vir a constituir-se em importante fonte de matéria-prima para produção de celulose de fibra longa no Brasil. Estudos químicos e anatômicos do *Bambusa vulgaris*, espécie que representa as maiores áreas de plantios de bambu no Brasil, sugerem essa potencialidade técnica (3), apesar dessa gramínea apresentar algumas desvantagens, como

¹Estudo subvencionado pelo convênio INPASA/SIF.

²Departamento de Engenharia Florestal, U. F. V. 36570 Viçosa, MG.

altos teores de extrativos e de elementos minerais, principalmente de sílica.

O bambu é a matéria-prima tradicional na Índia para produção de celulose e papel, correspondendo a mais de 70% da produção indiana de papel. No Brasil, após os necessários estudos tecnológicos, o bambu poderá vir a constituir uma alternativa viável de importante fonte de matéria-prima de fibra longa para produção de celulose e papel.

O objetivo deste estudo foi analisar as potencialidades do *Bambusa vulgaris* para a produção de papel kraft de alta resistência, comparando-o com o *Pinus eliottii*, espécie utilizada no Brasil para a produção desses papéis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizados o *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*, com idade de 5,5 anos, obtido de plantação industrial localizada no município de Santo Amaro, na Bahia, e o *Pinus eliottii*, obtido de plantação experimental, com 16 anos de idade, localizada em Viçosa, MG. Os cavacos de bambu foram amostrados ao acaso no pátio de estocagem de uma indústria de papel e duas árvores de *Pinus eliottii* foram transformadas em cavacos por meio de picador laboratorial. Os cavacos, após secados ao ar, foram armazenados em sacos de polietileno, para uniformização e conservação do teor de umidade. Um dos cavacos do bambu foi utilizado para cortes anatômicos transversais e longitudinais, com espessura de cerca de 20μ que, após tratamento com safranina, foram montados com bálsamo do Canadá em lâminas de microscópio e fotografados com auxílio de microscópio ótico, com aumentos de cerca de 80X e 800X. Alguns cavacos das duas espécies, coletados ao acaso, foram transformados em pequenos palitos que foram tratados a quente com solução nitro-acética (5 partes de ácido acético e 1 parte de ácido nítrico) para separação das fibras. As fibras, após colo-

ração com safranina, foram medidas com auxílio de microscópio ótico (largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede) ou utilizando a técnica de projeção (comprimento). Foram medidas 150 fibras de cada espécie.

Os cozimentos foram realizados em autoclave rotativa, com capacidade de 20 litros, aquecida eletricamente, com quatro compartimentos individuais, com capacidade de 2 litros cada um, possibilitando a realização de 4 cozimentos simultâneos. O processo de polpação utilizado foi o kraft, sendo todos os cozimentos realizados com uma repetição.

As condições empregadas nos cozimentos foram as seguintes: a) cavacos = 300 g a.s.; b) álcali ativo, como Na_2O : *Bambusa vulgaris* = 13%, *Pinus eliottii* = 14,5%; c) sulfidez = 25%; d) temperatura máxima = 170°C ; e) tempo até temperatura = 100 min; f) tempo à temperatura, *Bambusa vulgaris* = 50 min, *Pinus eliottii* = 90 min; g) relação licor/madeira = 4/1 e licor/bambu = 4,8/1. O álcali ativo para o *Pinus eliottii* foi estabelecido como 14,5% para se obter um número kappa de cerca de 45 e o do *Bambusa vulgaris* foi selecionado como 13%, segundo resultados de GOMIDE et alii (4) em estudos de otimização de álcali ativo e temperatura para polpação kraft de bambu.

Depois do cozimento, os cavacos foram desfibrados em moinho de discos Bauer, e a polpa foi depurada num classificador laboratorial Voith, dotado de tela com fendas de 0,2 mm de abertura. As análises das polpas foram realizadas segundo as normas da ABCP. A confecção de folhas para testes de resistência foi realizada em formador Köthen-Rapid. Os refinamentos das polpas, para desenvolvimento de resistências, foram realizados em moinho centrifugal Jockro, em consistências de 6%.

A interpretação estatística dos resultados das propriedades físico-mecânicas das duas espécies foi feita com auxílio de análises de regressão e a melhor equação para cada propriedade foi escolhida com base nos seguintes critérios: significância dos coeficientes individuais de regressão ($\alpha = 0,01$), redução do quadrado médio do erro, valor do coeficiente de determinação (R^2) e a análise dos resíduos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Características Anatômicas do *Bambusa vulgaris*

Na Figura 1 são mostradas as secções transversal e longitudinal do *Bambusa vulgaris*, com aumento de cerca de 80X, abrangendo toda a secção trans-

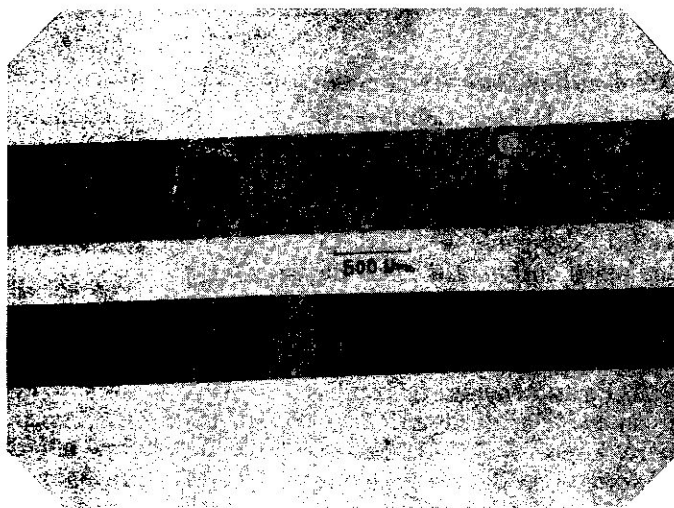


FIGURA 1 - Secções transversal e longitudinal do *B. vulgaris* (80X)

versal do colmo. Na Figura 2 é mostrada a secção transversal, com aumento de cerca de 800X, mostrando mais detalhadamente a estrutura anatômica das fibras.

Basicamente, o bambu é constituído por células parenquimatosas, vasos e fibras. As fibras e os vasos são dispostos em forma de aglomerados de feixes fibrovasculares dispersos num tecido de células parenquimatosas.

Analisando-se o Quadro 1, verifica-se que as fibras do *Bambusa vulgaris* são longas e estreitas, com lúmen fino e parede relativamente espessa. A variabilidade das dimensões transversais das fibras do *Bambusa vulgaris* é bastante alta, principalmente o diâmetro do lúmen, como pode ser observado tanto na Figura 1 como no Quadro 1. Comparando-se as fibras do *Pinus eliottii* com as do bambu, verifica-se que as dessa madeira apresentam todas as suas dimensões superiores às do *Bambusa vulgaris*. Apesar de suas dimensões serem inferiores, as fibras do *Bambusa vulgaris* apresentam características dimensionais que deverão resultar em papéis com resistências comparáveis ou pouco inferiores às do *Pinus eliottii*. Por causa do alto teor de células parenquimatosas, o que pode ser observado na Figura 1, o *Bambusa vulgaris* deverá apresentar um rendimento em celulose inferior ao do *Pinus eliottii*.

3.2. Deslignificação e Rendimentos das Polpas Celulósicas

No Quadro 2 são apresentados os números kappa e os rendimentos (total, depurado e rejeitos) obtidos pelos cozimentos kraft do *Bambusa vulgaris* e do *Pinus eliottii*. Para se obter polpa celulósica de *Bambusa vulgaris* com altas resistências, foi realizada uma forte deslignificação (número kappa = 23,4), obtendo-se um teor de lignina residual cerca da metade do estabelecido para o *Pinus eliottii* (número kappa = 46,4). O *Bambusa vulgaris* apresentou rendimentos

QUADRO 1 — Dimensões das fibras do *Bambusa vulgaris* e do *Pinus eliottii*

Dimensões	B. vulgaris	P. eliottii
Comprimento, mm		
mínimo	1,20	1,36
máximo	5,78	5,28
médio	2,75	3,34
coeficiente de variação	27,10	21,14
Largura, μ		
mínima	9,01	21,43
máxima	28,83	89,28
média	17,23	46,75
coeficiente de variação	30,33	25,69
Lúmen, μ		
mínimo	0,90	5,36
máximo	25,23	75,00
médio	6,85	31,08
coeficiente de variação	88,77	43,28
Espessura de parede, μ		
mínima	1,80	2,60
máxima	12,65	16,90
média	5,19	7,83
coeficiente de variação	34,57	39,70



FIGURA 2 - Secção transversal do *B. vulgaris* (800X).

total e depurado bem inferiores (37,0% e 36,5%, respectivamente) ao do *Pinus eliottii* (50,2% e 50,1%) e um maior teor de rejeitos. Esses rendimentos inferiores do *Bambusa vulgaris* podem ser explicados pelos altos teores de células parenquimatosas e de

extrativos nessa gramínea (3). Os baixos rendimentos em celulose do bambu constituem uma desvantagem que, entretanto, poderá, possivelmente, ser amplamente compensada pela maior produção por hectare/ano dessa espécie.

3.3. Propriedades Físico-Mecânicas das Polpas Celulósicas

Na análise dos resultados das propriedades físico-mecânicas, deve ser considerado que para o *Bambusa vulgaris* foram utilizadas condições de cozimento que permitissem a obtenção de altas resistências, condições essas estabelecidas experimentalmente por GOMIDE et alii (4). Para o *Pinus eliottii* foram utilizadas condições de cozimento que permitissem obter um número kappa de cerca de 45, valor utilizado

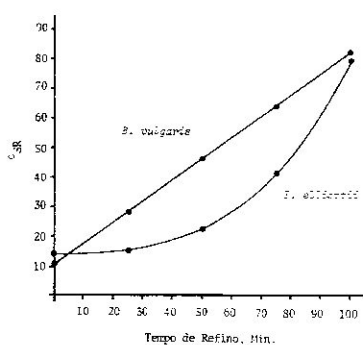


FIGURA 3 - Relação entre o grau de refino (SR) e o tempo de moagem das polpas de *B. vulgaris* e *P. eliottii*.

pelas indústrias nacionais, não tendo sido tentado experimentalmente uma maximização das resistências dessa polpa.

As propriedades físico-mecânicas das polpas de *Bambusa vulgaris* e de *Pinus eliottii* foram analisadas estatisticamente e os modelos matemáticos que melhor descreveram cada pro-

QUADRO 2 — Números kappa e rendimentos das polpas celulósicas kraft de *Bambusa vulgaris* e de *Pinus eliottii*

Propriedades	<i>B. vulgaris</i>	<i>P. eliottii</i>
Número kappa	23,4	46,4
Rendimentos		
Total	37,0%	50,2%
Depurado	36,5%	50,1%
Rejeitos	0,5%	0,1%

priedade estudada, em função do tempo de refino, estão apresentadas no Quadro 3. Essas equações matemáticas foram utilizadas na obtenção de dados para o estabelecimento de gráficos onde foram relacionados os desenvolvimentos das propriedades físico-mecânicas em função do tempo de refino (Figuras 3 a 8).

O *Bambusa vulgaris* demonstrou maior facilidade de refino que o *Pinus eliottii* (Figura 3),

indicando que para a obtenção de um mesmo grau de refino o bambu requer menor energia que o *Pinus*.

A polpa de *Pinus eliottii* apresentou, em termos gerais, maio-

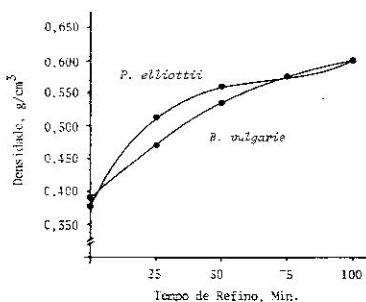


FIGURA 4 - Influência do tempo de refino sobre as densidades das polpas de *B. vulgaris* e de *P. eliottii*.

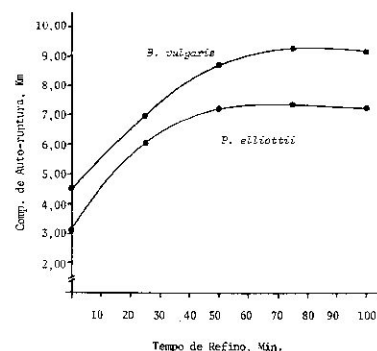


FIGURA 5 - Desenvolvimento da resistência à auto-ruptura das polpas de *B. vulgaris* e *P. eliottii*, em função do tempo de refino.

res densidades, para um mesmo tempo de refino, que a de *Bambusa vulgaris*, o que favorece a formação de papéis mais compactos de *Pinus eliottii*.

QUADRO 3 — Modelos matemáticos das propriedades estudadas

	Equações	R ²	Sxy
B. vulgaris	Schopper Riegler = $9,8 + 0,723 T$	95,3	6,316
	Auto-ruptura = $4,512 + 0,114 T - 0,000678 T^2$	98,7	0,242
	Alongamento = $1,177 + 0,107 T - 0,00138 T^2 + 0,00000624 T^3$	98,7	0,168
	Arrebetamento = $19,486 + 1,332 T - 0,00837 T^2$	97,8	3,526
	Rasgo = $319,7 - 1,932 T$	93,8	19,650
	Densidade = $0,388 + 0,00371 T - 0,0000158 T^2$	96,2	0,018
P. eliottii	Schopper Riegler = $13,85 + 0,0000651 T^3$	100,0	0,629
	Auto-ruptura = $3090,5 + 164,94 T - 2,05 T^2 + 0,00818 T^3$	90,0	0,572
	Alongamento = $0,967 + 0,0733 T - 0,000824 T^2 + 0,000000277 T^4$	88,3	0,264
	Arrebetamento = $11,38 + 1,67 T - 0,0241 T^2 + 0,000117 T^3$	98,2	2,180
	Rasgo = $267,4 - 0,0115 T^2$	80,5	21,630
	Densidade = $0,375 + 0,008 T - 0,000112 T^2 + 0,000000544 T^3$	100,0	0,000

T = Tempo de refino, min.

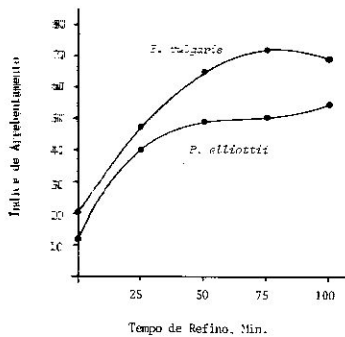


FIGURA 6 - Desenvolvimento da resistência ao arrebentamento das polpas de *B. vulgaris* e *P. elliottii*, em função do tempo de refino.

Nas Figuras 5 e 6, pode-se observar que o *Bambusa vulgaris* apresentou maiores resistências à tração e ao arrebentamento que o *Pinus elliottii*, para um mesmo tempo de refino, e que as diferenças entre as duas espécies foram maiores em tempos mais longos de refino. O comprimento máximo de auto-ruptura atingido pelo bambu foi de 9,25 Km, enquanto o do *Pinus* foi de 7,38 Km, ambos obtidos com 75 minutos de refino. Os índices máximos de resistência ao arrebentamento do bambu e do *Pinus* foram de 72,30 e 54,40, respectivamente.

Para um mesmo tempo de refino, as fibras do bambu apresentaram um maior alongamento

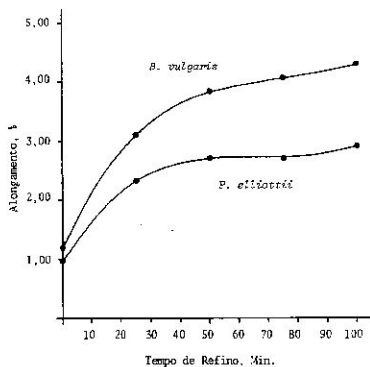


FIGURA 7 - Relação entre o alongamento percentual das folhas de celulose de *B. vulgaris* e do *P. elliottii*, em função do tempo de refino.

percentual que as do *Pinus*, conforme demonstrado na Figura 7.

A intensidade de refino apresentou uma forte influência negativa sobre a resistência ao rasgo da polpa de bambu, como demonstrado na Figura 8. Em baixos graus de refino, a polpa de bambu apresentou maiores resistências ao rasgo que a de *Pinus elliottii*, mas em tempos

de refino superiores a 33 minutos (33°SR para o bambu e 17°SR para o *Pinus*) a polpa de *Pinus elliottii* foi superior.

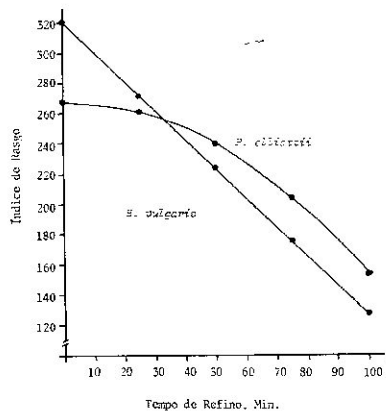


FIGURA 8 - Influência do tempo de refino sobre as resistências ao rasgo das polpas de *B. vulgaris* e de *P. elliottii*.

Os resultados obtidos neste estudo indicam que para se obter papéis de *Bambusa vulgaris* com resistências superiores às do de *Pinus elliottii*, deve-se utilizar refinamentos suaves para a polpa do bambu, de modo a preservar a resistência ao rasgo. Nessas condições não será possível um desenvolvimento máximo das resistências à tração e ao arrebentamento, mas para um mesmo tempo de refino, ter-se-á uma superioridade nessas resistências, favoráveis ao bambu.

Algumas restrições poderão ser aplicadas aos resultados superiores obtidos pelo *Bambusa vulgaris*, considerando-se as condições de otimização de álcali ativo e de temperatura utilizados na produção da polpa de *Bambusa vulgaris* e a não utilização do mesmo critério para o *Pinus elliottii*. Mesmo considerando essas restrições, os resultados obtidos neste estudo experimental indicam a grande potencialidade do *Bambusa vulgaris* para a produção de papéis kraft de altas resistências, comparáveis às obtidas em papéis produzidos com madeiras de *Pinus elliottii*.

4. SUMMARY

The basic anatomical features and the fiber dimension characteristics of *Bambusa vulgaris* were investigated. The potential of *Bambusa vulgaris* for kraft pulp production was analyzed

using *Pinus elliottii* wood as a reference. Kraft pulps of these two species were prepared to obtain high strength handsheets. Mathematical models for the pulp properties were established and the two pulps were compared. The bamboo pulps were more susceptible to beating, had lower yields, lower densities, higher tensile and burst strength and higher tear resistance at lower beating time and lower tear resistance at longer beating time than the reference *Pinus* pulps. The results obtained showed that *Bambusa vulgaris* has a high potential for production of kraft papers with strength properties comparable to those of *Pinus elliottii*.

5. LITERATURA CITADA

- ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. São Paulo. Normas ABCP. s.d.
- CHERKASSKY, H.H. Panorama geral do setor de papel e celulose. Trabalho apresentado no "III Simpósio Regional de Papel e Celulose do Rio de Janeiro". Agosto 27 e 28. 1981.
- GOMIDE, J.L.; OLIVEIRA, R.C. & COLODETTE, J.L. Influência da idade do *Bambusa vulgaris* nas características químicas e anatômicas, visando à produção de polpa celulósica. In: XIV CONGRESSO ANUAL DA ABCP. São Paulo, 1981. Livro Técnico, vol. 1, São Paulo, ABCP, 1981. p. 5-17.
- GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J.L. & OLIVEIRA, R.C. Influência do álcali ativo e da temperatura na polpação kraft de *Bambusa vulgaris* para produção de papéis de altas resistências. Viçosa, Univ. Federal, 1982, 15 p. (Datilografado).