

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 24

Campinas, setembro de 1965

N.º 32

INFLUÊNCIA DA IDADE DO CÔLMO SÔBRE A QUALIDADE PAPELEIRA DO BAMBU IMPERIAL. (1)

JÚLIO CÉSAR MEDINA e DIRCEU CIARAMELLO, *engenheiros-agrônomo*s, Seção de Plantas
Fibrosas, Instituto Agrônomo

RESUMO

No presente trabalho são apresentados os resultados dos estudos visando conhecer a influência da idade do côlmo sôbre o rendimento e características físico-mecânicas da pasta sódica crua do bambu imperial (*Bambusa vulgaris* Schrad. var. *vittata* A. & C. Riv.).

As análises da variância dos dados obtidos revelam que, à exceção da resistência ao estouro, do alongamento e da porosidade, não houve influência da idade dos colmos de 1, 2, 3 e 4 anos sôbre a resistência ao rasgamento, à tração e às duplas dobras.

Do ponto de vista industrial conclui-se que, na colheita do bambual, poderia ser aplicado o sistema de corte **arrasante** em lugar do corte seletivo de colmos. Resta verificar se, do ponto de vista agrícola, o primeiro sistema não interfere sôbre o vigor e perfillamento das touceiras.

1 — INTRODUÇÃO

A utilização dos bambus como matéria-prima para a indústria de celulose nas regiões tropicais e sub-tropicais é hoje matéria pacífica. Pouco pródigas de povoamentos naturais de coníferas ou resinosas, ou ainda, pouco adequadas, do ponto de vista ecológico, às exigências culturais dessas espécies, essas regiões encontraram, contudo, na utilização dos bambus, nativos ou cultivados, a correta solução técnico-econômica para a produção de celulose de fibra longa.

Do ponto de vista agrícola, sua maior vantagem sôbre as resinosas reside na rapidez de exploração econômica, que pode ser iniciada já no terceiro ano a partir do plantio, propiciando colheitas subseqüentes das socas, cada 3 ou 4 anos, por tempo indefinido.

(1) Recebido para publicação a 1.º de junho de 1965.

No Estado de São Paulo, dada a falta de essências resinosas e a necessidade de reduzir a importação de pastas do exterior, o emprêgo dos bambus para essa finalidade já passou da fase experimental para o campo prático. Tanto é verdade, que na maioria dos planos de expansão da nossa indústria de celulose, a participação dos bambus na produção é cada vez mais saliente.

A preferência nos programas de plantio de bambu tem recaído sôbre duas espécies introduzidas do Oriente na época da colonização, e que são: o «bambu verde comum» ou *Bambusa tuldoides* Munro, amplamente utilizado na horticultura, e o *B. vulgaris* Schrad., de colmos mais grossos, que inclui a variedade *vittata* A. & C. Riv., conhecida como «bambu listado», de colmos amarelos, listados de verde.

As pastas de bambu podem variar nas suas características físico-mecânicas, tanto pelas condições de cozimento, como por outros fatores diretamente relacionados com a matéria-prima, como sejam a espécie utilizada, a época da colheita, as condições de solo e clima etc..

A fim de determinar a influência da idade do cômlo sôbre as características físico-mecânicas das pastas sódicas de *B. vulgaris* var. *vittata*, foi realizado êste trabalho, que constitui a primeira contribuição da Seção de Plantas Fibrosas no setor de estudos da utilização de novos materiais no fabrico de pasta para papel.

Êste estudo teve por finalidade esclarecer um ponto importante, para melhor conhecimento do valor da espécie como matéria-prima para a indústria de celulose.

Sua realização sômente foi possível graças à instalação e ao equipamento de um laboratório especializado, anexo à Seção de Plantas Fibrosas, montado através de auxílios financeiros específicos propiciados pelas instituições Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Grupo Executivo de Racionalização da Cafeicultura (GERCA) e Fundo de Pesquisas do Instituto Agrônômico, além de doações de diversos aparelhos de laboratório, pelas seguintes indústrias: Companhia Industrial de Papel Pirahy, Santanésia, RJ; Refinadora Paulista S. A., São Paulo; Companhia Santista de Papel, Cubatão, SP; Companhia de Papéis Alcântara, RJ, e Cartonificio Valinhos S. A., Valinhos, SP.

A utilização de novos materiais pela indústria de celulose, como não poderia deixar de ser, gera problemas que devem ser estudados e

resolvidos satisfatoriamente. Justifica-se, pois, a instalação desse laboratório, como complemento às pesquisas agrícolas de novas fontes de matérias-primas celulósicas, que assim estarão alicerçadas na realidade técnico-econômica.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se, para o fornecimento dos colmos usados no presente trabalho, uma touceira de *B. vulgaris* var. *vittata*, de cerca de 15 anos de idade, localizada na Estação Experimental «Theodoreto de Camargo», Campinas, em solo de terra-roxa-misturada. Marcaram-se, durante 4 anos consecutivos, os novos colmos formados anualmente na referida touceira, de maneira que se dispunha, quando foi dado início ao estudo em relato, de colmos perfeitamente identificados com as idade de 1, 2, 3 e 4 anos.

Na colheita, eliminaram-se os ramos e a porção mais fina do ponteiro dos colmos; estes foram depois cortados em toletes de 1 metro de comprimento e pesados em estado verde, com os seguintes resultados:

ANOS DE IDADE	kg
1	26,8
2	24,1
3	21,2
4	21,9

Depois de secos à sombra, foram tiradas as amostras para cozimento. Estas foram formadas de anéis de cerca de 3 cm de largura, serrados da base, do centro e da ponta de cada côlmo, incluindo nós, de modo a constituírem amostras médias representativas do material em estudo. Uma porção foi secada na estufa a 100-110°C, até pêso constante, permitindo, assim, o cálculo de rendimento de celulose na matéria sêca.

O material não apresentava vestígio de deterioração ou qualquer ataque de caruncho.

Os anéis foram, a seguir, reduzidos a pequenas estilhas com as dimensões médias de 5 x 10 x 30 mm. As amostras de estilhas apresentavam, no momento da execução dos cozimentos, um teor médio de umidade de cerca de 10%.

2.1 — COZIMENTOS

As lixiviações foram feitas em autoclave de aço inoxidável, rotativo, girando a 2-3 rotações por minuto, com capacidade de 20 litros e aquecimento direto, termorregulado elêtricamente.

Cada cozimento compreendia quatro amostras de 500 gramas de estilhas (pêso sêco), cada uma correspondendo a uma idade de còlmo. As amostras foram, para isso, colocadas em saquinhos individuais de pano de algodão.

Foram executados quatro cozimentos, de modo a se ter quatro repetições para cada grupo de idade de còlmo.

Os cozimentos foram realizados pelo processo soda, aplicando-se sempre o seguinte esquema de cocção:

Tempo para subida da temperatura até 160°C	2 h
Tempo à pressão máxima	2 h
Tempo de descida da temperatura	1 h

Total	5 h

Procedeu-se sempre à purga nas temperaturas de 90-100°C. A temperatura, o tempo de cocção e a concentração da lixívia empregados situaram-se dentro dos limites mais ou menos estabelecidos para as lixiviações alcalinas, notadamente as de soda.

Usou-se sempre lixívias simples de hidróxido de sódio, com uma porcentagem de NaOH, em relação ao material sêco, de 20%, o que correspondia a uma concentração de lixívia, em NaOH, de 5%, isto é, uma relação entre matéria sêca e licor de cozimento de 1:4. A concentração da lixívia relativamente ao material é um dos fatores que mais influenciam a qualidade e o rendimento das pastas.

O produto usado foi a soda comercial, com pureza de 98%.

2.2 — PREPARO DAS PASTAS

Após o cozimento, o material foi fàcilmente desmanchado por compressão manual, lavando-se bem a pasta em água corrente. A seguir, foi distribuída em bandejas e secada à sombra. Uma pequena amostra, correspondente a cada idade de còlmo e repetição, foi secada

em estufa a 100-110°C, até pêso constante, para cálculo do rendimento de celulose na matéria sêca. Antes da moldagem em fôlhas de prova, tanto as pastas não refinadas (para determinação do ponto zero), como as refinadas, foram desfibradas num desintegrador modelo D/3000, de acôrdo com as normas da «Thecnical Section of the Paper Makers Association», da Inglaterra e Irlanda e da «Verein der Zellstoff — und Papierchemiker Ingenieure», da Alemanha. Após a desintegração, durante 3 minutos, mediu-se, nas pastas refinadas, o grau de moagem em aparelho segundo Schopper-Riegler e de acôrdo com as normas DIN. Determinou-se, também, o S.R. das pastas não refinadas, isto é, o grau de refinação correspondente ao ponto zero.

Para o estudo das características físico-mecânicas das pastas sódicas de *B. vulgaris* var. *vittata*, submetem-se as pastas correspondentes a cada idade de cômlo, com quatro repetições, a uma série de refinações.

A moagem foi feita em moinho Centrifugal Jokro, segundo as normas DIN, com tempos de refinação escalonados de 15 em 15 minutos e até o máximo de 90 minutos.

Colocou-se, em cada panela de moagem, a quantidade de 16 g de pasta (pêso sêco) para cada tempo de refinação com 267 ml de água, isto é, o correspondente a uma concentração da massa (consistência) de 6%.

Com essas pastas foram preparadas 7 fôlhas de prova, para cada tempo de refinação, que serviram para a determinação das características físico-mecânicas das pastas sódicas de colmos de 1, 2, 3 e 4 anos de idade de *B. vulgaris* var. *vittata*, obtidas da forma descrita neste trabalho.

2.3 — FÔLHAS DE PROVA

As fôlhas de prova foram moldadas num equipamento formador de fôlhas, segundo o sistema Koethen Rapid. Usaram-se, para moldagem de cada fôlha, 1,92 g de massa em suspensão em 600 ml de água colhidas do aparelho homogenizador, de maneira a se obterem fôlhas com pêso (gramatura) aproximado de 60 g por metro quadrado.

Após climatização das fôlhas de prova, em sala de ambiente comum, procedeu-se nestas à determinação das principais características

mecânicas, em equipamento fabricado pela Regmed-Indústria Técnica de Precisão, São Paulo.

2.4 — EXAMES FÍSICO-MECÂNICOS

Nas folhas de prova foram feitos os seguintes exames, segundo as normas descritas:

a) **Resistência ao rasgamento** — Foi determinada em aparelho Elmendorf, modelo Ed. 1.600, com contra-pêso de 1.600 g, segundo as normas TAPPI e da Verein der Zellstoff-und Papierchemiker Ingenieure. O cálculo da resistência ao rasgamento é dado pela fórmula:

$$P = \frac{\text{Valor da leitura na escala} \times 16 \times 100}{\text{N.º de folhas de prova} \times \text{g/m}^2}$$

b) **Resistência ao estouro** — A resistência ao estouro foi determinada no aparelho Mullentester, modelo MT (MOI-A), segundo as normas TAPPI. Executaram-se duas determinações para cada folha de prova, de maneira que os resultados das pastas correspondentes a cada idade de cômlo e tempo de refinação representam a média de 10 determinações. Os resultados são dados pela fórmula:

$$\text{Fator de estouro} = \frac{\text{Pressão média de estouro em kg/cm}^2 \times 1000}{\text{Pêso em gramas por m}^2}$$

c) **Resistência à tração** (em comprimento de ruptura) — A resistência à tração foi determinada em um dinamômetro modelo FP 30/5, com distância entre pinças de 100 mm. Foram feitas duas determinações para cada folha de prova, portanto um total de 10 determinações para cada idade de cômlo e tempo de refinação. Os resultados são dados em *comprimento de ruptura* (CR), segundo a fórmula:

$$\text{CR (km)} = \frac{\text{Comprimento das tiras (m)} \times \text{carga de ruptura (kg)}}{\text{Pêso das tiras (g)}}$$

d) **Alongamento** — Esta determinação é feita concomitantemente com a resistência à tração, sendo dada em porcentagem.

e) **Resistência às duplas dobras** — A resistência às duplas dobras foi determinada num dobrador contínuo tipo Koehler Mollin, usando-se sempre uma carga de 400 g. Os resultados representam a média de 10 determinações.

f) **Porosidade** — Esta característica foi determinada em duplicata para cada grupo de fôlhas de prova. Usou-se, para sua determinação, um densímetro segundo Gurley, modelo PGH/57, correspondente às normas TAPPI. Os resultados são dados em segundos por 100 cc.

3 — RESULTADOS

3.1 — RENDIMENTO DE PASTA CRUA

No quadro 1 estão indicados os rendimentos de pasta crua, em porcentagem sobre a matéria seca, obtidos em cada cozimento e para cada idade de colmo, assim como o resultado da análise de variância dos referidos dados.

QUADRO 1. — Rendimentos de pasta crua de *B. vulgaris* var. *vittata*, em porcentagens sobre a matéria seca, segundo a idade dos colmos e as repetições do cozimento

Idade dos colmos (anos)	Repetições				Médias
	1	2	3	4	
1	40,8	40,6	38,2	40,7	40,1
2	36,2	38,1	38,1	36,3	37,2
3	39,6	39,9	39,5	39,7	39,7
4	37,6	39,5	41,5	40,4	39,8

C.V. = 3,2%

Análise da variância

	F (calculado)
Idade dos colmos	4,55x
Repetições	0,46
D.M.S. (Tukey) a 5%	2,78

Os dados desse quadro mostram que as diferenças de rendimentos de pasta crua, por causa das idades dos colmos, foram apenas signifi-

cativas ao nível de 5%, e assim mesmo somente para aqueles correspondentes aos colmos de 1 e 2 anos de idade. Nas quatro repetições de cozimento, os rendimentos de pasta crua dos colmos de 2 anos de idade foram sempre os mais baixos. As diferenças de rendimentos para os colmos de 1, 3 e 4 anos não foram significativas.

3.2 — CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÂNICAS DAS PASTAS

Nos quadros 2 a 7 e nas figuras 1 a 4 estão indicados os resultados dos testes procedidos nas fôlhas de prova moldadas com as pastas correspondentes a cada idade de colmo e tempo de refinação.

O exame dos dados inseridos nos referidos quadros permite avaliar não só o modo como as diferentes pastas respondem à refinação JOKRO, como os limites dentro dos quais variam as suas características físico-mecânicas em função da idade dos colmos.

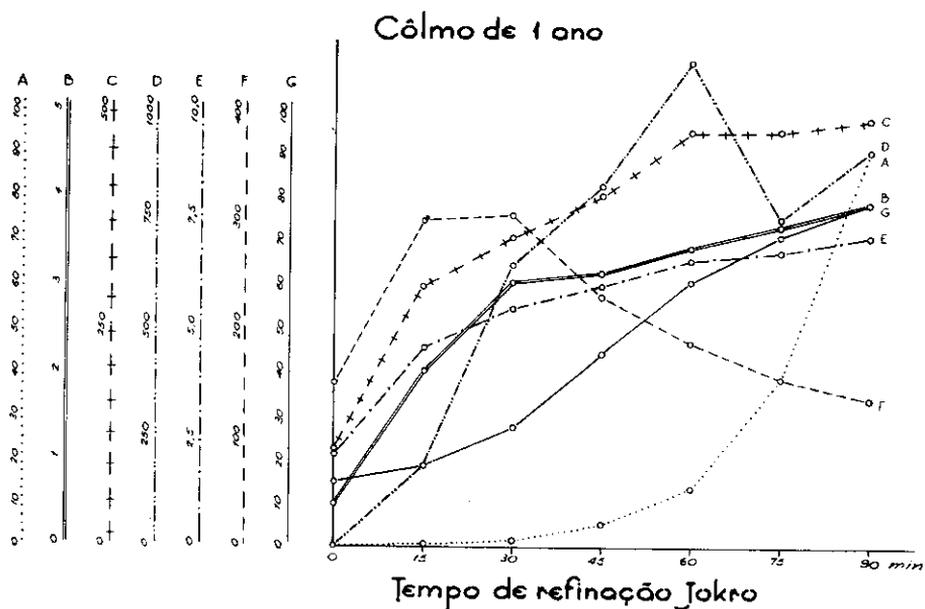


FIGURA 1. — Características físico-mecânicas médias das pastas sódicas cruas nos 15, 23, 28 e 32, de *Bambusa vulgaris* Schrad. var. *vittata* A. & C. Riv., obtidas de colmo de 1 ano de idade, em função do tempo de refinação. A = porosidade; B = alongamento; C = índice de estouro; D = duplas dobras; E = comprimento de ruptura; F = índice de rasgamento; G = Schopper Riegler.

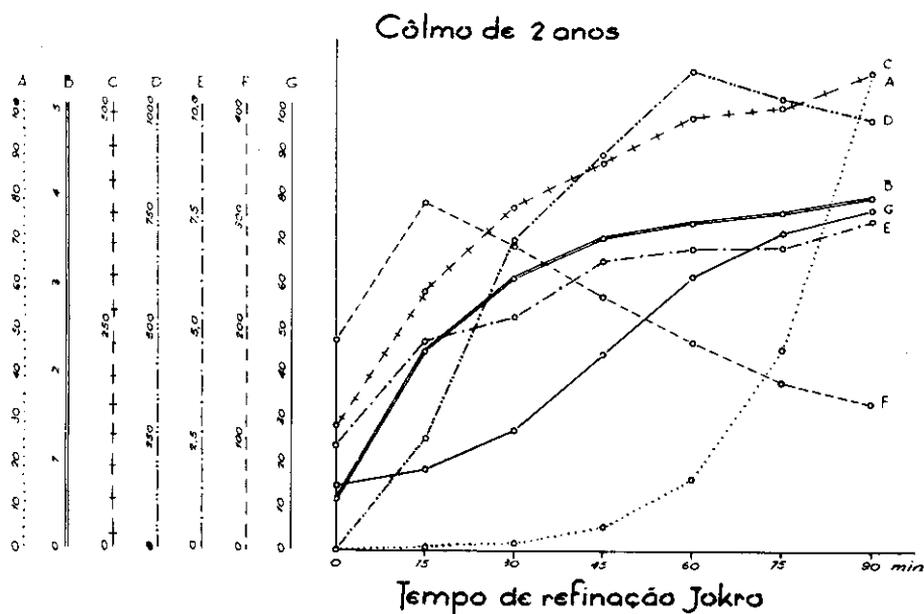


FIGURA 2. — Características físico-mecânicas médias das pastas sódicas cruas n.os 16, 24, 29 e 33, de *Bambusa vulgaris* Schrad. var. *vittata* A. & C. Riv., obtidas de côlmo de 2 anos de idade, em função do tempo de refinação. A = porosidade; B = alongamento; C = índice de estouro; D = duplas dobras; E = comprimento de ruptura; F = índice de rasgamento; G = Schopper Riegler.

Os papéis moldados com as pastas de *B. vulgaris* var. *vittata*, obtidas da maneira descrita neste trabalho, apresentaram, de maneira geral, resistências mecânicas bastante apreciáveis.

Pelas figuras 1 a 4, pode-se averiguar, mais facilmente, a variação dos valores das principais características físico-mecânicas em função do tempo de refinação.

3.2.1 — GRAU DE REFINAÇÃO

No quadro 2 estão indicados os valores das determinações do grau de moagem das pastas, assim como os resultados da análise da variância desses valores.

Verifica-se que houve diferença altamente significativa (ao nível

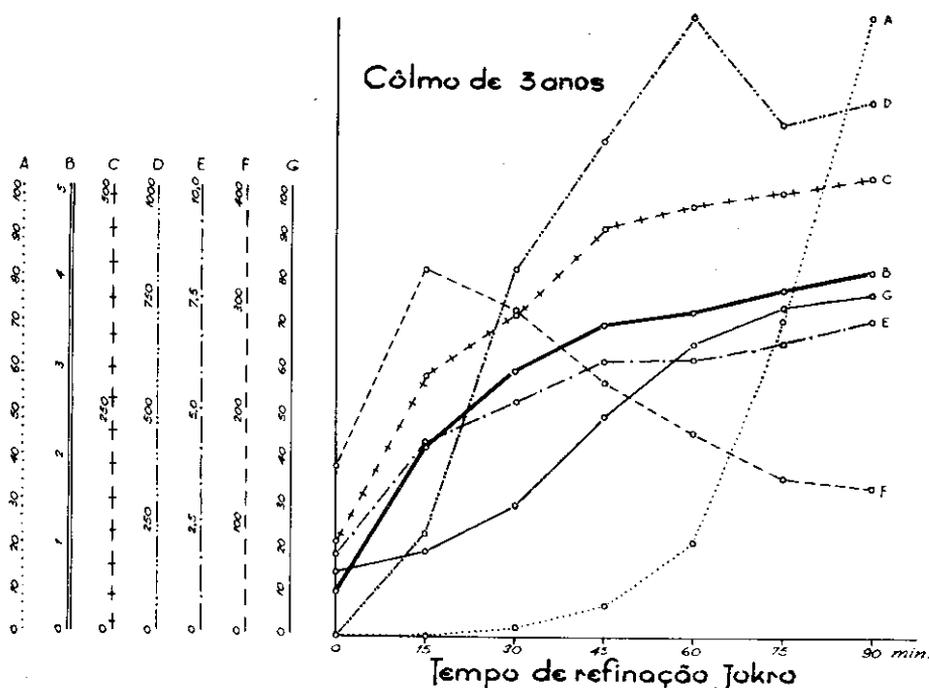


FIGURA 3. — Características físico-mecânicas médias das pastas sódicas cruas n.ºs 17, 25, 30 e 34, de *Bambusa vulgaris* Schrad. var. *vittata* A. & C. Riv., obtidas de côlmo de 3 anos de idade, em função do tempo de refinação. A = porosidade; B = alongamento; C = índice de estouro; D = duplas dobras; E = comprimento de ruptura; F = índice de rasgamento; G = Schopper Riegler.

de 1%) no grau de moagem das pastas em função da idade dos colmos. O componente linear foi altamente significativo e positivo. A diferença mínima significativa (teste de Tukey) a 1% é de 1,75. Portanto, os valores médios de S.R., correspondentes às pastas dos colmos de 1 e 2 anos, não diferem entre si, assim como os das pastas dos colmos de 3 e 4 anos. Porém, os valores médios de S.R. deste último grupo de idade de colmos diferem significativamente daqueles dos colmos de 1 e 2 anos.

Isto significa que as pastas cruas dos colmos de 3 e 4 anos atingiram mais rapidamente maior grau de moagem do que aquelas dos colmos de 1 e 2 anos. A interação idades de colmos e tempos de refinação não foi significativa.

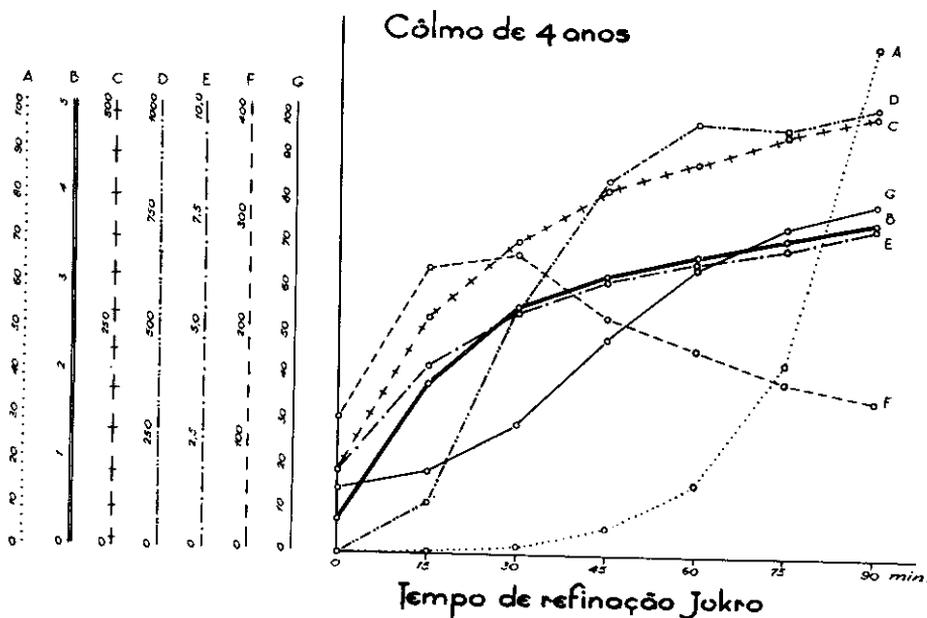


FIGURA 4. — Características físico-mecânicas médias das pastas sódicas cruas n.ºs 21, 26, 31 e 35 de *Bambusa vulgaris* Schrad. var. *vittata* A. & C. Riv., obtidas de côlmo de 4 anos de idade, em função do tempo de refinação. A = porosidade; B = alongamento; C = índice de estouro; D = duplas dobras; E = comprimento de ruptura; F = índice de rasgamento; G = Schopper Riegler.

O efeito da refinação sobre o grau S.R., como era de se esperar, foi altamente significativo. O componente linear foi altamente significativo e positivo. Segundo os dados do quadro 2, o aumento de S.R. para cada tempo de refinação, em porcentagem do máximo determinado para 90 minutos de refinamento, foi, para as pastas das quatro idades de côlmo, em média, o seguinte:

Pastas não refinadas (ponto zero) 18,8%

MINUTOS DE REFINAÇÃO	Porcentagem
15	5,0
30	12,6
45	23,1
60	21,3
75	12,4
90	6,8

QUADRO 2. — Resultados da determinação do grau de refinação Schopper-Riegler (S.R.) procedida nas pastas de *B. vulgaris* var. *vittata*, segundo os tempos de refinação ou moagem JOKRO e as idades dos colmos (totais de 4 repetições), com a respectiva análise da variância.

Idade dos colmos (anos)	Tempos de refinação Jokro (minutos)							Médias
	0	15	30	45	60	75	90	
1	59,5	73,5	109,0	174,5	239,5	285,0	311,0	44,7
2	60,5	74,0	108,0	175,0	246,0	285,0	307,0	44,8
3	58,5	77,0	120,5	198,0	263,5	297,5	313,5	47,5
4	57,0	73,0	117,0	194,5	258,5	295,0	316,5	46,8
Médias	14,7	18,6	28,4	46,4	63,0	72,7	78,0	

C.V. = 4,4%

Análise da variância

	F.
Idade dos colmos	(Calculado)
Refinações	13,12 xx
Idade x refinações	2628,98 xx
D.M.S. (Tukey) a 1% para idades	1,66
D.M.S. (Tukey) a 1% para refinação	1,75
	2,58

QUADRO 3. — Valores das resistências ao rasgamento das folhas de prova, em índice de rasgamento, segundo a idade dos colmos e o tempo de refinação, com a respectiva análise da variância. (Totais de 4 repetições)

Idade dos colmos (anos)	Tempos de refinação (minutos)							Médias
	0	15	30	45	60	75	90	
1	590,6	1189,2	1197,4	915,4	747,9	615,4	544,6	207,2
2	752,9	1253,5	1083,1	911,0	747,9	614,7	535,3	210,7
3	616,0	1313,8	1168,2	903,2	715,6	584,3	545,3	208,8
4	477,6	11022,0	1079,0	852,7	737,1	622,3	563,9	191,3
Médias	152,3	298,7	283,0	223,9	184,3	152,3	136,8	

C.V. = 15,1%

<i>Análise da variância</i>		F.
		(Calculado)
Idade dos colmos		2,35 n.s.
Tempos de refinação		72,43 xx
Idade x refinações		1,08 n.s.
D.M.S. (Tukey) a 1% para refinações		39,17

Êstes dados mostram que o maior aumento do grau de moagem, para o tempo máximo de refinação estudado, ocorreu entre 30 e 60 minutos.

A diferença mínima significativa (teste de Tukey) para tempos de refinação a 1% é de 2,58.

3.2.2 — RESISTÊNCIA AO RASGAMENTO

No quadro 3 estão indicados os valores das determinações da resistência ao rasgamento, assim como os resultados da análise da variância dos referidos valores.

A análise desses dados revela que não houve influência das idades dos colmos sobre a característica de resistência ao rasgamento do papel.

Os índices de rasgamento aumentaram do ponto zero (pasta sem refinação) para o tratamento de 15 minutos de refinação, porém a partir deste ponto diminuíram segundo o aumento do tempo de refinação. Com 75 minutos de refinação, os valores obtidos para a resistência ao rasgamento foram, em média, iguais aos das pastas sem refinação.

O efeito da refinação foi altamente significativo, com uma diferença mínima significativa (Tukey), a 1%, de 37,17. Assim, o valor médio de resistência ao rasgamento para o tempo de 15 minutos de refinação foi significativamente superior aos valores das pastas sem refinação e aos daquelas refinadas durante 45, 60, 75 e 90 minutos, porém não o foi ao da refinada durante 30 minutos. Igualmente, o valor médio de resistência ao rasgamento para o tempo de 45 minutos de refinação foi significativamente superior aos dados das pastas de 0, 60, 75 e 90 minutos de refinação, os quais, por outro lado, não diferiram entre si.

O componente linear foi altamente significativo e negativo, o mesmo acontecendo com o componente quadrático.

3.2.3 — RESISTENCIA AO ESTOURO

No quadro 4 estão indicados os valores das determinações da resistência ao estouro, assim como os resultados da análise da variância.

A análise da variância mostra que houve diferença altamente sig-

Quadro 4. — Valores das resistências ao estouro das folhas de prova, segundo a idade dos colmos e o tempo de refinação, com a respectiva análise da variância. (Totais de 4 repetições)

Idade dos colmos (anos)	Tempos de refinação (minutos)						Médias	
	0	15	30	45	60	75		90
1	45,7	115,2	141,1	160,8	178,3	188,8	195,0	36,6
2	55,1	125,8	154,1	174,7	195,0	199,2	212,7	39,9
3	43,5	116,7	143,1	182,9	192,6	199,5	206,0	38,7
4	38,3	105,5	139,8	164,1	176,6	189,0	197,9	36,1
Médias	11,4	28,9	36,1	42,7	46,4	48,5	50,7	

C.V. = 7,6%

Análise da variância	
	F. (Calculado)
Idade dos colmos	10,77 xx
Refinações	377,13 xx
Idade x refinações	0,52 n.s.
D.M.S. (Tukey) a 1% para idades	2,47
D.M.S. (Tukey) a 1% para refinações	3,63

nificativa na resistência ao estouro devido à idade dos colmos. O componente quadrático foi altamente significativo e negativo. As pastas de colmos de dois anos foram superiores, ao nível de 1%, na resistência ao estouro, àquelas de colmos de 1 e 4 anos, enquanto que aquelas de colmos de 3 anos diferiram quanto a esta característica mecânica das pastas dos colmos de 1 e 2 anos, porém foram significativamente superiores àquelas de colmos de 4 anos.

Os efeitos das refinações sôbre a resistência ao estouro das fôlhas de prova foram altamente significativos. O componente linear foi altamente significativo e positivo. O valor médio de resistência ao estouro das pastas sujeitas a 90 minutos de refinação não diferiu daqueles das pastas de 75 minutos de refinação, porém foi significativamente superior aos dados das demais pastas. Do tempo de refinação de 60 minutos para menor tempo, o valor médio da resistência das pastas ao estouro foi, para cada tempo de refinação, significativamente superior ao daquele imediatamente anterior. Em outras palavras, dentro dos tempos de refinação de 0 a 60 minutos, quanto maior o tempo de refinação maior foi o valor médio da resistência ao estouro das pastas.

A interação idades de cômlo e tempos de refinação não foi significativa.

3.2.4 — RESISTENCIA A TRAÇÃO

No quadro 5 estão indicados os valores das determinações da resistência à tração (comprimento de ruptura, em km) das fôlhas de prova, com a respectiva análise da variância.

A análise da variância mostra que não houve influência da idade do cômlo sôbre a resistência à tração das fôlhas de prova preparadas com a pasta sujeita aos diferentes tempos de refinação.

A influência do tempo de refinação, foi altamente significativa. Dentro dos limites estudados, os valores de comprimento de ruptura aumentaram com o maior tempo de refinação. O componente linear da análise foi altamente significativo e positivo.

A diferença mínima significativa (teste de Tukey) a 1% é de 0,64. Usando-a para comparar duas médias quaisquer de valores para tempos de refinação, verifica-se que sômente não diferem entre si aquelas das pastas com 75 e 90, 60 e 75 e com 45 e 60 minutos de refinação.

QUADRO 5. — Valores da resistência à tração das fôlhas de prova, em comprimento de ruptura, segundo a idade dos colmos e o tempo de refinação, com a respectiva análise da variância. (Totais de 4 repetições)

Idade dos colmos (anos)	Tempos de refinação (minutos)								Médias
	0	15	30	45	60	75	90		
1	8,23	18,13	21,57	23,55	26,04	26,74	28,30	5,45	
2	9,68	18,66	20,78	25,85	27,18	27,31	29,41	5,67	
3	7,52	17,44	21,05	24,76	24,96	26,60	28,42	5,49	
4	7,40	16,97	21,58	24,41	26,22	27,66	29,51	5,49	
Médias	2,05	4,45	5,31	6,16	6,52	6,77	7,23		

C.V. = 9,2%

Análise da variância

	F.
	(Calculado)
Idade dos colmos	1,69 n.s.
Refinações	199,22 xx
Idade x refinações	0,40 n.s.
D.M.S. (Tukey) a 1% para refinações	0,64

QUADRO 6. — Valores das determinações de alongamento das folhas de prova, em porcentagem, segundo a idade dos colmos e o tempo de refinação, com a respectiva análise da variância. (Totais de 4 repetições)

Idade dos colmos (anos)	Tempos de refinação (minutos)						Médias	
	0	15	30	45	60	75		90
1	2,0	8,2	11,8	12,6	13,7	14,6	15,2	2,79
2	2,5	9,1	12,2	14,0	14,8	15,2	15,9	2,99
3	2,0	8,7	11,9	14,0	14,6	15,5	16,4	2,97
4	1,5	7,6	11,0	12,3	13,5	14,3	15,0	2,69
Médias	0,50	2,10	2,93	3,31	3,54	3,73	3,91	

C.V. = 8,6%

<i>Análise da variância</i>		F.
		(Calculado)
Idade dos colmos	.....	9,83 xx
Refinações	.....	384,67 xx
Idade x refinações	.....	n.s.
D.M.S. (Tukey) a 1% para idades	.....	0,21
D.M.S. (Tukey) a 1% para refinações	.....	0,31

3.2.5 — ALONGAMENTO

No quadro 6 estão indicados os valores das determinações de alongamento das fitas de folhas de prova, assim como os resultados da respectiva análise da variância.

A análise da variância mostra que houve efeito altamente significativo devido às idades dos colmos.

O componente linear não foi significativo, porém o componente quadrático foi altamente significativo e negativo. As médias dos valores para os colmos de 2 e 3 anos de idade diferem significativamente daqueles para os colmos de 1 e 4 anos.

As médias de alongamento correspondentes aos colmos de 1, 3 e 4 anos, não diferiram entre si, assim como aquelas dos colmos de 2 e 3 anos. A média do côlmo de 2 anos diferiu significativamente tanto daquela do côlmo de 1 ano como da de 4 anos; o mesmo se deu quando se comparou aquela de côlmo de 3 anos com a do côlmo de 1 ou 4 anos.

O efeito do tempo de refinação sôbre o alongamento foi altamente significativo. O componente linear foi altamente significativo e positivo. Isso significa que quanto maior o tempo de refinação maior o valor de alongamento do papel.

Não houve diferença entre os valores das médias correspondentes aos tempos de refinação de 75 e 90, 60 e 75, 45 e 60 e 30 e 45 minutos. Houve, porém, quando se comparou aqueles para os tempos de 15 e 30, 30 e 60 e 60 e 90 minutos, assim como os de 15 e 45 e 45 e 75 minutos.

3.2.6 — RESISTÊNCIA AS DUPLAS DOBRAS

No quadro 7 estão indicados os valores das determinações da resistência às duplas dobras das folhas de prova, assim como os resultados da análise da variância dos referidos valores.

O coeficiente de variabilidade é de 46,6%, portanto, bastante alto.

A análise da variância mostra que não houve efeito da idade do côlmo sôbre a resistência às duplas dobras.

O efeito das refinações foi altamente significativo. O componente quadrático foi altamente significativo e positivo.

Houve diferença altamente significativa sômente entre as médias

QUADRO 7. — Valores das determinações da resistência às duplas dobras das folhas de prova, segundo a idade do colmo e o tempo de refinação com a respectiva análise da variância. (Totais de 4 repetições)

Idade dos colmos (anos)	Tempos de refinação (minutos)						Médias	
	0	15	30	45	60	75		90
1	25	749	2545	3270	4384	2974	3613	627,1
2	40	997	2768	3555	4317	4066	3897	701,4
3	17	923	3207	4437	5569	4600	4800	841,3
4	10	451	2151	3347	3895	3850	4048	634,0
Médias	5,8	195,0	666,9	913,1	1.135,3	968,1	1.022,6	

C. V. = 46,6%

<i>Análise da variância</i>		F.
	(Calculado)	
Idade dos colmos	2,59	
Refinações	28,69 xx	
Idade x refinações	n.s.	
D. M. S. (Tukey) a 1% para refinações	415,0	

QUADRO 8. — Valores das determinações de porosidade das folhas de prova, em segundos por 100 ml de ar, segundo a idade dos colmos e o tempo de refinação, com a respectiva análise da variância. (Totais de 4 repetições).

Idade dos colmos (anos)	Tempos de refinações (minutos)								Médias
	0	15	30	45	60	75	90	90	
1	1,5	3,1	7,8	22,7	54,9	155,3	360,9	21,65	
2	1,4	3,8	7,9	22,3	64,2	177,1	453,6	26,08	
3	1,4	3,5	10,2	31,7	86,1	286,7	555,0	34,81	
4	1,3	2,7	7,4	25,0	63,5	170,6	459,1	26,06	
Médias	0,35	0,82	2,08	6,36	16,79	49,36	114,29		

C.V. = 46,3%

Análise da variância		F.
		(Calculado)
Idade dos colmos	.....	5,39 xx
Tempos de refinação	.....	180,12 xx
Idade x refinações	.....	1,77
D.M.S. (Tukey) a 1% para idades	.....	10,83
D.M.S. (Tukey) a 1% para refinações	.....	15,96

dos valores correspondentes aos tempos de refinação de 15 e 30 minutos e de 30 e 60 minutos.

3.2.7 — POROSIDADE

No quadro 8 estão indicados os valores das determinações de porosidade das fôlhas de prova, assim como a análise da variância dos referidos valores.

Verifica-se que houve efeito altamente significativo das idades dos colmos sobre a porosidade. Desdobrando o efeito em seus componentes, o linear foi significativo a 5% e positivo; o quadrático, altamente significativo e negativo; e o cúbico, apenas significativo a 5% e negativo.

O coeficiente de variabilidade foi bastante alto, com um valor de 46,3%.

A média de porosidade das pastas de colmo de 3 anos diferiu significativamente daquela das pastas de colmo de 1 ano, porém não diferiu daquelas de colmos de 2 e 4 anos. Assim, a porosidade das fôlhas de prova moldadas com as pastas de colmo de 3 anos foi significativamente menor que as das pastas de colmo com 1 ano de idade.

O efeito do tempo de refinação sobre a característica de porosidade foi altamente significativo, sendo que o componente linear foi altamente significativo e positivo.

A média de porosidade das pastas correspondentes a 90 minutos de refinação foi significativamente menor do que aquela das pastas de 75 minutos de refinação. Igualmente, a média de porosidade destas últimas foi significativamente menor do que aquelas das de 60 minutos de refinação. As médias para as pastas dos demais tempos de refinação não diferiram entre si. Em outras palavras, quanto maior o tempo de refinação tanto menor é a porosidade do papel.

4 — DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Como não houve efeito significativo da idade do colmo sobre o rendimento de pasta crua, conclui-se que, do ponto de vista industrial, não há necessidade de se proceder, na colheita, ao corte seletivo de colmos, aplicando-se, pelo contrário, devido a maior facilidade de exe-

cução, o sistema de corte arrasante. Resta provar, contudo, se este sistema não interfere de maneira deprimente sobre o vigor das touceiras e posterior brotação de novos colmos, o que será futuramente esclarecido por um estudo que está sendo executado pelos autores.

Em relação às características mecânicas das folhas de prova molhadas das referidas pastas, conclui-se que não houve influência da idade dos colmos sobre as resistências ao rasgamento, à tração e às duplas dobras.

Contudo, em relação à resistência ao estouro houve efeito altamente significativo devido à idade dos colmos, sendo que a pasta crua daqueles de 2 anos foi significativamente superior às dos colmos de 1 e 4 anos. Quanto ao alongamento, as pastas de colmos de 2 e 3 anos foram significativamente superiores àquelas dos colmos de 4 anos.

Comparando o efeito da idade de colmo com o tempo de refinação sobre as características físico-mecânicas das pastas sódicas, verifica-se que o deste último foi indiscutivelmente muito mais pronunciado que o das idades de colmos estudadas no presente trabalho. Exceto no caso da porosidade, em que a interação idade x refinação foi significativa ao nível de 5%, sobre as demais características físico-mecânicas os efeitos foram independentes.

O índice de rasgamento decresceu com o aumento do tempo de refinação. Os valores máximos ocorreram com o tempo de 15 minutos de refinação, porém, com esta duração de moagem, a pasta mostrou-se inferior no conjunto de suas resistências.

Os valores médios da resistência à tração e ao estouro (índice de estouro) e de alongamento aumentaram sensivelmente com o maior tempo de refinação, porém, de modo geral, os aumentos foram menos acentuados a partir do tempo de 60 minutos de moagem.

Nas pastas de colmos de 1, 2 e 3 anos de idade, os valores médios mais altos da resistência às duplas dobras foram obtidos com o tempo de refinação de 60 minutos, correspondendo a um grau de moagem de 60 a 65 S.R.. Com exceção das pastas de colmo de 4 anos de idade, os valores de resistência às duplas dobras decresceram com o maior tempo de refinação.

Considerando os resultados a que conduziram os exames das características papeleiras das pastas cruas, conclui-se que, segundo os valores médios determinados para cada tempo de refinação e idade de

côlmo, o melhor tempo de refinação e valor S.R. para se obter, em média, o valor mais alto para cada característica mecânica, seria o seguinte:

CARACTERÍSTICAS	Valor S. R.	Tempo de refinação (minutos)
Resistência ao estouro	70-80	75-90
Resistência ao rasgamento	20-30	15-30
Resistência à tração	70-80	75-90
Alongamento	70-80	75-90
Resistência às duplas dobras	60-65	60

Finalizando, as fôlhas de prova moldadas com as pastas sódicas de *Bambusa vulgaris* var. *vittata*, de acôrdo com as condições indicadas neste trabalho, apresentaram, independentemente da idade do côlmo que as originou, resistências físico-mecânicas bastante apreciáveis, particularmente em relação à resistência ao rasgamento, no que se assemelha ao da celulose Kraft não branqueada de coníferas.

EFFECT OF CULM AGE OF *BAMBUSA VULGARIS* var. *VITTATA* ON PULP YIELD AND PAPER QUALITIES.

SUMMARY

The results of a research on the effect of culm age of *Bambusa vulgaris* var. *vittata* A. & C. Riv. on the pulp yield and paper qualities are presented.

Culms from 1 to 4 years old were studied. Pulping was made by soda process and a NaOH concentration of 5% and a dry material to liquor relation of 1/4 were used. Four individual cookings, each one composed of representative samples for each culm age, were made at a maximum temperature of 160°C during 2 hours, so that the results could be estimated by statistical analysis.

It was found that the effect of culm age on pulp yield was significative at a level of 5%, but only for the culms 2 years old.

The pulps were worked in a Jokro refiner by steps of 15 minutes, making a series of six beating times. Proof sheets of 60 g. per s. m. of each pulp, were made and submitted to physical tests, including tearing, bursting, tensile and double folding strength, as well as air permeability determination.

Statistical analysis of data showed that no effect on tearing, tensile and double folding strength could be attributed to culm age. In relation to bursting strength, however, the effect was highly significative; paper made of 2 years' old culm had the highest bursting strength, as compared to those of 1 and 4 years' old culms.

The effect of beating time on paper quality was found to be very high. The best beating time for tearing strength was that giving 20 to 30 Schopper Riegler degrees, but for the other characteristics it was that giving around 70 to 80 S. R. degrees, excepting for double folding in which case 60 to 65° S. R. gave the best results.

In relation to air permeability the pulps showed to be in general of very high porosity. A maximum average time of 114 s. per 100 ml. of air was found for a beating time of 90 minutes corresponding to 78.° S. R., and a minimum of 0.8 for a beating time of 15 minutes corresponding to 18.6.° S. R.

Concluding, a good paper can be made of bamboo pulp, mostly concerning tearing, which can be comparable with unbleached «Kraft» of softwoods.