

Influência do álcali ativo e da temperatura na polpação kraft de
Bambusa vulgaris

MFN -0757

N CHAMADA:

TITULO: Influência do álcali ativo e da temperatura na
polpação kraft de Bambusa vulgaris

AUTOR(ES): GOMIDE, J.L.COLODETTE, J.L.OLIVEIRA, R.C.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO:

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 15

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 22-26.11.1982

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1982, ABTCP

PAG/VOLUME: p.189-203, v.1

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 15, 1982, São Paulo, v.1,
p.189-203

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR: bambu

RESUMO:

INFLUÊNCIA DO ÁLCALI ATIVO E DA TEMPERATURA NA
POLPAÇÃO KRAFT DE *Bambusa vulgaris*

Gomide, J.L.
Colodette, J.L.
Oliveira, R.C.



Dep. de Engenharia Florestal da U.F.V. 36.570 Viçosa, MG.

Resumo

Foi analisada a influência da carga de álcali ativo (11, 13 e 15%) e da temperatura máxima de cozimento (150, 160 e 170°C) na polpação kraft de *Bambusa vulgaris* e nas propriedades físico-mecânicas das polpas produzidas. A variação desses parâmetros influenciou diferentemente as propriedades analisadas, não tendo sido possível fixar os níveis ótimos dessas variáveis. Os valores ideais de temperatura e de álcali ativo deverão ser estabelecidos especificamente para cada fábrica, considerando as características requeridas do papel que vai ser produzido e os fatores econômicos (rendimento em celulose, preço de energia, custo do álcali, etc.).

1. *Introdução*

Os bambus são plantas lenhosas da família *Gramineae*, compreendendo mais de 500, segundo alguns autores, ou mais de 1.250 espécies, segundo outros (4). No Brasil, a espécie mais utilizada em plantios industriais, visando à produção de celulose e papel, é o *Bambusa vulgaris*.

No Brasil, várias indústrias de celulose e papel já tiveram alguma experiência industrial com a utilização do bambu, mas interromperam essa linha de produção por falta, entre outros motivos, de plantações próprias. Embora seja o bambu reconhecido, em linhas gerais, como importante fonte alternativa de matéria-prima para a produção de celulose de fibra longa, apenas uma pequena percentagem da produção nacional de celulose e papel é produzida com esse material. Estudos recentes têm demonstrado, com base em análises químicas e anatômicas e em testes de resistência de folhas de celulose, o grande potencial técnico do bambu para a produção de papéis tipo kraft (2, 3). A lenta evolução, no País, do uso do bambu para a produção de celulose pode ser entendida como resultado de algumas desvantagens dessa matéria-prima, como seus altos teores de ex-

Trabalho apresentado no XV Congresso Anual da ABCP - Semana do Papel - em São Paulo - Brasil - de 22 a 26 de novembro de 1982.

trativos e de sílica, e, principalmente, pela deficiência de informações tecnológicas referentes às condições de processamento industrial recomendáveis para esse material. O baixo rendimento em celulose do bambu, ocasionado pelo seu alto teor de extrativo, poderá ser amplamente compensado pela sua alta produtividade por unidade de área. A literatura brasileira apresenta, entretanto, grande deficiência de informações tecnológicas referentes às condições ideais de polpação desse material, de recuperação do licor residual, de refinamento da polpa celulósica e de funcionamento da máquina de papel com fibras de bambu.

Para que o bambu possa vir a constituir, em tempo relativamente curto, importante e representativa fonte de matéria-prima para a produção de celulose e papel no País, há necessidade de realização de investigações minuciosas e exaustivas dos parâmetros tecnológicos de sua utilização, as quais possibilitarão explorar ao máximo as potencialidades das fibras de bambu para a produção de papéis de alta qualidade, comparáveis aos produzidos com madeira de *Pinus*. O desenvolvimento tecnológico da utilização do bambu poderá transformar essa matéria-prima na terceira alternativa nacional, depois dos eucaliptos e dos *Pinus*, para a produção de celulose e papel, a qual poderá diminuir ou mesmo eliminar a necessidade que o País tem, atualmente, de importar celulose de fibra longa para suprir o mercado interno.

O objetivo deste estudo foi analisar a influência do álcali ativo e da temperatura na polpação kraft do bambu, mais especificamente do *Bambusa vulgaris*, visando fornecer informações para a otimização dos parâmetros da polpação dessa gramínea.

2 - Material e Métodos

Foi utilizado o *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*, com 5,5 anos de idade, obtido de plantação industrial localizada no município de Santo Amaro, Bahia. Os cavacos de bambu foram amostrados, ao acaso, no pátio de estocagem de uma indústria de celulose e papel. Secados ao ar, os cavacos foram peneirados manualmente, em peneira com 0,5 cm de malha, para eliminação de "finos", e, a seguir, armazenados em sacos de polietileno, para conservação e uniformização do teor de umidade.

Os cozimentos, para produção de celulose, 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, e todos os cozimentos foram realizados com uma repetição. As condições empregadas nos cozimentos foram as seguintes: a) cavacos = 300 g a.s.; b) álcalis ativos, como Na_2O = 11, 13 e 15%; c) sulfidez = 25%; d) temperaturas máximas = 150, 160 e 170°C; e) tempo até temperatura = 100 min; f) tempo à temperatura = 50 min; g) relação licor/cavaco = 4,8/1. Feitos os cozimentos, os cavacos foram desfibrados em moinho de discos Bauer, com separação entre discos de 0,32 mm, e a polpa foi depurada num classificador laboratorial Voith, dotado de tela com fenda de 0,2 mm de abertura. As análises das polpas foram realizadas segundo as normas da ABCP (1). A confecção de folhas para testes físico-mecânicos foi realizada em formador Köthen-Rapid. Os refinamentos das polpas foram realizados em

moinho centrífugal Jockro, na consistência de 6%.

A interpretação estatística dos resultados de rendimentos, números kappa e propriedades físico-mecânicas das polpas celulósicas foi feita mediante análises de regressão. A melhor equação, para cada propriedade, foi escolhida com base nos seguintes critérios: significância dos coeficientes individuais de regressão ($\alpha = 0,05$), redução do quadrado médio do erro, valor do coeficiente de determinação (R^2) e análise dos resíduos.

3 - Resultados e Discussão

Os resultados das análises do processo de polpação (número kappa e rendimento) e dos testes físico-mecânicos das polpas (refinamento, resistência e densidade) foram analisados estatisticamente, tendo sido estabelecidas as equações matemáticas que melhor descreveriam essas características. As equações foram utilizadas na confecção de gráficos que permitissem melhor visualização da influência do álcali ativo e da temperatura sobre as propriedades analisadas (Quadro I).

3.1. Deslignificação

Na Figura 1 é mostrada a influência do álcali ativo sobre a deslignificação do *B. vulgaris* nas temperaturas de 150, 160 e 170°C. Aumentos do álcali ativo e da temperatura, nos níveis estudados, resultaram em maior taxa de deslignificação, tendo o álcali ativo apresentado maior eficiência. Aumentos de 10°C na temperatura máxima de polpação resultaram, para os diferentes níveis de álcali ativo estudados, em decréscimos de cerca de 5 a 6 unidades no número kappa. Aumentos do álcali ativo de 11 para 13%, nos 3 níveis de temperatura, ocasionaram decréscimos de cerca de 12 unidades no número kappa. Em alcalinidades mais elevadas, o efeito do aumento da carga alcalina sobre a deslignificação foi menos eficiente, tendo ocorrido um decréscimo de cerca de 5 a 6 unidades, apenas, no número kappa, quando o álcali ativo foi aumentado de 13 para 15%, nas 3 temperaturas estudadas.

3.2. Rendimentos

O rendimento total e depurado foi desfavoravelmente influenciado pelo aumento da temperatura e do álcali ativo, ao passo que o teor de rejeitos foi favorecido pelo aumento desses parâmetros, como demonstrado na Figura 2. Tomando como referência o peso de cavacos secos, aumentos de 2% no álcali ativo ocasionaram decréscimos de cerca de 2,2% no rendimento total, ao passo que aumentos de 10°C tiveram efeitos negativos mais pronunciados, causando decréscimos de cerca de 3%. No rendimento depurado, aumentos de 10°C ou de 2% de álcali ativo apresentaram efeitos semelhantes, causando decréscimos de cerca de 1,3% no rendimento depurado. Os teores de rejeitos foram positivamente influenciados pelos acréscimos de temperatura e de álcali ativo, principalmente quando a temperatura foi elevada de 160 para 170°C e o álcali ativo de 11 para 13%. O aumento do álcali de 2%, base cavacos, teve influência positiva mais intensa sobre o teor de rejeitos que a elevação de 10°C na temperatura de reação, nos níveis analisados.

QUADRO I - Modelos matemáticos para os parâmetros estudados

Equações	R ²	Sxy
K = 234,0561 - 20,02545A + 0,8437494A ² - 0,04161166AT	96,07	2,0806
RT = 103,73 - 1,125A - 0,3008T	90,86	1,065
RD = 85,72 - 0,6083A - 0,2392T	88,80	0,852
RJ = 45,32 - 5,5111A + 0,10417A ² - 0,0007735T ² + 0,01429AT	97,75	0,182
111 AA e 150°C		
A.R. = 3,860 + 0,132R - 0,00077R ²	96,10	0,506
A.L. = 1,260 + 0,068R - 0,000397R ²	96,20	0,256
I.A. = 14,631 + 1,971R - 0,024R ² + 0,0000973R ³	99,60	1,682
I.R. = 232,8 - 1,476R	87,10	22,42
D = 0,359 + 0,00495A - 0,0000563R ² + 0,000000317R ³	99,00	0,0108
S.R. = 12,30 + 0,785R	95,50	6,754
131 AA e 150°C		
A.R. = 4,617 + 0,0989R - 0,0004697R ²	95,40	0,501
A.L. = 1,408 + 0,0877R - 0,00116R ² + 0,000006571R ³	98,00	0,183
I.A. = 18,851 + 1,629R - 0,0197R ² + 0,0000864R ³	98,60	2,850
I.R. = 280,8 - 1,762R	89,50	23,86
D = 0,388 + 0,00212R	95,20	0,0189
S.R. = 10,75 + 0,762R	95,70	6,417
151 AA e 150°C		
A.R. = 4,787 + 0,118R - 0,00075R ²	97,80	0,304
A.L. = 1,323 + 0,0901R - 0,00108R ² + 0,00000464R ³	99,20	0,123
I.A. = 21,131 + 1,522R - 0,0158R ² + 0,0000531R ³	99,60	1,499
I.R. = 314,6 - 0,026R	96,30	15,72
D = 0,380 + 0,00305R - 0,0000103R ²	98,30	0,0114
S.R. = 9,750 + 0,748R	95,70	6,25
111 AA e 160°C		
A.R. = 4,741 + 0,121R - 0,000755R ²	97,40	0,351
A.L. = 1,478 + 0,0628R - 0,00036R ²	96,30	0,241
I.A. = 16,63 + 1,728R - 0,0158R ² + 0,00000039R ⁴	99,20	2,30
I.R. = 267,5 - 1,804R	92,10	20,92
D = 0,370 + 0,00344R - 0,0000116R ²	98,00	0,014
S.R. = 10,85 + 0,775R	96,10	6,16
131 AA e 160°C		
A.R. = 4,991 + 0,0968R - 0,000527R ²	90,70	0,853
A.L. = 1,4198 + 0,111R - 0,0017R ² + 0,00000888R ³	99,10	0,132
I.A. = 20,697 + 1,326R - 0,00847R ²	98,60	2,75
I.R. = 303,2 - 2,062R	89,50	27,93
D = 0,4712 + 0,0000142R ²	94,90	0,0136
S.R. = 10,85 + 0,754R	96,70	5,509

Continua

Quadro I - Continuação

	Equações	R ²	Sxy
151 AA e 160°C	A.R. = 4,736 + 0,103R - 0,000516R ²	92,10	0,658
	A L. = 1,375 + 0,0935R - 0,00116R ² + 0,00000532R ³	98,50	0,172
	I.A. = 20,30 + 1,565R - 0,0185R ² + 0,0000781R ³	99,40	1,810
	I.R. = 303,30 - 1,874R	89,80	25,0
	D = 0,388 + 0,00327R - 0,0000112R ²	97,20	0,0155
	S R. = 10,60 + 0,744R	96,40	5,69
111 AA e 170°C	A.R. = 4,345 + 0,134R - 0,000867R ²	90,30	0,752
	A L. = 1,339 + 0,097R - 0,00128R ² + 0,00000621R ³	98,20	0,187
	I.A. = 17,15 + 1,293R - 0,00772R ²	98,40	3,03
	I.R. = 312,60 - 1,962R	91,90	22,99
	D = 0,367 + 0,00499R - 0,00000533R ² + 0,000000264R ³	99,30	0,00841
	S R. = 10,10 + 0,749R	96,10	5,97
131 AA e 170°C	A.R. = 4,512 + 0,114R - 0,000678R ²	98,70	0,242
	A L. = 1,177 + 0,107R - 0,00138R ² + 0,00000624R ³	98,70	0,168
	I.A. = 19,486 + 1,332R - 0,00837R ²	97,80	3,526
	I.R. = 319,7 - 1,932R	93,80	19,65
	D = 0,388 + 0,00371R - 0,0000158R ²	96,20	0,0184
	S R. = 9,8 + 0,723R	95,30	6,316
151 AA e 170°C	A.R. = 4,999 + 0,0946R - 0,000562R ²	96,90	0,315
	A L. = 1,414 + 0,0947R - 0,00112R ² + 0,00000483R ³	99,40	0,112
	I.A. = 20,412 + 1,583R - 0,0157R ² + 0,00000483R ³	99,40	1,74
	I.R. = 328,7 - 1,992R	90,50	25,48
	D = 0,401 + 0,00323R - 0,0000114R ²	98,00	0,0129
	S R. = 10,70 + 0,713R	96,00	5,72

Sxy = Erro padrão residual, K = Número kappa, A = Alkali ativo (%), T = Temperatura de cozimento, RT = Rendimento total (%), RD = Rendimento depurado (%), RJ = Teor de rejeitos (%), R = Tempo de refino (min.), A.R. = Comprimento de auto-ruptura (km), A L. = Alongamento (%), I.A. = Índice de arrebatamento, I.R. = Índice de rasgo, D = Densidade (g/cm³), S R. = Grau Schopper Riegler.

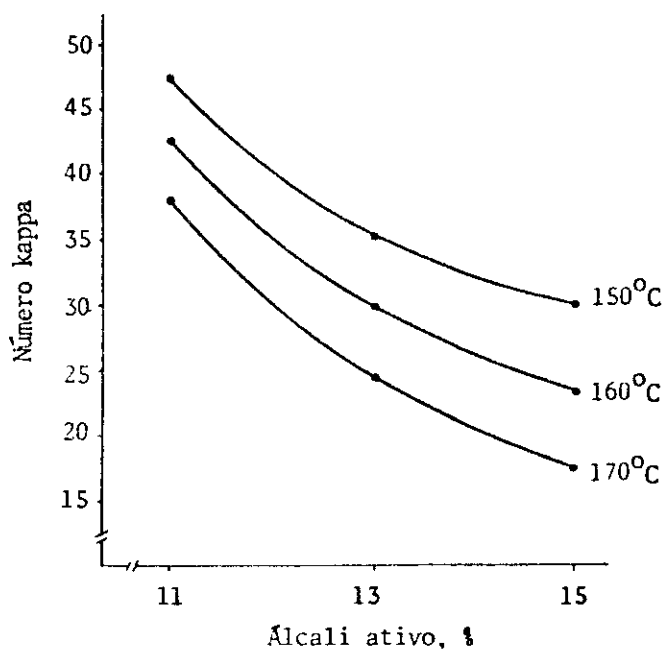


FIGURA 1 - Influência de álcali ativo na deslignificação kraft do *Bambusa vulgaris*, considerando a temperatura de reação.

Para análise de maior validade prática para as fábricas de celulose, o rendimento do processo de polpação deverá ser relacionado com o teor residual de lignina na polpa. Na Figura 3 encontram-se os resultados obtidos dessa análise, considerando os diferentes níveis de álcali ativo e de temperatura utilizados. Em números kappa superiores a 30, para preservação do rendimento depurado, num mesmo nível de lignina residual, é recomendável utilizar temperaturas mais baixas (150°C) e cargas alcalinas mais elevadas. Para obtenção de números kappa inferiores a 25, embora os resultados obtidos não tenham sido bem definidos nessa faixa, há indicações de que se deve trabalhar com temperaturas intermediárias (160°C).

3.3. Resistência à Tração

Na Figura 4 é mostrada a influência do álcali ativo e da temperatura sobre a resistência à tração, da polpa kraft de *B. vulgaris*, expressa em comprimento de auto-ruptura, em diferentes níveis de refinamento (20, 35 e 50°SR). Na temperatura de 150°C, o aumento do álcali ativo resultou em maior resistência à tração, em todos os níveis de refinamento estudados. As polpas produzidas com temperaturas de 160 e 170°C apresentaram comprimentos de auto-ruptura semelhantes, com ligeira superioridade para as de 170°C, nos graus de refino de 35 e 50° SR, verificando-se o inverso a 20° SR. As polpas produzidas com 150°C e 15% de álcali ativo apresentaram maior resistência à tração, em todos os níveis de refinamento analisados, à exceção das polpas de 170°C e 11% de álcali ativo, que apresentaram ligeira superioridade a 50° SR. A polpa de *B. vulgaris* demonstrou alta resistência à tração, tendo sido atingido um comprimento de auto-ruptura de 9,0 km a 50°SR na polpa produzida com 170°C e 11% de álcali ativo. O menor con-

primento de auto-ruptura verificado foi de 5,10 km, determinado na polpa oriunda da polpação com 150°C e 11% de álcali ativo, após refinamento a 20°SR.

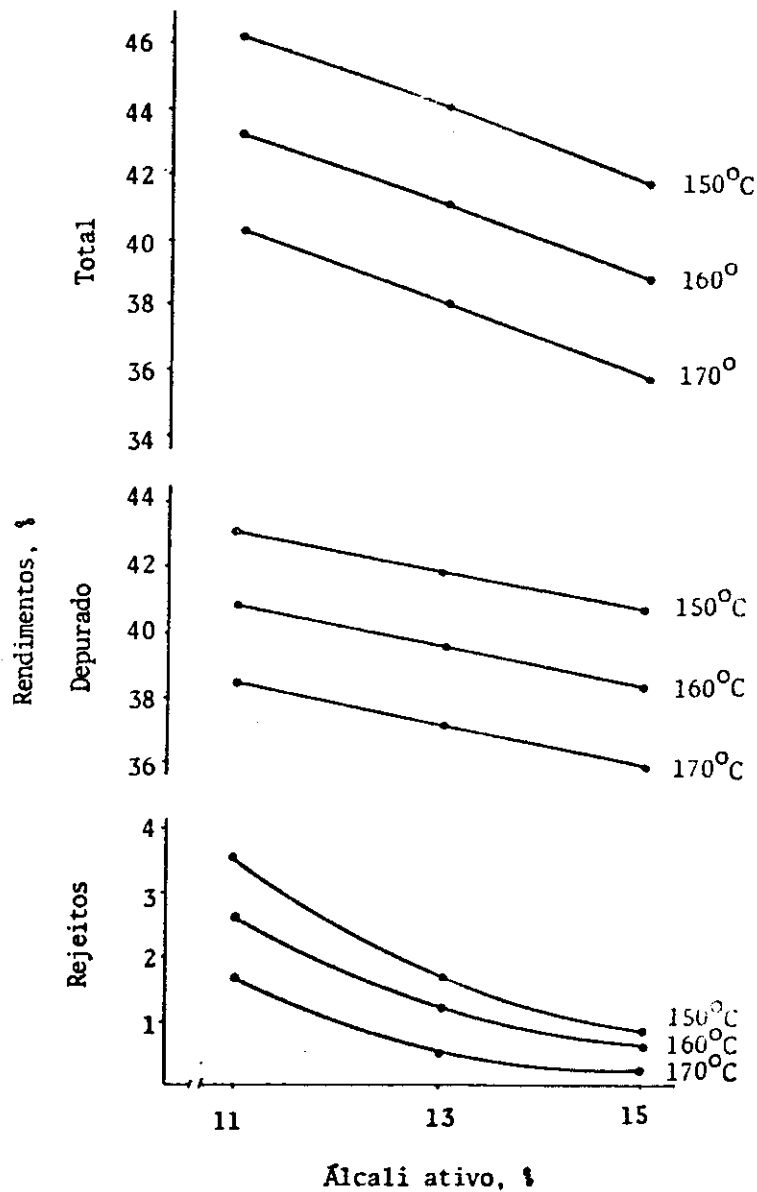


FIGURA 2 - Influência do álcali ativo e da temperatura nos rendimentos e no teor de rejeitos da polpação kraft do *Bambusa vulgaris*.

Na Figura 5 é mostrada a influência do número kappa sobre a resistência à tração, considerando a temperatura de cozimento, em diferentes níveis de refinamento. Na temperatura de 150°C, a intensificação da remoção de lignina, obtida pelo aumento da carga alcalina, resultou em maiores comprimentos de auto-ruptura, em todos os níveis de refinamento analisados. Nas temperaturas de 160 e 170°C, o aumento do número kappa, nos graus de refino de 35 e 50°SR, resultou, em geral, em polpas mais resistentes, ao passo que, em 20°SR, o aumento do teor de lignina residual, nas mesmas temperaturas, apresentou pequena influência sobre a resistência à tração, principalmente para nú-

mero kappa superior a 30.

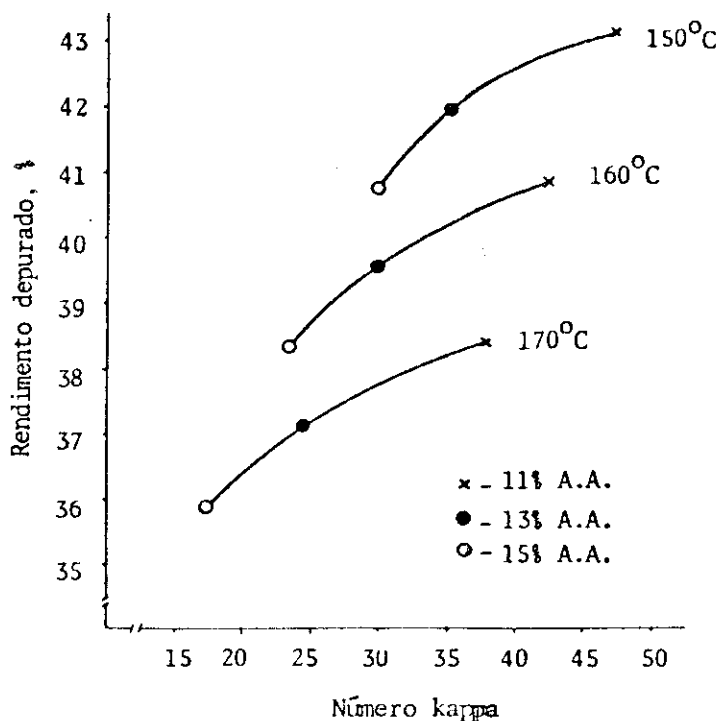


FIGURA 3 - Influência do álcali ativo e da temperatura na relação entre rendimento depurado e número kappa, na polpação kraft de *Bambusa vulgaris*.

3.4. Resistência ao Estouro

A influência da temperatura e da carga de álcali ativo sobre a resistência ao estouro, da polpa kraft de *B. vulgaris*, expressa pelo índice de arrebetamento, nos graus de refino de 20, 35 e 50°SR, é mostrada na Figura 6. Nos graus de refino de 20 e 35°SR, a exceção da temperatura de 160°C em 35°SR, que apresentou ligeiro declínio, a elevação do álcali ativo resultou em aumentos da resistência ao estouro. No refinamento a 50°SR, as polpas produzidas com 160 e 170°C apresentaram um aumento de resistência, quando o álcali ativo foi elevado de 11 para 13%, e um decréscimo, quando a carga alcalina foi aumentada além de 13%. Ainda em 50°SR, as polpas produzidas com 150°C apresentaram diminuição de resistência com o aumento do álcali ativo até 13%, seguindo-se um aumento em níveis mais elevados de álcali. O índice de arrebetamento mais elevado foi obtido com 170°C e 13% de álcali ativo, em 50°SR, e o mais baixo foi determinado nas polpas produzidas com 150°C e 11% de álcali ativo, após refinamento a 20°SR.

Na Figura 7 é mostrada a influência do número kappa das polpas kraft de *B. vulgaris* na resistência ao arrebetamento, considerando a temperatura de cozimento, nos graus de refino de 20, 35 e 50°SR. O aumento da lignina residual nas polpas resultou, nos graus de refino de 20 e 35°SR, em menores resistências, à exceção da temperatura de 160°C, que, em 35°SR, apresentou resistências mais elevadas em níveis mais altos de número kappa. Em 50°SR, com temperaturas de 160 e 170°C, ocorreu um aumento inicial da resistência ao estouro, seguido de

um decréscimo, à medida que o número kappa aumentava, ao passo que com 150°C ocorreu o inverso.

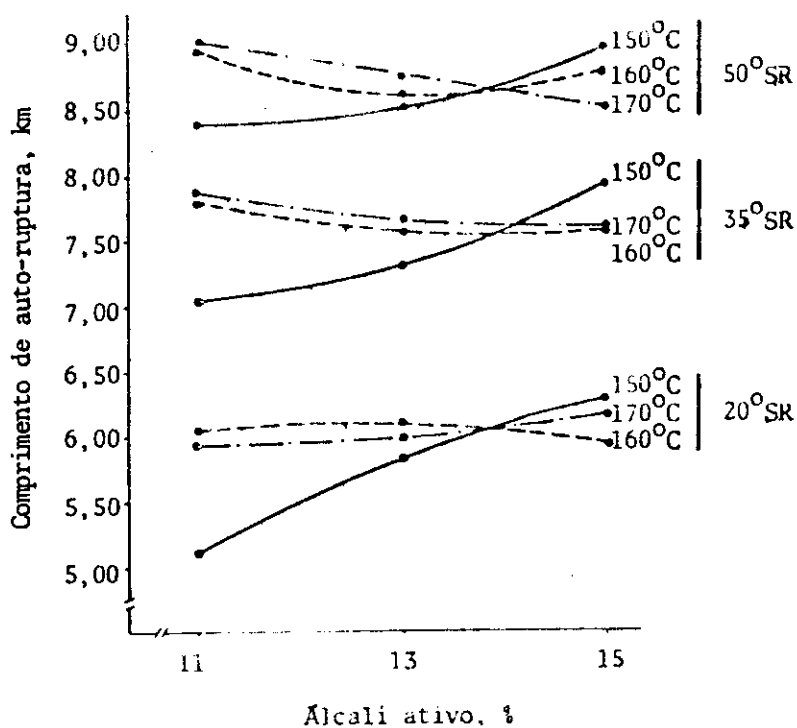


FIGURA 4 - Influência do álcali ativo e da temperatura na resistência à tração da polpa kraft de *Bambusa vulgaris*, em função do grau de refinamento.

3.5. Resistência ao Rasgo

As polpas de *B. vulgaris* apresentaram elevada resistência ao rasgo, como se vê na Figura 8, tendo sido alcançados índices de rasgo superiores a 300. Em linhas gerais, aumentos da temperatura de cozimento e do álcali ativo resultaram em maiores resistências ao rasgo. As resistências mais elevadas foram obtidas com 170°C e 15% de álcali ativo e as mais baixas com 150°C e 11% de álcali ativo. O aumento do teor de lignina residual nas polpas, obtido pelo uso de condições mais suaves de cozimento, influenciou negativamente a resistência ao rasgo, como se vê na Figura 9. As maiores resistências foram obtidas nas polpas com baixos níveis de número kappa. O aumento do número kappa causou pronunciado efeito adverso sobre a resistência ao rasgo, principalmente nas temperaturas de 150 e 160°C.

Pela análise dos resultados obtidos verifica-se que não é possível determinar valores ótimos de álcali ativo e de temperatura para a polpação kraft do *B. vulgaris*, uma vez que esses parâmetros não apresentam similaridade de influência sobre as propriedades das polpas. Assim, para a produção de polpas com alta resistência à tração seria recomendável trabalhar com 150°C de temperatura, 15% de álcali ativo e alto grau de refino. Para a obtenção de polpas com o máximo de resistência ao rasgo, dentro dos limites estudados, recomendam-se 170°C, 15% de álcali ativo e baixo grau de refino. O uso de 170°C e 13%

de álcali ativo favoreceria a obtenção de altas resistências ao rasgo, sem grandes prejuízos da resistência à tração e ao estouro. Valores ideais de temperatura e de álcali ativo deverão ser estabelecidos especificamente para cada fábrica, considerando as características do papel que vai ser produzido e os fatores econômicos (preço de energia, custo do álcali, etc.).

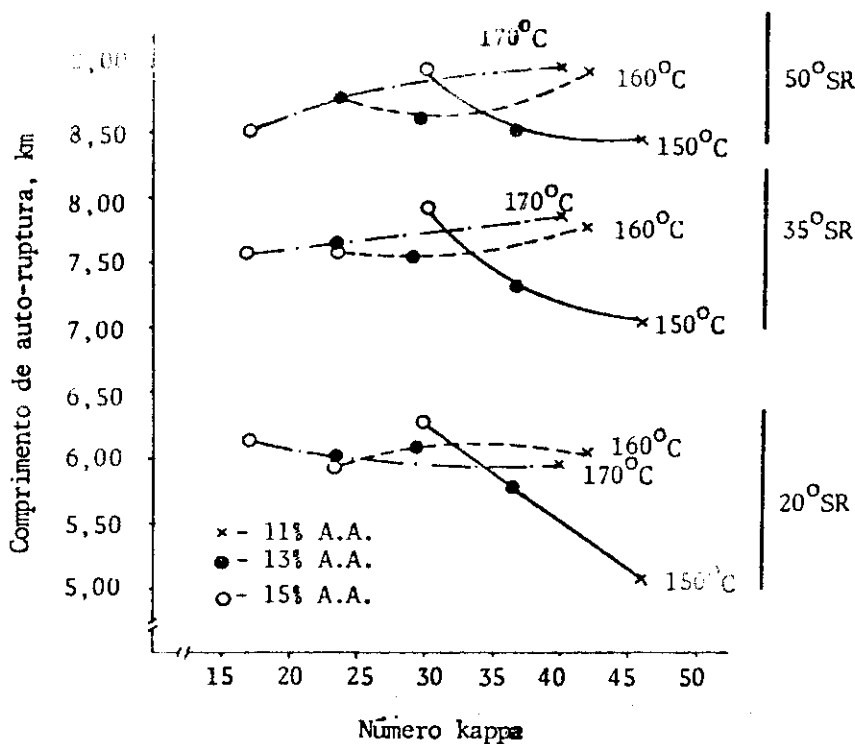


FIGURA 5 - Relação entre os comprimento de auto-ruptura e o número kappa das polpas kraft de *Bambusa vulgaris*.

4. Summary

The effect of active alkali (11, 13, and 15%) and temperature (150, 160, and 170°C) on the kraft pulping of *Bambusa vulgaris* were analyzed. Handsheets were prepared and the influences of these variables on the physical-mechanical properties were determined. The conclusions drawn from the results indicated that each pulp characteristic is affected in a different way. The optimum level of active alkali and temperature has to be established for each mill based on the paper properties desired and on economic factors (pulp yield, energy price, alkali cost, etc.).

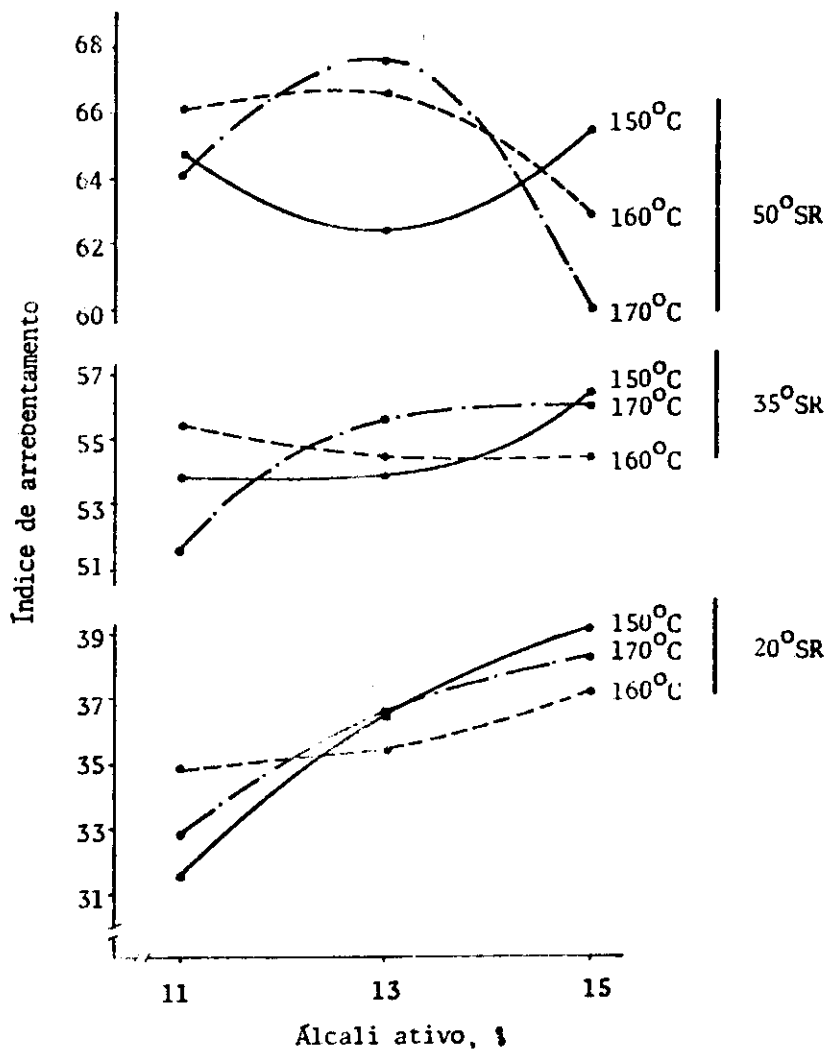


FIGURA 6 - Influência do álcali ativo e da temperatura na resistência ao estouro das polpas kraft de *Bambusa vulgaris*, em função do grau de refinamento.

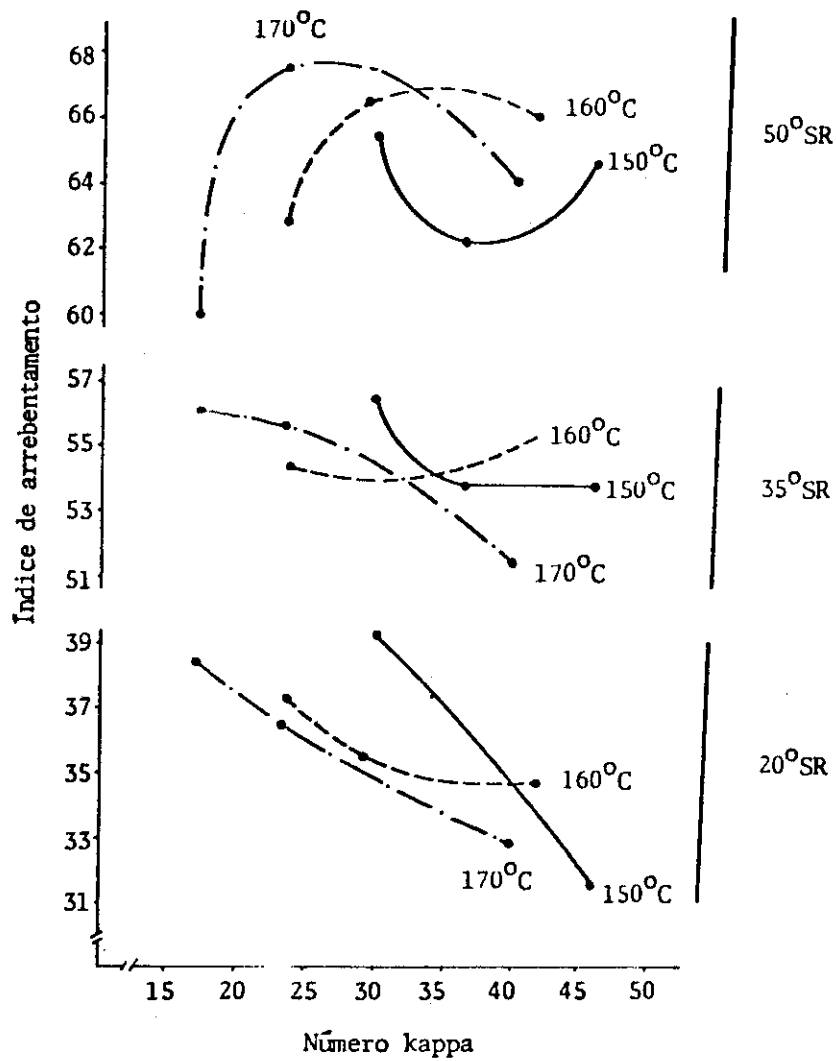


FIGURA 7 - Relação entre o índice de arrebentamento e o número kappa das polpas kraft de *Bambusa vulgaris*.

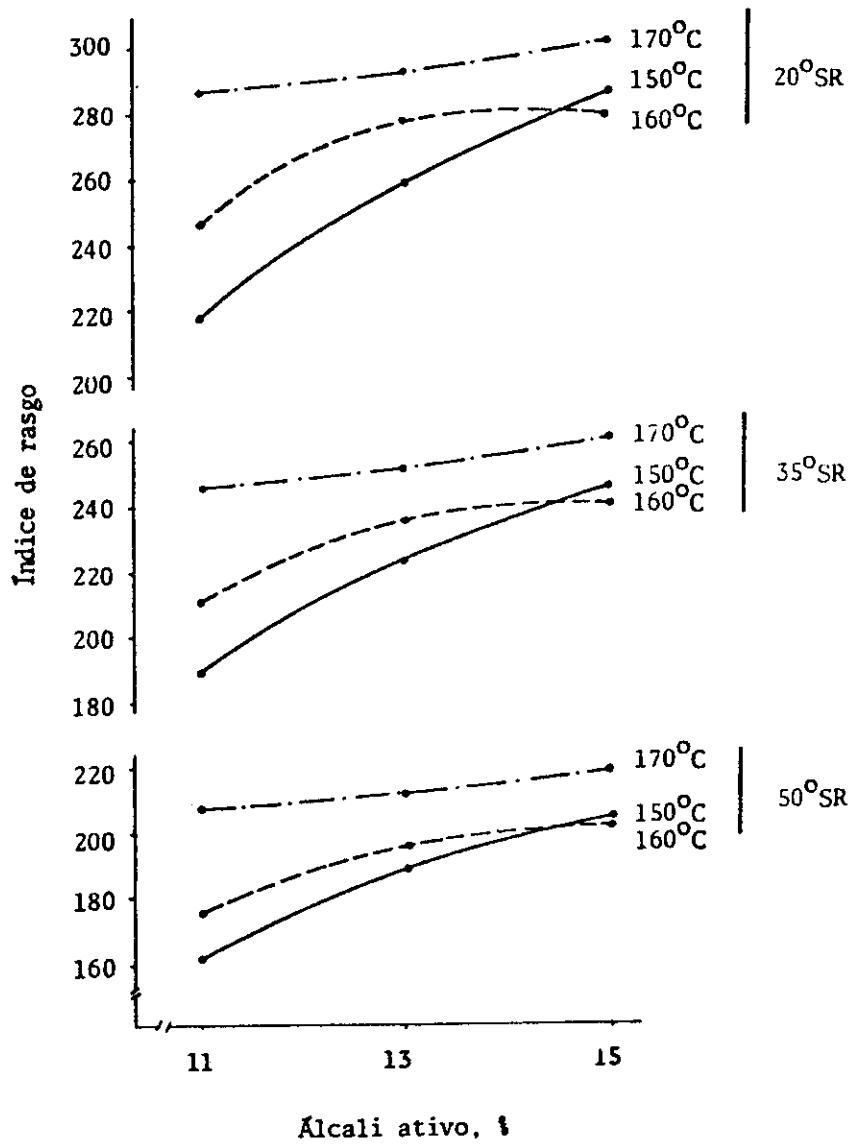


FIGURA 8 - Influência de álcali ativo e da temperatura na resistência ao rasgo das polpas kraft de *Bambusa vulgaris*, em função do grau de refinamento.

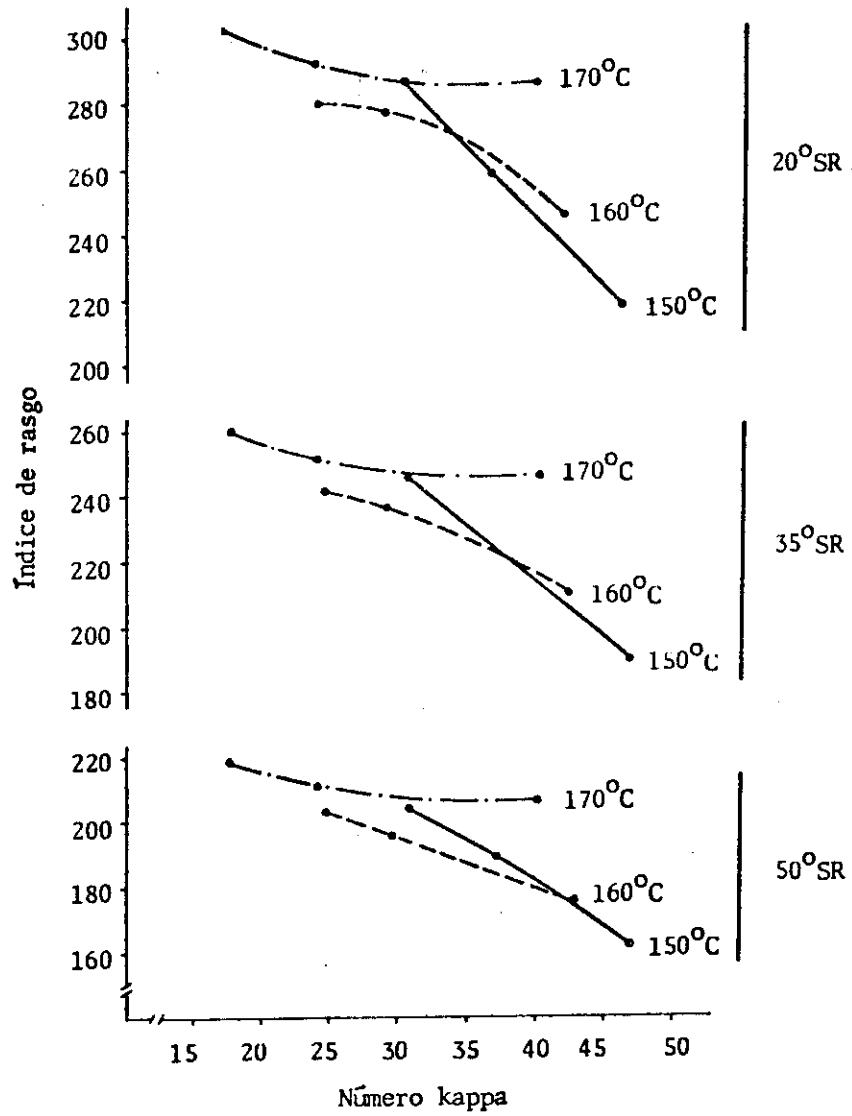


FIGURA 9 - Relação entre o índice de rasgo e o número kappa das polpas kraft de *Bambusa vulgaris*.

5. *Literatura Citada*

1. ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. São Paulo. *Normas ABCP*. s.d.
2. GOMIDE, J.L.; OLIVEIRA, R.C. & COLODETTE, J.L. Influência da idade do *Bambusa vulgaris* nas suas características químicas e anatômicas, visando à produção de polpa celulósica. In: XIV CONGRESSO ANUAL DA ABCP, São Paulo, 1981. *Livro Técnico*, vol. I. São Paulo, ABCP. 1981. p. 5-29.
3. GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J.L. & OLIVEIRA, R.C. Estudo das potencialidades do *Bambusa vulgaris* para a produção de papéis tipo kraft. Viçosa, Univ. Federal. 1982. 18 p. (Datilografado).
4. LOPEZ, O.H. *Bambu*. Cali, Estudios Tecnicos Colombianos Ltda, 1974. 318 p.