

INDEXADO

3350

celulose de papel
 - celulose de BAMBU 381
 - Deslignificação com oxigênio 3570
 - anatomia pinus a cel. 1533

deslignificação com oxigênio da polpa kraft de bambu

José Livio Gomide – UFV, Viçosa, MG

Jorge Luiz Colodette – UFV, Viçosa, MG

Ana Sabina Campos – White Martins, SP

SINOPSE

Este estudo consistiu na avaliação do bambu como uma fonte de fibra longa para produção de celulose de alta alvura, utilizando-se o processo kraft e deslignificação com oxigênio em média consistência (MCOD). As fibras do bambu foram caracterizadas comparativamente com as de Pinus e Eucalyptus. Os resultados da polpação kraft do bambu demonstraram que essa matéria-prima pode ser deslignificada com muito mais facilidade que o Pinus, apresentando maior viscosidade mas menor rendimento depurado que o Pinus. As princi-

pais variáveis do MCOB (álcali, pressão de oxigênio, temperatura, tempo e adição de magnésio) foram otimizadas e as celuloses kraft de bambu e Pinus, após pré-deslignificadas com oxigênio nas condições otimizadas, foram branqueadas pela seqüência C/DEoDED. A celulose de bambu apresentou alta alvura após o branqueamento, sendo a alvura final idêntica à da celulose de Pinus (89,1°ISO). Os efluentes do branqueamento das celuloses das duas espécies foram analisados, tendo o efluente do bambu apresentado maior carga poluidora (cor, DQO e DBO) mas um pH mais próximo ao nível neutro que o do Pinus.

manufacture of high quality bleached kraft pulp using a Medium Consistency Oxygen delignification stage (MCOD) prior to bleaching. Bamboo fibers were compared to Pinus and Eucalyptus fibers. Kraft pulping studies demonstrated that delignification of bamboo chips is much basic to accomplish and results in higher pulp viscosity and lower yield than that of pine wood. The main MCOB variables (alkali charge, oxygen pressure, temperature, reaction time, and magnesium addition) were optimized. Bamboo and pine kraft pulps were bleached using a C/DEoDED sequence after the MCOB stage. Both pulps presented the same high brightness after bleaching (89.1°ISO). The bamboo pulp bleaching effluent presented a higher pollution load (color, COD and BOD) but a pH closer to the neutral point than the pine pulp effluent.

Trabalho apresentado no 23.º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP – realizado em São Paulo – SP – Brasil, de 05 a 09 de novembro de 1990. Ganha-
 dor do Prêmio Kamyra.

ABSTRACT

Bamboo was analyzed as a long fibered raw material for the

1. Introdução

O bambu é uma planta monocotiledônea, pertencente à família das gramíneas, subfamília bambusoideae, com um número ainda não bem definido de espécies, que varia, segundo alguns autores, de 600 a 700 espécies distribuídas em cerca de 60 gêneros (Grosser e Liese, 1971). No Brasil a espécie mais difundida é o *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris* que é utilizada, principalmente na Região Nordeste, para a produção de celulose e papel.

O bambu apresenta um crescimento extremamente rápido, com ciclo de rotação de apenas 5 a 6 anos no primeiro corte e 2 a 4 anos nos cortes subsequentes. Em plantios comerciais o colmo do *Bambusa vulgaris* atinge altura e diâmetro basal superiores a 20 metros e 20 cm, respectivamente, sendo esse desenvolvimento alcançado durante poucos meses no ano.

Estudos preliminares de plantios de bambu (Gomide, 1986) demonstraram a alta produtividade dessas florestas que podem superar, em termos de peso seco/ha/ano, a produtividade das florestas de eucalipto.

Apesar da grande produção brasileira de celulose de fibra curta (2.550.250 ton. em 1988), o Brasil ainda não atingiu a autossuficiência em celulose de fibra longa, tendo importado, em 1988, 61.000 toneladas desse tipo de celulose. O déficit de celulose de fibras longas tem despertado o interesse no Brasil na utilização do bambu para minimizar essa deficiência. Algumas fábricas de papéis de embalagem de alta resistência utilizam o bambu como matéria-prima mas a produção nacional de celulose kraft de bambu é apenas cerca de 4% da produção total de celulose química de fibra longa. Há necessidade de conhecimentos mais detalhados das características da celulose de bambu para que essa fonte de matéria-prima possa ser melhor utilizada para a produção de papéis de alta qualidade.

Vários estudos no Brasil têm demonstrado a grande potencialidade do bambu para produção de papéis de alta qualidade mas a literatura nacional é muito deficiente em trabalhos de branqueamento de celulose kraft de bambu, principalmente utilizando pré-deslignificação com oxigênio para obtenção de menor carga poluidora no branqueamento a altas alvuras.

O objetivo deste estudo foi ter melhor conhecimento da celulose de bambu e analisar a utilização de oxigênio no branqueamento de celulose kraft de bambu, comparando com celulose kraft de *Pinus taeda*.

2. Material e métodos

Este estudo consistiu basicamente numa análise da polpação kraft do bambu e no estudo do branqueamento dessa celulose visando obtenção de alvuras superiores a 88°ISO, utilizando estágios de oxigênio na seqüência OC/DEoDED. Para análise dos processos utilizados e da qualidade da celulose de bambu, os resultados obtidos foram comparados com os da madeira de *Pinus taeda* processada em condições semelhantes.

Foram utilizados cavacos industriais de *Bambusa vulgaris*, de idade não identificada, e cavacos produzidos em picador de laboratório utilizando *Pinus taeda* de 22 anos. Os cavacos foram secos ao ar e classificados manualmente em peneiras de 32x32 e 5x5 mm.

Para caracterizar as fibras de bambu, em relação a outras espécies, alguns cavacos de bambu e de *Pinus* e, também, de *Eucalyptus grandis*, com sete anos de idade, foram transformados em pequenos palitos que foram tratados, a quente, com solução nitro-acética para separação das fibras. As fibras individualizadas, após coloração com safranina, foram medidas com auxílio de microscópio ótico (largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede) e utilizando a técnica de projeção (comprimento). Foram medidas 150 fibras de cada espécie.

Para a realização dos cozimentos kraft foi utilizado um digestor rotativo, aquecido eletricamente, com capacidade de 20 litros. Foram realizados cozimentos preliminares para estabelecimento das condições necessárias para produção de celuloses com número kappa cerca de 30. As condições de cozimento utilizadas para as duas espécies foram as seguintes: álcali ativo, como $\text{Na}_2\text{O} = 23,5\%$ (*Pinus*) e $14,5\%$ (bambu), sulfidez = 25% , relação licor/cavacos = $4/1$ (*Pinus*) e $4,8/1$ (bambu), temperatura máxima = 170°C (*Pinus*) e 165°C (bambu), tempo até temperatura = 100 minutos, tempo à temperatura = 60 minutos (*Pinus*) e 50 minutos (bambu). Para a caracterização dessas celuloses foram determinados os rendimentos total e depurado, o teor de rejeitos, o número kappa e a viscosidade.

Foi desenvolvido um estudo de otimização das condições de pré-deslignificação das celuloses kraft das duas espécies, tendo sido utilizadas as seguintes condições: celulose = 150 g a.s., dosagem de álcali (NaOH) = $1,5 - 2,0 - 2,5$ e $3,0\%$, temperatura = $90, 100$ e 110°C , tempo = 15, 30, 45 e 60 minutos, dosagem de oxigênio = 2% , pressão de oxigênio = $3,5 - 5,0$ e $6,5 \text{ kg/cm}^2$, dosagem de magnésio = $0,1\%$, consistência = 12% . Os experimentos foram realizados em autoclave rotativa, dotada de quatro reatores de aço inox, com capacidade de dois litros cada um, permitindo a realização de quatro pré-deslignificações simultaneamente. Cada reator era dotado de válvula de desgaseificação, válvula de engate rápido para injeção de gases, termômetro e manômetro.

Para a realização da pré-deslignificação, eram misturadas soluções de NaOH , MgSO_4 e água quente à celulose previamente aquecida em banho de vapor, de modo a obter a consistência de 12% . As celuloses eram massageadas vigorosamente por dois minutos, transferidas para os reatores e purgadas com nitrogênio. Era injetado nitrogênio a uma pressão de 1 kg/cm^2 e a

temperatura era elevada até o nível desejado. Atingida a temperatura desejada, liberava-se o nitrogênio, purgava-se com oxigênio e injetava-se a pressão desejada de oxigênio. Terminadas as reações, eram coletadas amostras do licor residual, as celuloses eram lavadas exaustivamente e seus teores de umidade determinados.

Para a realização do estágio de extração oxidativa trabalhou-se com amostras de 150 g a.s. de celulose, utilizando-se os mesmos reatores descritos para a pré-deslignificação. Os processos operacionais, incluindo adição de álcali e água, aquecimento da celulose em banho de vapor, purgação com nitrogênio, aquecimento dos reatores, liberação do nitrogênio, purgação com oxigênio e pressurização com oxigênio foram semelhantes aos descritos para a pré-deslignificação. Na extração oxidativa foram utilizadas consistência de 10%, dosagem de NaOH = 2,0%, temperatura = 65°C, dosagem de oxigênio = 0,5%, pressão de oxigênio = 1,2 kg/cm², tempo de reação com pressão de oxigênio = 15 minutos. Decorrido o tempo de 15 minutos à temperatura de 65°C, liberava-se a pressão de oxigênio e a reação continuava por mais 60 minutos. Terminada a extração oxidativa, media-se o pH final da mistura e retirava-se amostras de celulose e licor residual para análises posteriores.

Todos os estádios de branqueamento, exceto a extração oxidativa com oxigênio (Eo), foram realizados em sacos de polietileno, com amostras de 150 g a.s. de celulose. As condições do branqueamento estão apresentadas no Quadro 1. As celuloses eram preaquecidas em banho de vapor mantido à temperatura constante desejada e as consistências eram ajustadas com água destilada à mesma temperatura e solução de reagente. Após adição de água e reagentes, as celuloses eram massageadas vigorosamente, determinado o pH inicial da reação e as celuloses eram depositadas em banho de vapor com temperatura constante. Após decorrido o tempo de

QUADRO 1

Condições utilizadas na seqüência de branqueamento C/DEoDED

Condições	C/D	Eo	D	E	D	SO ₂
Consistência, %	10	10	10	10	10	2
Temperatura, °C	40	65	70	65	70	Amb.
Tempo, minutos	30	15+60	180	60	180	15
Reagente, %	*	3	2	0,5	0,7	0,25
Oxigênio, %	—	0,5	—	—	—	—

* Total de cloro ativo em C/D = 0,22 x Número kappa.
Relação C/D = 70/30.

reação desejado, media-se o pH final da reação e lavava-se as celuloses exaustivamente com água destilada, utilizando-se um funil Buchner dotado de tela de aço inox de 120 mesh. Coletava-se amostras de celulose e de licor para análises posteriores. Completada a seqüência de branqueamento, as celuloses eram lavadas com solução ácida de sulfito de sódio (pH 1,5 a 2,0), com concentração de 0,15% de SO₂ base celulose a.s.

As análises dos efluentes foram realizadas em amostras obtidas da mistura proporcional dos licores residuais de todos os estádios da seqüência de branqueamento, de acordo com suas consistências. Todas as análises foram realizadas utilizando normas TAPPI.

3. Resultados e discussão

3.1. Dimensões das fibras

No Quadro 2 são apresentadas as dimensões das fibras das três espécies. A fibra do Bambusa vulgaris apresenta um comprimento quase três vezes superior ao do Eucalyptus grandis e, apesar de ser um pouco mais curta que a do Pinus taeda, possui comprimento suficiente para ser classificada como "fibra longa". As larguras das fibras do bambu e do eucalipto são semelhantes e muito estreitas quando comparadas com as do Pinus. As fibras do Pinus possuem lúmen largo e paredes mais espessas enquanto as fibras do bambu e do eucalipto possuem lúmen estreito e paredes mais delgadas. Numa visão global verifica-se que as fi-

QUADRO 2

Dimensões das fibras de Bambusa vulgaris, Pinus taeda e Eucalyptus grandis

Dimensões das Fibras	Bambu	Pinus	Eucalyptus
Comprimento, mm	2,7	3,4	1,0
Largura, µm	17,2	40,5	17,7
Diâmetro do lumen, µm	6,9	23,3	10,2
Espessura da parede, µm	5,2	8,6	3,8

bras do bambu são semelhantes às do Pinus quanto ao comprimento mas possuem dimensões transversais semelhantes às do eucalipto. As paredes das fibras do bambu são mais espessas que as do eucalipto o que deverá resultar numa resistência intrínseca mais elevada das fibras do bambu em relação às do eucalipto. As fibras do bambu, por apresentarem pequeno diâmetro do lúmen, são fibras mais rígidas e deverão apresentar maior dificuldade de colapso durante o refino da polpa celulósica. Numa análise comparativa das características dimensionais das fibras do bambu, em relação às outras espécies, verifica-se que a celulose de bambu possui potencial para apresentar resistências semelhantes às do Pinus e superiores às do eucalipto. Na estrutura de uma folha de papel, o comprimento das fibras do bambu, aliado à resistência intrínseca das paredes e à menor largura, o que possibilitará um maior número de fibras por unidade de volume, resulta em alta resistência ao rasgo o que, aliás, é característico da celulose de bambu.

3.2. Polpação kraft

Os cozimentos kraft foram realizados visando produzir celuloses com números kappa cerca de 30, tendo esse nível de deslignificação sido selecionado para ambas as celuloses por ser um valor já convencional para celulose branqueável de Pinus e por ser aconselhável para celulose de bambu, conforme estudo desenvolvido por Santos (1989).

No Quadro 3 são apresentadas condições de cozimento e características das celuloses kraft de bambu e de Pinus.

O bambu apresentou uma facilidade de deslignificação muito superior ao Pinus. Para obter números kappa semelhantes (aprox. 30) foram utilizados uma carga de álcali ativo e um fator H cerca de 40% inferiores para o bambu.

A alta carga alcalina necessária para o Pinus resultou em degradação dos carboidratos e,

QUADRO 3

Condições de cozimento e características das celuloses kraft de bambu e de Pinus

	Bambu	Pinus
Alcali ativo, %	14,5	23,5
Fator H	604	1054
Rendimentos: Total	42,8	46,2
Depurado	39,4	46,1
Rejeitos	3,4	0,1
Número kappa	29,1	31,8
Viscosidade, cP	80,6	22,7
Alvura, °ISO	30,6	32,2

conseqüentemente, em viscosidade relativamente baixa (22,7 cP). A alta viscosidade da celulose de bambu (80,6 cP), apesar de ser uma indicação de uma degradação muito baixa dos carboidratos, não deve ser considerada como uma medida precisa de um elevado grau de polimerização da cadeia de celulose uma vez que, provavelmente, essa alta viscosidade da celulose kraft do bambu deve estar sendo favoravelmente influenciada por, talvez, algum extrativo do bambu.

As celuloses de bambu e de Pinus apresentaram alvuras semelhantes, antes do branqueamento, sendo que a celulose de bambu apresentou uma tonalidade mais amarelada.

Uma grande desvantagem observada para a celulose de bambu foi o baixo rendimento depurado, cerca de 15% inferior ao do Pinus. Num processamento industrial, entretanto, esse rendimento do bambu não é tão baixo. No laboratório, a lavagem da celulose após o cozimento foi realizada em tela de 120 mesh que não retém as células de parênquimas. Estudos laboratoriais (Gomide, 1985) demonstraram que uma celulose de bambu (kappa 30) é constituída por cerca de 35% de células de parênquima, apresentando um rendimento depurado de 45% quando não há perda de parênquimas na

lavagem. Industrialmente, a formação de uma camada de fibras na tela do filtro lavador evita a perda das células de parênquima, resultando em rendimento superior ao determinado neste estudo.

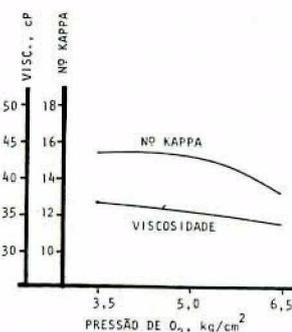


FIGURA 1. Influência da pressão de oxigênio no número kappa e viscosidade da celulose de bambu, no estado de pré-deslignificação (álcali = 2,5%, tempo = 60 minutos, temperatura = 100°C, sem adição de magnésio).

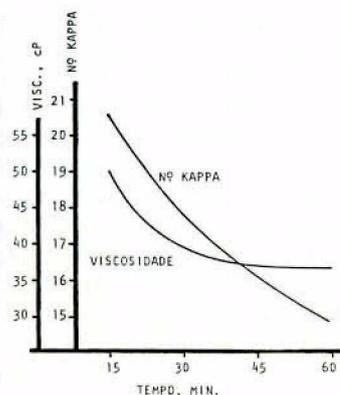


FIGURA 2. Efeito do tempo de reação do estágio de pré-deslignificação no número kappa e viscosidade da celulose de bambu (álcali = 2,5%, pressão O₂ = 3,5 kg/cm², temperatura = 100°C, sem adição de magnésio).

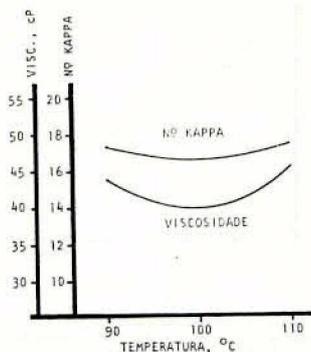


FIGURA 3. Efeito da temperatura do estágio de pré-deslignificação no número kappa e viscosidade da celulose de bambu (álcali = 2,5%, tempo = 60 minutos, pressão O₂ = 3,5 kg/cm², magnésio = 0,1%).

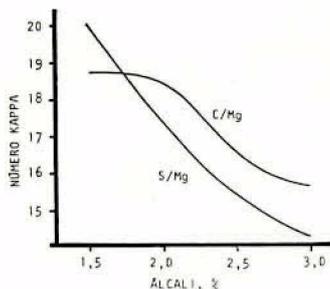


FIGURA 4. Efeito da dosagem de álcali e da adição de magnésio, no número kappa da celulose de bambu (pressão O₂ = 3,5 kg/cm², temperatura = 100°C, tempo = 60 minutos, magnésio = 0,1%).

3.3. Pré-deslignificação com oxigênio e branqueamento

Nas Figuras 1 a 10 são mostrados os efeitos de diferentes variáveis do estágio de pré-deslignificação com oxigênio (carga de álcali, tempo, temperatura, pressão de oxigênio e adição de magnésio) na viscosidade e número kappa das celuloses de bambu (Fig. 1 a 5) e de Pinus (Fig. 6 a 10). Esses estudos foram desenvolvidos com o objetivo de estabelecer condições otimizadas para obtenção de celulose com o máximo de deslignificação e mínimo de degradação dos carboidratos, considerando, também, aspectos econômicos.

Nas Figuras 1 e 6 verifica-se que a pressão de O₂ equivalente a 3,5 kg/cm² é a pressão mais indicada, por ser a mais econômica e por resultar em menor degradação dos carboidratos (viscosidade mais elevada), apesar de não ser a mais eficiente para a deslignificação.

O tempo de 60 minutos de reação do estágio de pré-deslignificação com oxigênio foi o sele-

cionado como o mais indicado por ter apresentado a maior eficiência de deslignificação sem, entretanto, ter causado forte decréscimo na viscosidade (Figuras 2 e 7).

A temperatura da pré-deslignificação apresentou efeitos diferentes nas celuloses de bambu e de Pinus, como pode ser verificado, respectivamente, nas Figuras 3 e 8. Para ambas as celuloses, tanto a temperatura de 100°C como a de 110°C poderia ser a indicada, dependendo se o objetivo principal fosse o máximo de deslignificação ou o máximo de proteção da viscosidade.

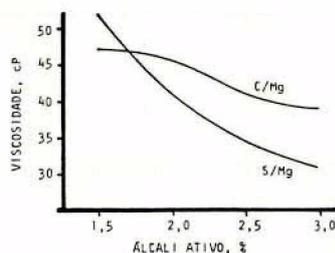


FIGURA 5. Efeito da dosagem de álcali e adição de magnésio, no estágio de pré-deslignificação, na viscosidade da celulose de bambu (pressão O₂ = 3,5 kg/cm², temperatura = 100°C, tempo = 60 minutos, magnésio = 0,1%).

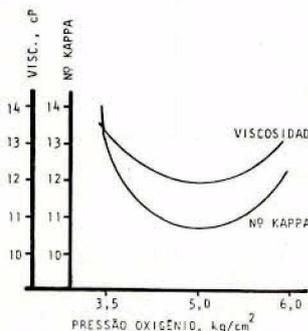


FIGURA 6. Influência da pressão de oxigênio no número kappa e viscosidade da celulose de Pinus, no estágio de pré-deslignificação (álcali = 2,5%, tempo = 60 minutos, temperatura = 100°C, sem adição de magnésio).

Numa análise geral, a temperatura de 100°C foi considerada como a mais indicada por ter sido a mais eficiente para a deslignificação da celulose de bambu e por ter resultado em maior proteção da viscosidade da celulose de Pinus, além de representar menor consumo de energia.

Nas Figuras 4 e 9 são mostrados os efeitos da carga alcalina e da adição de magnésio (0,1%) no número kappa das celuloses de, respectivamente, bambu e Pinus, durante o estágio de pré-

deslignificação com oxigênio. Nas Figuras 5 e 10 são mostrados os efeitos dessas mesmas variáveis na viscosidade. Nessas figuras pode ser observado que a adição de magnésio aumenta a dificuldade de deslignificação mas apresenta um efeito favorável de proteção da viscosidade, principalmente na celulose de bambu. A análise dos resultados demonstrou que o magnésio deve ser utilizado na pré-deslignificação e que a carga alcalina aconselhável seria de cerca de 2,5% da NaOH, uma vez que a eficiência de deslignificação tende a estabilizar quando é utilizada carga alcalina acima desse limite.

Após o estabelecimento das condições otimizadas para o estágio de pré-deslignificação (álcali = 2,5%, temperatura = 100°C, tempo = 60 minutos, pressão de oxigênio = 3,5 kg/cm² e adição de magnésio = 0,1%) foram realizadas mais duas operações de pré-deslignificação, nessas condições, para cada tipo de celulose, de modo a obter uma quantidade suficiente de celulose pré-deslignificada para os estudos de branqueamento. As celuloses pré-deslignifica-

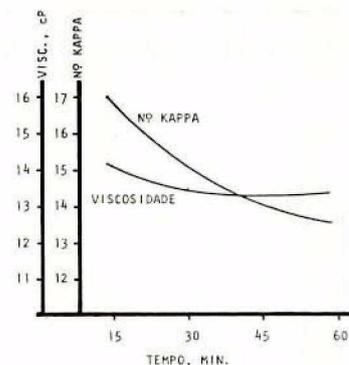


FIGURA 7. Efeito do tempo de reação do estágio de pré-deslignificação no número kappa e viscosidade da celulose de Pinus (álcali = 2,5%, pressão O₂ = 3,5 kg/cm², temperatura = 100°C, sem adição de magnésio).

das foram branqueadas pela seqüência C/DEoDED e os resultados obtidos são apresentados no Quadro 4.

O estágio de pré-deslignificação demonstrou ser mais eficiente para o Pinus que para o bambu, uma vez que houve uma diminuição de 55% no número

QUADRO 4

Características das celuloses de bambu e Pinus antes e após branqueamento pela seqüência OC/DEoDED

Característica	Bambu	Pinus
Número kappa: Inicial	29,1	31,8
Após O	16,7	14,3
Viscosidade, cP: Inicial	80,6	22,7
Após O	40,6	14,8
Final	25,8	11,2
Alvura, °ISO: Inicial	30,6	32,0
Após O	31,2	36,5
Final	89,1	89,1

QUADRO 5

Características dos efluentes do branqueamento das celuloses kraft pré-deslignificadas de bambu e Pinus

Características	Bambu	Pinus
Cor, kg/TCAS*	50,0	32,4
DQO, kg/TCAS	42,3	30,4
DBO ₅ , kg/TCAS	11,86	7,07
pH	9,4	10,2

* Tonelada de Celulose Absolutamente Seca.

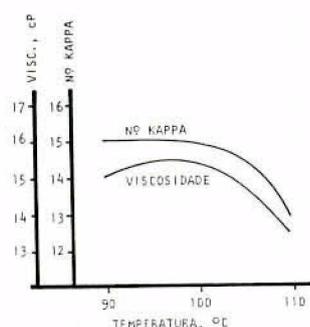


FIGURA 8. Efeito da temperatura do estágio de pré-deslignificação no número kappa e viscosidade da celulose de Pinus (Alcali = 2,5%, tempo = 60 minutos, pressão O₂ = 3,5 kg/cm², magnésio = 0,1%).

kappa da celulose de Pinus e de 44% na celulose de bambu.

A pré-deslignificação com oxigênio causou um forte decréscimo da viscosidade da celulose de bambu (50%), em comparação com a de Pinus (35%) mas,

mesmo assim, após esse estágio, a viscosidade da celulose de bambu ainda era cerca de 170% superior à do Pinus. Após a seqüência completa de branqueamento a viscosidade final da celulose de bambu (25,8 cP) foi mais do dobro da de Pinus (11,2 cP). Os altos valores de viscosidade da celulose de bambu, entretanto, parecem ser, pelo menos em parte, resultantes da presença de um teor relativamente elevado de amido nas células de parênquima e, provavelmente, não representam com fidelidade o grau de polimerização da estrutura química da cadeia de celulose.

Apesar de ter sido detectada uma ligeira dificuldade inicial de branqueamento da celulose de bambu em relação à de Pinus no

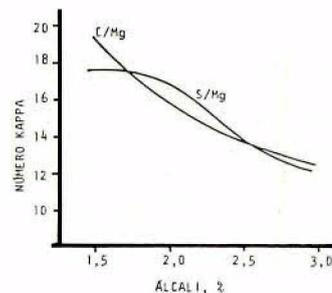


FIGURA 9. Efeito da dosagem de alcali e da adição de magnésio, no estágio de pré-deslignificação, no número kappa da celulose de Pinus (pressão O₂ = 3,5 kg/cm², temperatura = 100°C, tempo = 60 minutos, magnésio = 0,1%).

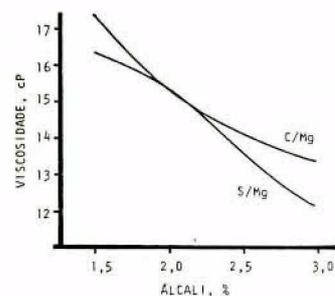


FIGURA 10. Efeito da dosagem de alcali e da adição de magnésio, no estágio de pré-deslignificação, na viscosidade da celulose de Pinus (pressão O₂ = 3,5 kg/cm², temperatura = 100°C, tempo = 60 minutos, magnésio = 0,1%).

estádio de pré-deslignificação, ambas as celuloses responderam bem à seqüência de branqueamento, tendo sido obtido o mesmo nível de alta alvura (89,1°ISO) para as duas celuloses.

3.4. Licores residuais do branqueamento

Os licores residuais de todos os estádios da seqüência de branqueamento C/DEoDED foram misturados equitativamente de modo a obter um único efluente para cada celulose. As características poluidoras dos dois efluentes são apresentadas no Quadro 5. Nesse quadro pode ser observado que o efluente da celulose de bambu apresentou uma carga poluidora significativamente superior à de celulose de Pinus, tanto do ponto de vista de cor, como de DQO e de DBO. Foi detectada a presença de células de parênquima e de amido nos licores residuais do branqueamento da celulose de bambu, o que certamente foi responsável pela maior carga poluidora do efluente. Em operação industrial o teor de células de parênquima no efluente deverá ser me-

nor, devido à retenção na massa por ocasião da lavagem, mas a presença do amido deverá ainda ser problemática. Por outro lado, o efluente da celulose de bambu apresentou pH mais próximo do nível de neutralidade, o que representa menor potencial poluidor.

4. Bibliografia

Grosser, D. & Liese, W. On the anatomy of Asian bamboos, with special reference to their

vascular bundles. *Wood Science and Technology* 5(4): 290-312. 1971.

Gomide, G. L. A. Produtividade do *Bambusa vulgaris* em plantios da Indústria de Papéis Santo Amaro. Viçosa, SIF, 1986. 6 p. (Relatório Técnico de Pesquisa).

Santos, G. A. Impregnação dos cavacos, solubilização dos constituintes químicos e desenvolvimento das características da polpa celulósica de

Bambusa vulgaris Schrad ex Wendl var. *vulgaris*, durante a polpação kraft. Viçosa, Univ. Federal, 1988. 67 p. (Tese M.S.).

Gomide, J. L. Influência do teor de células de parênquima nas características e propriedades da polpa kraft de *Bambusa vulgaris* com grau de deslignificação otimizado. In: Congresso Anual de Celulose e Papel, 18.º, São Paulo, ABCP, 1985. Anais, São Paulo, ABCP, 1985. p. 139-147.

