

PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE CELULOSES KRAFT OBTIDAS POR COZIMENTOS CONJUNTOS DE MADEIRAS DE *Pinus strobus* var. *chiapensis* E *Eucalyptus urophylla*, DE ORIGEM HÍBRIDA<sup>1</sup>

Rubens Chaves de Oliveira<sup>2</sup>  
 Celso E.B. Foelkel<sup>3</sup>  
 José Lívio Gomide<sup>2</sup>

Resumo

Este estudo teve como objetivo analisar as propriedades físico-mecânicas das celulosas produzidas em cozimentos conjuntos de madeiras de *Pinus strobus* var. *chiapensis* e *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida, em proporções de 0, 33,33, 66,66 e 100% de cada espécie, objetivando a incorporação das características vantajosas de cada matéria-prima num produto final.

A vantagem proporcionada pelas fibras longas do pinus, em termos de propriedades mecânicas, foi a maior resistência ao rasgo, à tração e ao arrebitamento, no início do refino. As desvantagens conferidas pelo pinus em mistura na polpa foram mais tempo para atingir o grau de refino preestabelecido e resistência à tração inferior, nos altos níveis de refino. Apenas 33,33% da madeira de pinus na mistura foram suficientes para incorporar à celulose boa parte das características desejáveis das fibras longas. As celulosas do eucalipto a 40°SR já apresentaram boas propriedades de resistência à tração e ao arrebitamento.

1. INTRODUÇÃO

A possibilidade de cozimentos conjuntos de misturas de madeira para produção de celulose, especialmente pelo processo kraft, tem sido demonstrada com relativo sucesso (2).

KOSAYA et alii (3) realizaram, em laboratório, uma série de

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 20/02/80.

<sup>2</sup> Dep. de Engenharia Florestal da U.F.V. - 36570 Viçosa, MG.

<sup>3</sup> RIOCELL, Caixa Postal 108 - 92.500 Guaíba, RS.

cozimentos kraft de madeiras de pinus e de álamo, em conjunto e em separado. Os resultados indicaram que a produção de celulose a partir de cozimentos de misturas dessas madeiras resulta em celulose com boas características de rendimento e de resistência.

BARRICHELO e FOELKEL (1) analisaram as propriedades físico-mecânicas das pastas celulósicas resultantes de cozimentos sulfato, nos quais proporções de 5 e 10% de cavacos de *Bambusa vulgaris* var. *vitatta* eram misturados a cavacos de *Eucalyptus saligna*. A substituição da madeira de *E. saligna* pela de *B. vulgaris* elevou sensivelmente os rendimentos e a resistência ao rasgo da celulose resultante. O tempo de moagem, a densidade aparente e a resistência à tração e ao arrebitamento não foram alterados.

Tanto os aspectos técnico-econômicos relativos à produção de celulose e papel como as características anatômicas das madeiras de coníferas e folhosas têm estimulado a utilização de misturas de fibras longas e curtas na produção de celulose e papel.

O uso das espécies do gênero *Eucalyptus*, que têm fibras tipicamente curtas, resulta na obtenção de papéis com melhor formação, maior lisura e boas propriedades físico-mecânicas. Entretanto, não se consegue alta resistência ao rasgo utilizando-se apenas celulose de fibra curta. As características proporcionadas pelas fibras longas dos pinus resultam em papéis com maiores resistência mecânica, maior resistência da folha úmida e na ausência de vasos, os quais podem prejudicar a impressão dos papéis.

Considerando as vantagens de um e de outro tipo de matéria-prima, procurou-se analisar a incorporação das características vantajosas de cada uma dessas matérias-primas num único produto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As celulosas kraft foram produzidas com o uso de quatro proporções de mistura de madeiras de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida, com 7 anos de idade, e de *Pinus strobus* var. *chiapensis*, com 10 anos de idade: 0% de pinus (100% de eucalipto), 33,33% de pinus (66,66% de eucalipto), 66,66% de pinus (33,33% de eucalipto) e 100% de pinus (0% de eucalipto).

Como as duas madeiras se diferenciavam anatômica e quimicamente, suas celulosas foram produzidas em diferentes condições de fator H (900 e 1100) e de álcali ativo. As demais variáveis de deslignificação foram mantidas fixas: sulfidez = 25%; temperatura máxima = 170°C; tempo até temperatura máxima = 90 min; e relação licor/madeira = 4/1.

A quantidade de cavacos por cozimento, realizado em digestor rotativo (2-3 rpm), com 20 litros de capacidade, foi equivalente a 500 g de madeira seca. Foram realizados três cozimentos de cada vez, usando-se células especiais.

Para o estudo das propriedades físico-mecânicas, os tratamentos foram dispostos no esquema fatorial 4 x 2 x 2 x 3, para os fatores percentagem de madeira de *Pinus strobus*, fator H, álcali ativo e grau de refino, respectivamente, em delineamento inteiramente casualizado, com 3 repetições. Foram efetuadas análises de variância. As comparações de

médias foram feitas pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de significância.

Depois de depurada em malhas de 0,9 x 0,9 mm, a celulose foi refinada em moinho Jokro Muhle, a uma consistência de 5%, tendo sido utilizados cinco tempos de refino por celulose, incluindo o nível zero. O grau de refino foi determinado de acordo com as normas da ABCP.

A formação de folhas, com gramatura de 60 g/m<sup>2</sup>, aproximadamente, se deu em formador Koethen Rapid, com 2 secadores. Foram confeccionadas 9 folhas para cada tempo de refino, ou seja, 45 folhas por cozimento, num total de 2.160 folhas.

Os ensaios físico-mecânicos foram realizados de acordo com as normas da ABCP: resistência à tração, ao arrebentamento e ao rasgo e densidade aparente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da determinação físico-mecânica das celulosas obtidas, extrapolados para os graus de refino de 20, 40 e 60°SR, são apresentados no Quadro 1.

3.1. Tempo de Refino Necessário para Atingir 20, 40 e 60°SR

A comparação das médias dos valores relativos ao tempo de refino, em minutos, necessário para alcançar 20, 40 e 60°SR é apresentada nos Quadros 2 e 3, respectivamente.

De acordo com a análise de variância, verificou-se o efeito significativo dos fatores percentagem de pinus e grau de refino. A interação de terceira ordem, % de pinus x fator H x % de Na<sub>2</sub>O, e a de segunda ordem, % de pinus x °SR e % Na<sub>2</sub>O x °SR, foram desdobradas. A interação % de pinus x fator H x % de Na<sub>2</sub>O, ao ser desdobrada, mostrou que a percentagem de pinus exerceu efeito significativo no tempo de refino, independentemente dos outros fatores.

O desdobramento da interação % de pinus x °SR indicou que o grau de refino foi influenciado significativamente pelo tempo de refino, para quaisquer percentagens de madeira de pinus. Para cada nível de grau de refino, a percentagem de pinus influenciou significativamente o tempo de refino. Os resultados do Quadro 2 reforçam a observação de que, para obter um grau de refino prefixado, é necessário maior tempo, à medida que é aumentada a percentagem de madeira de pinus. Nesse mesmo quadro, observa-se que, aumentando-se a percentagem de madeira de pinus, torna-se mais difícil o refino, necessitando-se, conseqüentemente, de tempo mais longo.

O desdobramento da interação % de Na<sub>2</sub>O x °SR indicou que o grau de refino exerceu efeito significativo sobre o tempo de refino, nos dois níveis de álcali ativo estudados. As análises do Quadro 3 indicam que, para elevar o grau de refino, é necessário aumentar o tempo de refino, independentemente das dosagens de madeira em mistura e dos níveis de álcali ativo utilizados na produção de celulose.

QUADRO 1 - Valores médios de resistência à tração, ao arrebentamento e ao rasgo, densidade aparente e tempo de refino, a 20, 40 e 60°SR

Tratamentos	Tempo de refino (min)			Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )			Coeficiente de auto-estrutura (km)			Índice de arrebentamento			Índice de rasgo		
	20°	40°	60°	20°	40°	60°	20°	40°	60°	20°	40°	60°	20°	40°	60°
14% de Na <sub>2</sub> O, H 900															
- 0% de pinus	16,7	63,5	84,0	0,512	0,587	0,637	5,12	7,43	8,10	27,7	46,7	55,5	87,7	117,2	108,3
- 33,33% de pinus	20,2	92,5	111,9	0,530	0,596	0,617	5,92	7,83	8,62	37,8	58,2	62,6	152,8	126,2	122,8
- 66,66% de pinus	50,8	105,0	136,0	0,583	0,605	0,623	6,86	7,65	8,50	53,1	61,0	65,5	151,8	130,7	120,8
- 100% de pinus	87,2	127,0	156,5	0,573	0,601	0,607	6,23	6,73	6,73	53,3	55,9	56,5	164,2	140,9	126,7
14% de Na <sub>2</sub> O, H 1100															
- 0% de pinus	2,6	65,8	83,7	0,460	0,581	0,607	3,72	7,55	8,23	20,3	54,2	63,6	72,7	133,9	130,9
- 33,33% de pinus	32,7	96,0	116,2	0,567	0,607	0,635	6,08	7,02	7,72	33,2	42,3	49,3	142,0	121,8	115,5
- 66,66% de pinus	65,3	109,5	128,5	0,614	0,603	0,625	5,97	8,46	8,68	49,5	58,8	62,8	132,7	118,7	107,3
- 100% de pinus	127,8	173,5	195,7	0,601	0,615	0,630	7,16	7,75	7,87	54,2	61,4	62,2	122,3	107,6	97,7

Continua

Quadro 1 - Continuação

Tratamentos	Tempo de refino (min)			Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )			Coeficiente de auto-ruptura, (80)			Índice de arretamento			Índice de resgo		
	20°	40°	60°	20°	40°	60°	20°	40°	60°	20°	40°	60°	20°	40°	60°
16% de Na <sub>2</sub> O; H 900															
- 0% de pinus	21,7	70,2	90,0	0,535	0,598	0,643	5,82	7,40	8,70	34,4	57,5	70,0	97,0	104,9	95,2
- 33,33% de pinus	36,6	110,2	121,2	0,562	0,610	0,655	6,68	7,62	7,94	43,2	56,0	65,2	144,2	116,3	99,5
- 66,66% de pinus	76,5	123,0	146,6	0,579	0,606	0,623	6,05	7,85	7,25	43,8	55,2	58,8	124,6	104,9	97,4
- 100% de pinus	111,1	151,5	167,7	0,572	0,584	0,615	6,77	7,02	7,30	46,3	51,3	54,2	124,0	103,2	93,2
16% de Na <sub>2</sub> O; H 1100															
- 0% de pinus	19,3	59,2	88,1	0,523	0,590	0,624	6,02	7,50	8,53	30,8	48,8	55,4	99,3	101,8	99,8
- 33,33% de pinus	34,0	92,0	116,8	0,529	0,558	0,582	6,70	7,40	7,88	33,7	45,7	52,6	130,3	115,8	105,9
- 66,66% de pinus	48,3	98,0	114,7	0,577	0,603	0,640	7,13	7,30	7,13	42,0	45,5	47,3	124,3	114,2	104,7
- 100% de pinus	69,6	102,0	115,8	0,650	0,645	0,668	7,40	7,78	7,70	54,3	55,8	57,7	131,0	113,8	107,0

QUADRO 2 - Comparação das médias dos valores de tempo de refino nas interações % de pinus x fator H x % de Na<sub>2</sub>O e % de pinus x OSR: Influência da percentagem de pinus

Tratamentos	pinus (%)			
	0	33,33	66,66	100
14% de Na <sub>2</sub> O; H 900	52,6 d*	71,9 c	96,7 b	124,9 a
14% de Na <sub>2</sub> O; H 1100	49,1 d	82,9 c	99,5 b	164,5 a
16% de Na <sub>2</sub> O; H 900	58,0 d	85,2 c	114,8 b	141,5 a
16% de Na <sub>2</sub> O; H 1100	55,8 c	81,7 b	85,2 b	94,4 a
20°SR	15,1 d	30,9 c	60,2 b	98,9 a
40°SR	60,1 d	93,9 c	105,5 b	136,2 a
60°SR	86,4 d	116,5 c	131,4 b	158,9 a

\* Na mesma linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 3 - Comparação das médias dos valores de tempo de refino nas interações % de pinus x OSR e % de Na<sub>2</sub>O x OSR: Influência do grau de refino

Tratamentos	Grau de refino (°SR)		
	20	40	60
0% de pinus	15,1 c*	60,1 b	86,4 a
33,33% de pinus	30,9 c	93,9 b	116,5 a
66,66% de pinus	60,2 c	105,5 b	131,4 a
100% de pinus	98,9 c	136,2 b	158,9 a
14% de Na <sub>2</sub> O	50,4 c	101,3 b	126,5 a
16% de Na <sub>2</sub> O	52,1 c	96,5 b	120,1 a

\* Na mesma linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

## 3.2. Densidade Aparente das Folhas de Celulose

A comparação das médias dos valores da densidade aparente das folhas de celulose, expressos em g/cm<sup>3</sup>, encontra-se nos Quadros 4 e 5, respectivamente.

QUADRO 4 - Comparação das médias dos valores de densidade aparente nas interações % de pinus x fator H x % de Na<sub>2</sub>O e % de pinus x °SR: Influência da percentagem de pinus

Tratamentos	pinus (%)			
	0	33,33	66,66	100
14% de Na <sub>2</sub> O:H 900	0,578 a*	0,581 a	0,604 a	0,594 a
14% de Na <sub>2</sub> O:H 1100	0,549 b	0,603 a	0,614 a	0,615 a
16% de Na <sub>2</sub> O:H 900	0,592 a	0,602 a	0,603 a	0,590 a
16% de Na <sub>2</sub> O:H 1100	0,579 c	0,556 c	0,594 b	0,654 a
20°SR	0,507 c	0,547 b	0,588 a	0,599 a
40°SR	0,588 a	0,593 a	0,604 a	0,611 a
60°SR	0,628 a	0,617 a	0,619 a	0,630 a

\* Na mesma linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

Pela análise de variância, observou-se que os fatores percentagem de pinus e grau de refino foram significativos. Em razão de diversas interações terem sido significativas, as interações % de pinus x fator H x % de Na<sub>2</sub>O e % de pinus x °SR foram desdobradas.

O desdobramento da interação % de pinus x fator H x % de Na<sub>2</sub>O demonstrou que a percentagem de pinus apresentou efeito significativo apenas para os tratamentos com fator H = 1100. Para fator H = 900 não foram constatadas diferenças entre as densidades aparentes das folhas.

O desdobramento da interação % de pinus x °SR mostrou que o grau de refino influenciou significativamente a densidade aparente das folhas de celulose com quaisquer proporções de pinus.

No Quadro 4, observa-se que, para o fator H=1100, a densidade aumentou de 0 para 100% de pinus, o que indica que as fibras longas e largas dos pinus tendem a colapsarem-se com o

refino, quando mais deslignificadas. Pode ser observado, nesse mesmo quadro, que, a 20°SR, a densidade aparente aumentou com o aumento da percentagem de pinus. Nos demais graus de refino não foram constatadas diferenças significativas.

QUADRO 5 - Comparação das médias dos valores de densidade aparente na interação % de pinus x °SR: Influência do grau de refino

Tratamentos	Grau de refino (°SR)		
	20	40	60
0% de pinus	0,507 c*	0,588 b	0,628 a
33,33% de pinus	0,547 b	0,593 a	0,617 a
66,66% de pinus	0,588 b	0,604 ab	0,619 a
100% de pinus	0,599 b	0,611 ab	0,630 a

\* Na mesma linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

No Quadro 5, pode-se verificar que a densidade aparente apresentou uma relação direta com o grau de refino, nas condições estudadas.

## 3.3. Resistência à Tração das Celuloses

A comparação das médias dos valores relativos à resistência à tração, expressos pelo comprimento de auto-ruptura, em km, encontra-se nos Quadros 6 e 7, respectivamente.

Pela análise de variância, observou-se o efeito significativo dos fatores percentagem de pinus e grau de refino. As interações % de pinus x fator H, % de pinus x % de Na<sub>2</sub>O, % de pinus x °SR e % de Na<sub>2</sub>O x °SR foram significativas.

No desdobramento da interação % de pinus x fator H, observou-se que, dentro dos dois níveis de fator H, a percentagem de pinus influenciou significativamente a resistência à tração.

O desdobramento da interação % de pinus x % Na<sub>2</sub>O revelou que a percentagem de pinus influenciou a resistência à tração apenas ao nível de 14% de Na<sub>2</sub>O.

Com o desdobramento da interação % de pinus x °SR, foi possível verificar que o grau de refino exerceu efeito significativo sobre a resistência à tração, nos tratamentos com 0, 33,33 e 66,66% de pinus, não se constatando efeito para 100% de pinus.

QUADRO 6 - Comparação das médias dos valores de resistência à tração nas interações % de pinus x fator H, % de pinus x % de Na<sub>2</sub>O e % de pinus x °SR: Influência da percentagem de pinus

Tratamentos	pinus (%)			
	0	33,33	66,66	100
H 900	7,09 ab*	7,44 a	7,36 a	6,80 b
H 1100	6,93 b	7,13 ab	7,49 a	7,60 a
14% de Na <sub>2</sub> O	6,70 b	7,20 b	7,85 a	7,07 b
16% de Na <sub>2</sub> O	7,33 a	7,37 a	7,00 a	7,32 a
20°SR	5,17 b	6,34 a	6,57 a	6,89 a
40°SR	7,47 a	7,46 a	7,77 a	7,31 a
60°SR	8,40 a	8,04 ab	7,93 ab	7,40 b

\* Na mesma linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

Para um mesmo fator H, a resistência aumentou até certo ponto, com o aumento da percentagem de pinus, para depois estacionar ou diminuir (Quadro 6). Nesse mesmo Quadro, observa-se que apenas para 14% de Na<sub>2</sub>O a resistência à tração aumentou, para diminuir à medida que aumentou a percentagem de pinus na mistura.

Observa-se, também no Quadro 6, que, para um mesmo grau de refino, o fator percentagem de pinus mostrou influência significativa, a 20 e 60°SR. Nos baixos graus de refino, o aumento da percentagem de fibras longas na mistura correspondia a um aumento da resistência à tração; nos níveis de refino mais altos ocorria o contrário.

No Quadro 7, nota-se o aumento da resistência à tração com o aumento do grau de refino de 20 para 60°SR. No caso de 100% de pinus, o ligeiro aumento observado não foi significativo.

#### 3.4. Resistência ao Arrebetamento

A comparação das médias dos valores de resistência ao arrebetamento das celuloses, expressos pelos índices de arrebetamento, encontra-se nos Quadros 8 e 9, respectivamente.

Com a análise de variância, foi possível verificar a grande influência da percentagem de pinus e do grau de refino sobre a resistência ao arrebetamento. Diversas interações de segunda, terceira e quarta ordem foram significativas. Em razão disso,

a interação % de pinus x fator H x % de Na<sub>2</sub>O x °SR foi desdobrada.

No Quadro 8, observa-se que, em baixos graus de refino, a resistência aumentou de acordo com o aumento do teor de fibras longas. A partir de 40°SR, as resistências das celuloses obtidas nos tratamentos com 100% de pinus e 100% de eucalipto foram estatisticamente semelhantes, à exceção do tratamento com 60°SR, 16% de Na<sub>2</sub>O e H 900.

Como pode ser observado no Quadro 9, houve efeito positivo do grau de refino sobre a resistência ao arrebetamento na maioria dos tratamentos.

QUADRO 7 - Comparação das médias dos valores de resistência à tração nas interações % de pinus x °SR e % de Na<sub>2</sub>O x °SR: Influência do grau de refino

Tratamentos	Grau de refino (°SR)		
	20	40	60
0% de pinus	5,17 c*	7,47 b	8,40 a
33,33% de pinus	6,34 b	7,47 a	8,04 a
66,66% de pinus	6,57 b	7,77 a	7,93 a
100% de pinus	6,89 a	7,31 a	7,40 a
14% de Na <sub>2</sub> O	6,01 c	7,55 b	8,06 a
16% de Na <sub>2</sub> O	6,48 b	7,46 a	7,83 a

\* Na mesma linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

#### 3.5. Resistência ao Rasgo das Celuloses

A comparação das médias dos valores relativos à resistência ao rasgo, expressos pelo Índice de rasgo, encontra-se nos Quadros 10 e 11, respectivamente.

Pela análise de variância da resistência ao rasgo das celuloses foram observados efeitos significativos dos fatores percentagem de pinus e grau de refino. As interações % de pinus x fator H x % de Na<sub>2</sub>O, % de pinus x % de Na<sub>2</sub>O x °SR e fator H x °SR também foram significativas, tendo sido, portanto, desdobradas.

O desdobramento da interação % de pinus x fator H x % de Na<sub>2</sub>O mostrou que a percentagem de pinus exerceu ação signifi-

QUADRO 8 - Comparação das médias dos valores de resistência ao arrebentamento na interação % de pinus x fator H x % de Na<sub>2</sub>O x OSR: Influência da percentagem de pinus

Tratamentos	Pinus (%)		
	0	33,33	66,66
20°SR; 14% de Na <sub>2</sub> O; H 900	27,7 c*	37,8 b	53,1 a
20°SR; 14% de Na <sub>2</sub> O; H 1100	20,3 c	32,2 b	49,5 a
20°SR; 16% de Na <sub>2</sub> O; H 900	34,4 b	43,2 ab	43,8 ab
20°SR; 16% de Na <sub>2</sub> O; H 1100	30,8 c	33,7 bc	42,0 b
40°SR; 14% de Na <sub>2</sub> O; H 900	46,7 b	58,2 a	61,0 a
40°SR; 14% de Na <sub>2</sub> O; H 1100	54,2 a	42,3 b	58,8 a
40°SR; 16% de Na <sub>2</sub> O; H 900	57,0 a	56,0 a	55,2 a
40°SR; 16% de Na <sub>2</sub> O; H 1100	48,0 ab	45,7 b	45,5 b
60°SR; 14% de Na <sub>2</sub> O; H 900	55,5 b	62,6 ab	63,5 a
60°SR; 14% de Na <sub>2</sub> O; H 1100	63,6 a	49,3 b	62,8 a
60°SR; 16% de Na <sub>2</sub> O; H 900	70,0 a	65,2 ab	58,8 bc
60°SR; 16% de Na <sub>2</sub> O; H 1100	55,4 ab	52,6 ab	47,3 b

\* Na mesma linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 9 - Comparação das médias dos valores de resistência ao arrebentamento pelo teste de Tukey, na interação % de pinus x fator H x % de Na<sub>2</sub>O x OSR: Influência do grau de refino

Tratamentos	Grau de refino (°SR)		
	20	40	60
14% de Na <sub>2</sub> O; H 900; 0% de pinus	27,7 b*	46,7 a	55,5 a
14% de Na <sub>2</sub> O; H 900; 33,33% de pinus	37,8 b	58,2 a	62,6 a
14% de Na <sub>2</sub> O; H 900; 66,66% de pinus	53,1 b	61,0 ab	65,5 a
14% de Na <sub>2</sub> O; H 900; 100% de pinus	56,5 a	55,9 a	55,3 a
14% de Na <sub>2</sub> O; H 1100; 0% de pinus	20,3 c	54,2 b	63,6 a
14% de Na <sub>2</sub> O; H 1100; 33,33% de pinus	33,2 b	42,3 a	49,3 a
14% de Na <sub>2</sub> O; H 1100; 66,66% de pinus	49,5 b	58,8 a	62,8 a
14% de Na <sub>2</sub> O; H 1100; 100% de pinus	62,2 a	61,4 a	54,2 a
16% de Na <sub>2</sub> O; H 900; 0% de pinus	34,4 c	57,5 b	70,0 a
16% de Na <sub>2</sub> O; H 900; 33,33% de pinus	43,2 c	56,0 b	65,2 a
16% de Na <sub>2</sub> O; H 900; 66,66% de pinus	43,8 b	55,2 a	58,8 a
16% de Na <sub>2</sub> O; H 900; 100% de pinus	54,2 a	51,3 a	46,3 a
16% de Na <sub>2</sub> O; H 1100; 0% de pinus	30,8 b	48,8 a	55,4 a
16% de Na <sub>2</sub> O; H 1100; 33,33% de pinus	33,7 b	45,7 a	52,6 a
16% de Na <sub>2</sub> O; H 1100; 66,66% de pinus	47,3 a	45,5 a	42,0 a
16% de Na <sub>2</sub> O; H 1100; 100% de pinus	57,7 a	55,8 a	54,3 a

\* Na mesma linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

cativa sobre a resistência ao rasgo, em todos os níveis de fator H e álcali ativo testados.

O desdobramento da interação % de pinus x % de Na<sub>2</sub>O x °SR mostrou que o grau de refino exerceu efeito significativo sobre a resistência ao rasgo e que a percentagem de pinus só mostrou efeito significativo a 20°SR.

No Quadro 10, pode-se observar que, em condições suaves de cozimento (14% de Na<sub>2</sub>O e H 900), quanto maior a percentagem de pinus, maior a resistência ao rasgo. A adição de 33,33% de pinus foi suficiente para aumentar significativamente essa resistência. Conforme as condições de cozimento passavam por valores intermediários (14% de Na<sub>2</sub>O e H 1100 e 16% de Na<sub>2</sub>O e H 900), as melhores resistências ocorriam para os tratamentos com 33,33 e 66,66% de pinus. Para as condições mais drásticas de cozimento (16% de Na<sub>2</sub>O e H 1100), a resistência ao rasgo da polpa de eucalipto foi inferior às das polpas de pinus.

QUADRO 10 - Comparação das médias dos valores de resistência ao rasgo nas interações % de pinus x fator H x % de Na<sub>2</sub>O e % de pinus x % de Na<sub>2</sub>O x °SR: Influência da percentagem de pinus

Tratamentos	pinus (%)			
	0	33,33	66,66	100
14% de Na <sub>2</sub> O; H 900	104,4 b*	133,9 a	134,4 a	143,9 a
14% de Na <sub>2</sub> O; H 1100	112,5 ab	126,4 a	119,6 ab	109,2 b
16% de Na <sub>2</sub> O; H 900	99,1 b	120,0 a	109,0 ab	106,8 ab
16% de Na <sub>2</sub> O; H 1100	100,3 b	117,4 a	114,4 a	117,4 a
20°SR; 14% de Na <sub>2</sub> O	80,2 b	147,4 a	142,2 a	143,2 a
20°SR; 16% de Na <sub>2</sub> O	98,2 b	137,2 a	124,5 a	127,5 a
40°SR; 14% de Na <sub>2</sub> O	125,6 a	124,0 a	124,7 a	124,2 a
40°SR; 16% de Na <sub>2</sub> O	103,4 a	116,1 a	109,5 a	108,5 a
60°SR; 14% de Na <sub>2</sub> O	119,6 a	119,2 a	114,1 a	112,2 a
60°SR; 16% de Na <sub>2</sub> O	97,5 a	102,7 a	101,0 a	100,1 a

\* Na mesma linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

Pode-se verificar, no Quadro 10, que a 20°SR era bem notável a influência da percentagem de pinus. Apenas 33,33% de pinus ocasionavam aumento significativo dessa resistência. A 40 e 60°SR, não foram constatadas diferenças significativas entre os índices de rasgo das polpas produzidas com diferentes percentagens de misturas de madeiras de pinus e eucalipto.

Foi bastante evidente a influência do grau de refino. A intensificação do refino, para quaisquer proporções de fibras longas estudadas, resultou sempre na diminuição da resistência ao rasgo (Quadro 11).

QUADRO 11 - Comparação das médias dos valores de resistência ao rasgo nas interações % de pinus x fator H x °SR e fator H x °SR: Influência do grau de refino

Tratamentos	Grau de refino (°SR)		
	20	40	60
14% de Na <sub>2</sub> O; 0% de pinus	80,2 b*	125,6 a	119,6 a
14% de Na <sub>2</sub> O; 33,33% de pinus	147,4 a	124,0 b	119,2 b
14% de Na <sub>2</sub> O; 66,66% de pinus	142,2 a	124,7 b	114,1 b
14% de Na <sub>2</sub> O; 100% de pinus	143,2 a	124,2 b	112,2 b
16% de Na <sub>2</sub> O; 0% de pinus	98,2 a	103,4 a	97,5 a
16% de Na <sub>2</sub> O; 33,33% de pinus	137,2 a	116,1 b	102,7 b
16% de Na <sub>2</sub> O; 66,66% de pinus	124,5 a	109,5 ab	101,0 b
16% de Na <sub>2</sub> O; 100% de pinus	127,5 a	108,5 b	100,1 b
H 900	130,8 a	118,0 b	108,0 c
H 1100	119,3 a	116,0 ab	108,6 b

\* Na mesma linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

Com o desdobramento da interação fator H x °SR, verificou-se que o grau de refino influenciou significativamente a resistência ao rasgo, nos dois níveis de fator H. Nota-se também (Quadro 11) que a resistência ao rasgo decresceu, para os dois níveis de fator H estudados, com o aumento do grau de refino.

## 4. SUMMARY

This study was conducted to evaluate the physical-mechanical properties of pulps manufactured by cooking mixtures of *Pinus strobus* var. *chiapensis* and *Eucalyptus urophylla* woods in different proportions (0, 33,33, 66,66, and 100% of each wood).

The advantages due to the long pine fibers were higher tear, tensile and burst strength, at low beating levels. The presence of pine fibers, however, resulted in longer beating time to reach a pre-established level of refinement and in lower tensile strength at high beating levels. Only 33,33% of the pine wood was necessary to impart, to a reasonable degree, its desirable properties to the pulps. At low beating levels (40°SR) the eucalypt pulps presented satisfactory tensile and burst strength.

## 5. LITERATURA CITADA

1. BARRICHELO, L.E.G. & FOELKEL, C.E.B. Produção de celulose sulfato a partir de misturas de madeira de *Eucalyptus saligna* com pequenas proporções de cavacos de *Bambusa vulgaris* var. *vitatta*. IPEF 11:93-9. 1975.
2. FOELKEL, C.E.B. & BARRICHELO, L.E.G. *Tecnologia de celulose e papel*. Piracicaba, ESALQ, 1975. 207 p.
3. KOSAYA, G.S., KARPOVA, E. V. & KASATKNA, A.V. Kraft pulping of softwood/hardwood blends. *Bumash. Prom.* 39(2):3-5. 1964.

PRODUÇÃO DE POLPA KRAFT DE EUCALÍPTO, COM ADIÇÃO DE ANTRAQUINONA<sup>1</sup>

José Lívio Gomide  
Rubens Chaves de Oliveira  
Jorge Luiz Colodetti

## Resumo

Foi analisada a influência da adição de antraquinona nos níveis de 0, 0,02, 0,05 e 0,10%, base madeira, à polpação kraft de madeira de *Eucalyptus grandis*, empregando-se 10, 12 e 14% de álcali ativo. Os resultados demonstraram que a antraquinona apresenta uma ação benéfica quando adicionada ao cozimento kraft convencional, intensificando a deslignificação e favorecendo o rendimento, a viscosidade, o teor de celulose e as propriedades de resistência da polpa. Essa ação benéfica, entretanto, foi de baixa eficiência para a produção de polpa kraft branqueável, resultando apenas em ligeiras melhorias das propriedades analisadas.

## 1. INTRODUÇÃO

O processo kraft é o mais empregado, atualmente, para a produção de celulose, e as indústrias, de modo geral, estão satisfeitas com a versatilidade e as vantagens desse processo. Entretanto, as restrições energéticas, ambientais e econômicas impostas à indústria nos últimos 15 anos têm acentuado suas deficiências. O rápido crescimento da demanda de papel tem ocasionado faltas localizadas de madeira, o que tem obrigado os produtores de celulose a concentrar seus esforços na utilização mais eficiente dessa matéria-prima. Apenas cerca de 50% do peso da madeira são transformados em polpa; o restante, lignina e carboidratos degradados no licor residual do processo, é utilizado de modo pouco eficiente, como fonte de energia em caldeiras de recuperação de baixa eficiência, ou é elimina-

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 24/09/80.

<sup>2</sup> Dep. de Engenharia Florestal da U.F.V. - 36.570 Viçosa, MG.



SUMÁRIO

Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto ( <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden). III. Efeitos da calagem, do superfosfato simples e de um fertilizante NPK - Roberto Ferreira de Novais et alii.	111
Variações no crescimento de procedências de <i>Pinus kesiya</i> Royle ex Gordon e <i>Pinus merkusii</i> Juhgh et De Vriese, em Viçosa, MG. - Nairam Félix de Barros e Renato Mauro Brandi	124
Estimativa de parâmetros genéticos em <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden - Rita de Cássia G. Borges et alii	134
Correlações entre caracteres de crescimento em <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden - Rita de Cássia G. Borges et alii	146
Análise de crescimento e produção em plantações desbastadas - João Carlos C. Campos	157
Procedência de sementes e qualidade da madeira de <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden - Benedito Rocha Vital e Ricardo Marius Della Lucia	170
Efeito da forma geométrica dos flocos e partículas, da densidade das chapas e do tipo de adesivo nas propriedades mecânicas das chapas de madeira aglomerada - Benedito Rocha Vital e James B. Wilson	179
Propriedades físico-mecânicas das celuloses kraft obtidas por cozimentos conjuntos de madeiras de <i>Pinus strobus</i> var. <i>chiapensis</i> e <i>Eucalyptus urophylla</i> , de origem híbrida - Rubens Chaves de Oliveira et alii	188
Produção de polpa kraft de eucalipto, com adição de antraquinona - José Lívio Gomide et alii	203
Efeito do diâmetro das cepas no desenvolvimento de brotações de <i>Eucalyptus</i> spp. - Aloísio Rodrigues Pereira et alii	215 *
Emprego de iscas granuladas e pós secos no controle de <i>Atta laevigata</i> , no município de Curvelo, MG. - José Cola Zanuncio et alii	221
Surto de <i>Tetranychus bastosi</i> (Acarina: Tetranychidae) em <i>Cnidioscolus phyllacanthus</i> - Gilberto J. de Moraes e Marcos A. Drumond	227

revista

SOCIEDADE  
DE INVESTIGAÇÕES  
FLORESTAIS

