

Misturas de madeiras de Pinus strobus var. chiapensis e Eucalyptus
Urophylla na polpação kraft

MFN -0840

N CHAMADA:

TITULO: Misturas de madeiras de Pinus strobus var. chiapensis
e Eucalyptus Urophylla na polpação kraft

AUTOR(ES): OLIVEIRA, R.C.FOELKEL, C.E.B.GOMIDE, J.L.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO:

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 13

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 24-28.11.1980

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1980, ABTCP

PAG/VOLUME: p.31-42,

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 13, 1980, São Paulo, p.31-42

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR:

RESUMO:



MISTURAS DE MADEIRAS DE *PINUS STROBUS* VAR. *CHIAPENSIS* E *EUCALYPTUS UROPHYLLA* NA POLPAÇÃO KRAFT

RUBENS CHAVES DE OLIVEIRA
CELSO E.B. FOELKEL
JOSÉ LÍVIO GOMIDE

Riocell/Universidade Federal de Viçosa

Resumo

Este estudo teve como objetivo verificar a viabilidade de produção de celulose kraft a partir de misturas de cavacos de madeira de *Pinus strobus* var. *chiapensis* e *Eucalyptus urophylla*, de origem híbrida. Foram utilizadas, nos cozimentos, quatro sagens de madeira de *P. strobus* e *E. urophylla* (0%, 33,33%, 66,66% e 100%), objetivando a incorporação das características vantajosas de cada matéria-prima no produto final.

Para estudo de rendimentos, teores de rejeitos, números kappa e viscosidade, os tratamentos foram dispostos no esquema fatorial 4 x 2 x 2, para os fatores percentagem de *Pinus*, fator H e álcali ativo, com três repetições.

Para o estudo de tempo de refino, densidade aparente, resistência à tração, ao arrebentamento e ao rasgo, os tratamentos foram dispostos no esquema fatorial 4 x 2 x 2 x 3, para os fatores percentagem de *Pinus*, fator H, álcali ativo e grau de refino, respectivamente, com três repetições.

Foram efetuadas análises das variâncias, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de significância.

As misturas de madeiras de *P. strobus* e *E. urophylla* para cozimento kraft são viáveis e permitem a obtenção de polpas com qualidades diferentes, sendo que a proporção ideal de cada espécie na mistura depende das características desejadas do produto final. Em razão das diferenças de características químicas e anatômicas, as madeiras se comportam de modo diferente durante a deslignificação e transmitem suas características à polpa final. A madeira de *Pinus strobus*, que contém mais lignina, é de mais difícil deslignificação que a de *Eucalyptus urophylla*, necessitando de condições mais drásticas de cozimento. A madeira de *Pinus strobus*, por apresentar menor densidade e menores rendimentos, quando deslignificada em mistura com *Eucalyptus urophylla*, ocasiona maior consumo de madeira por tonelada do produto final.

A vantagem proporcionada pelas

fibras longas dos *Pinus*, em termos de propriedades mecânicas, foi a maior resistência ao rasgo, à tração e ao arrebentamento, no início de refino. As desvantagens conferidas pelo *P. strobus* em misturas na polpa foram tempo de refino mais elevado para atingir o grau de refino preestabelecido e menor resistência à tração, 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 celuloses de *Eucalyptus urophylla* já mostraram alta capacidade de ligação entre fibras, a 40° SR, o que resultou em boas propriedades, como resistência à tração e resistência ao arrebentamento.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a falta de madeira de coníferas tem aumentado e não há projeção, a curto prazo, para uma estabilização ou diminuição. Entretanto, algumas espécies tropicais de *Pinus* têm sido introduzidas na Região Sudeste do Brasil, com sucesso,

para suprir a demanda. Contudo, mesmo aos níveis de plantações executados atualmente, a oferta de madeira de coníferas deverá ser menor que a demanda. Essa situação ocorre, também, a nível internacional, e deverá agravar-se em futuro próximo, quando as reservas florestais tornarem-se mais escassas e a demanda de produtos madeireiros e de papel aumentar. Esses fatores têm forçado as indústrias de celulose e papel a obterem as matérias primas vegetais essenciais ao seu funcionamento em maior quantidade e de forma mais econômica.

O sucesso alcançado no Brasil, pelas espécies do gênero *Eucalyptus*, na produção de papel e celulose, é, hoje, uma realidade. Entretanto, por tradição, a fibra curta ainda não é totalmente aceita no mercado mundial. Aos poucos a situação vai-se revertendo e, atualmente, muitas indústrias papeleiras, na Europa, no Japão e nos Estados Unidos, vêm substituindo, gradativamente, a matéria-prima tradicional de fibra longa por proporção variável de fibra curta.

A possibilidade de cozimentos conjuntos de misturas de madeira para produção de celulose, especialmente pelo processo kraft, tem sido demonstrada com relativo sucesso (10). Tanto os aspectos técnico-econômicos relativos à produção de papel e celulose como as próprias características anatômicas das madeiras de coníferas e folhosas têm incentivado a utilização de misturas de fibras longas e curtas na produção de papel e celulose. Essa mistura, que pode ser realizada de diversas formas, visa à manufatura de um produto final compatível com as exigências do mercado consumidor.

O menor teor de lignina nas madeiras de folhosas possibilita uma deslignificação mais rápida, exigindo menores quantidades de produtos químicos e resultando em rendimentos mais elevados que os das madeiras de coníferas. As espécies do gênero *Eucalyptus*, com fibras tipicamente curtas, propiciam a produção de papéis com melhor formação, maior lisura e boas propriedades físico-mecânicas. Entretanto, não se consegue alta resistência ao rasgo quando se utiliza apenas celulose de fibra curta. As características proporcionadas pelas fibras longas dos *Pinus* à produção de celulose resultam em papéis com maiores resistências mecânicas, maior resistência

da folha úmida e na ausência de vasos, que podem prejudicar a impressão dos papéis.

Considerando as características das madeiras de coníferas e folhosas, seria justificável conduzir um estudo da viabilidade de cozimentos conjuntos desses dois tipos de madeiras para a produção de celulose kraft. Pelas vantagens de um e outro tipo de matéria-prima, procurou-se analisar a incorporação, num produto final, das características vantajosas de cada uma das matérias-primas em estudo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

KOSAYA *et alii* (13) executaram, em laboratório, uma série de cozimentos kraft de madeiras de *Pinus* e de álamo, em conjunto e em separado. Os resultados obtidos indicaram que a produção de celulose a partir de cozimentos de misturas dessas madeiras resulta em celulose com boas características de rendimento e resistência.

BARRICHELO e FOELKEL (3) estudaram as variações nas 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* por cavacos 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 arrebentamento não foram alterados.

HATTON (12) procurou otimizar o cozimento kraft de misturas de madeiras de bétulas (folhosa) e de "hemlock" (conífera), na proporção, em peso, de 20% e 80%, respectivamente. O rendimento depurado foi maximizado, o teor de rejeitos minimizado, tendo sido obtido menor número de permanganato quando cavacos de bétula, com 2 a 4 mm de espessura, foram deslignificados em misturas com cavacos de "hemlock" da mesma espessura.

CHEN *et alii* (6) estudaram a produção de celulose kraft a partir de cozimentos conjuntos de madeiras de folhosa (*Populus tremuloides*) e de conífera (*Picea glauca*). A adição de madeira de folhosa à de conífera resultou em aumentos de 2 a 4% no rendimento, em menores teores de rejeitos, em menor consumo de álcali ativo e em melhor deslignificação. A adição de menores percentagens de madeira de folhosa não causou alte-

ração perceptível na resistência a úmido da celulose. Os autores relataram a vantagem econômica de misturar cavacos de folhosas, 50% mais baratos que os de coníferas, em geral.

ORTEGA E REYES (15) estudaram, em laboratório, a produção de polpas kraft, a partir de folhosa (*Quercus castanea*) e conífera (*Pinus oocarpa*), em cozimento conjunto e separadamente com posterior mistura, após terem sido refinadas. Os autores concluíram que a quantidade máxima da folhosa que deve ser misturada à conífera dependerá do método utilizado e das especificações de resistência do produto final. Se as propriedades de resistência deverão ser mantidas tão alto quanto possível, a moagem das polpas de folhosa e conífera separadamente, com posterior mistura, é o mais indicado. Entretanto, o aumento nos custos de equipamentos deve ser considerado.

FOELKEL *et alii* (11) analisaram a potencialidade de algumas espécies folhosas nativas para a produção de celulose kraft, em mistura com *Eucalyptus grandis*, em proporções de 5, 10 e 15% ou isoladamente. Os resultados dos cozimentos mostraram que o uso das misturas foi mais eficiente que o uso das madeiras isoladas, em termos de rendimentos, resistência ao rasgo, ao arrebentamento e ao dobramento, e que a branqueabilidade das polpas não foi alterada.

FOELKEL e BARRICHELO (8) estudaram as variações das propriedades físico-mecânicas de misturas de celuloses sulfato de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Houve aumento pronunciado da resistência ao rasgo e decréscimo linear da espessura da folha em consequência do aumento do teor de celulose do *Pinus*. Misturas de fibras de características diferentes parecem, segundo os autores, oferecer grandes possibilidades de produção de papéis com propriedades preestabelecidas.

ARONOVSKY *et alii* (2) produziram celulose a partir de palha de trigo, pelo processo soda, visando substituir parte de celulose de madeira na produção de diferentes tipos de papel. A adição de polpa de palha à celulose de madeira melhorou a formação das folhas e a resistência à tração, ao arrebentamento e ao dobramento, ao passo que a resistência ao rasgo decresceu.

BOUCHAYER (5) refinou celulose kraft e bissulfito de madeira de coníferas separadamente e em misturas. Observou que os dois tipos de refino não ocasionavam diferenças significativas a qualidade do papel. Quando o autor tentou a mistura de fibras curtas (bétula e castanheira) com as celuloses de fibras longas, notou que o refino em separado mostrou ligeira vantagem. Nos refinamentos de misturas de polpas, o consumo específico de energia foi de 15 a 25% mais baixo; em razão disso, esse modo de operação deveria ser considerado.

BLOMQUIST (4) realizou refinamentos de celulose de bétula e de *Pinus* conjuntamente e em separado. Em ambos os casos foram encontrados os mesmos resultados.

PECKMAN e MAY (16) refinaram em separado e misturadas, duas polpas kraft branqueadas, uma obtida de *Pinus*, do sul dos Estados Unidos, e outra de madeira de folhosa. Os resultados mostraram que o refino das duas polpas em separado, com posterior mistura, era ligeiramente vantajoso, em termos de qualidade do papel produzido.

Depois de refinar duas polpas de madeira de conífera e duas polpas de madeira de folhosa separadamente, ARLOV (1) produziu folhas com as polpas individuais e com combinações de todas as polpas. Tendo em vista as diferenças observadas, principalmente na resistência ao rasgo das folhas formadas, o autor concluiu que a mistura de fibras com características diferentes oferece crescentes possibilidades de produção de papel com características predeterminadas.

MYSLINSKA (14) realizou pesquisas em laboratório, misturando celulose sulfito não-branqueada com celuloses kraft não-branqueadas, normalmente deslignificadas e pouco deslignificadas. Os resultados indicaram que seria possível produzir uma folha de papel para impressão de jornais de boa qualidade usando até 10% da polpa kraft não-branqueada e ligeiramente deslignificada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A madeira de folhosa foi obtida em plantação de *Eucalyptus urophylla*, de origem híbrida, com 7 anos de idade, localizada na região de Santa Bárbara, Minas Gerais. A amostra de madeira coletada representava uma média de dez árvores, tomadas ao acaso na plantação. A madeira de conífera foi obtida em

plantação de *Pinus strobus* var. *chiapensis*, com 10 anos de idade, localizada em Viçosa, MG. Foram amostradas cinco árvores, que representavam o desenvolvimento médio da plantação.

Na determinação da densidade básica das madeiras foram utilizados o método da balança hidrostática, para a madeira de *P. strobus*, e o método do máximo teor de umidade, para a madeira de *E. urophylla*. Foram medidas 300 fibras de cada espécie, para determinação de suas dimensões e das relações entre as dimensões.

As análises químicas das madeiras foram realizadas de acordo com as normas TAPPI, à exceção do teor de holocelulose, que foi determinado por deslignificação com dióxido de cloro.

Os cavacos, produzidos em picador industrial, foram misturados, em diferentes proporções ponderadas, para produção de celulose. Foram estudadas quatro proporções de misturas: 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). As diferentes proporções de misturas foram codificadas, respectivamente, como 0%, 33,33%, 66,66% e 100% de *Pinus*.

Para a produção de celulose foi empregado o processo kraft.

Por serem as madeiras diferentes quanto à anatomia e à composição química, foram utilizadas diferentes condições de álcali ativo (14 e 16%) e de fator H (900 e 1.100). As demais variáveis de cozimento foram mantidas fixas: sulfidez = 25%, temperatura máxima = 170° C, tempo até temperatura máxima = 90 min. e relação licor/madeira = 4:1.

Os cozimentos foram realizados em digestor rotativo (2 - 3 rpm), com capacidade de 20 litros, aquecido eletricamente e dotado de termômetro e manômetro. A quantidade de cavacos por cozimento foi a equivalente a 500 gramas de madeira seca. Foram adotadas três repetições para cada um dos dezesseis tratamentos (4 misturas x 2 níveis de álcali ativo x 2 níveis de fator H), tendo sido utilizado um total de 48 parcelas.

Depois do cozimento, os cavacos foram desfibrados num refinador laboratorial de discos e a celulose foi depurada numa peneira com malhas de 0,9 x 0,9 mm, para a determinação dos rejeitos.

Foram determinados o teor de

rejeitos, o rendimento total e o rendimento depurado. O número kappa e a viscosidade das celuloses foram determinados de acordo com as normas TAPPI.

Para o estudo das propriedades físico-mecânicas, os tratamentos foram também dispostos no esquema fatorial 4 x 2 x 2 x 3, para os fatores percentagem de madeira de *Pinus*, fator H, álcali ativo (% de Na₂O) e grau de refino (° SR), respectivamente num delineamento inteiramente casualizado, com três repetições.

Foram efetuadas análises de variância, e as comparações de médias foram feitas mediante a aplicação do teste de Tukey, ao nível de 1% de significância.

A celulose depurada foi refinada em moinho Jokro Muhle, tendo sido utilizados cinco tempos de refino, por celulose, incluindo-se o nível zero.

O grau de refino foi determinado de acordo com a norma ABCP.

A formação de folhas, com gramatura de aproximadamente 60 g/m², 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 2160 folhas para todo o trabalho.

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

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Densidade Básica

Os valores médios determinados para as densidades básicas das madeiras de *P. strobus* e *E. urophylla* foram 0,361 g/cm³ e 0,503 g/cm³, respectivamente.

A densidade básica encontrada para o *P. strobus* está de acordo com valores relatados para madeiras de outras pináceas exóticas plantadas no Brasil (9). Como era esperado, a madeira de *E. urophylla* apresentou densidade superior à de *P. strobus*.

4.2 Características das Fibras

Os resultados de dimensões e relações das fibras encontram-se no Quadro 1.

QUADRO 1 - Características das fibras (dimensões e relações) de *P. strobus* e *E. urophylla*.

Características	<i>P. strobus</i>	<i>E. urophylla</i>
Comprimento, mm	4,23	0,99
Largura, μ	66,68	17,50
Diâmetro do lúmen, μ	56,43	9,65
Espessura da parede, μ	5,12	3,92
Índice de enfeltramento	63,4	56,6
Índice de Runkel	0,18	0,81
Coefficiente de flexibilidade, %	84,6	55,2
Fração parede, %	15,4	44,8

O *P. strobus* é constituído de fibras longas, largas, de paredes delgadas e alta flexibilidade, ao passo que o *E. urophylla* apresenta fibras curtas, estreitas e de menor flexibilidade.

O índice de enfeltramento, para as fibras de *P. strobus*, foi algo superior ao de *E. urophylla*. Em geral, essa relação apresenta baixa amplitude de variação, pois, normalmente, fibras mais longas são também mais largas. Há, entretanto, referências que associam o índice de enfeltramento com a resistência ao rasgo e ao arrebentamento (7).

O coeficiente de flexibilidade mostrou-se bem superior para as

fibras de *P. strobus*, em comparação com as de *E. urophylla*, o que indica boa capacidade de interligação das fibras na época da formação das folhas de papel. As fibras de *E. urophylla*, com menor coeficiente de flexibilidade e maior fração parede, deverão mostrar-se mais rígidas e formar folhas porosas e volumosas. Entretanto, essas características dependem muito do comportamento das fibras durante o refinamento.

4.3. Composição Química das Madeiras

Os resultados das análises químicas das madeiras encontram-se no Quadro 2.

QUADRO 2 - Composição química das madeiras de *P. strobus* e *E.*

Características	<i>P. strobus</i>	<i>E. urophylla</i>
Solubilidade em:		
- água fria	1,9	0,8
- água quente	2,2	1,8
- NaOH 1%	10,9	11,4
- álcool/benzeno	4,3	2,2
Teor de:		
- holocelulose	56,8	74,2
- pentosanas	8,0	14,8
- lignina	24,9	18,0
- cinzas	0,18	0,26

A madeira de *P. strobus* apresentou menor solubilidade em NaOH a 1%, menores teores de holocelulose, pentosanas e cinzas e maior teor de lignina, quando comparada à madeira de *E. urophylla*. O maior teor de lignina do *P. strobus* indica que essa madeira deve ser deslignificada mais dificilmente que a de *E. urophylla*, conduzindo a menores rendimentos em celulose.

O baixo valor de holocelulose encontrado para a madeira de *P. strobus* pode ser explicado, possível-

mente, pela degradação dos carboidratos no processo de deslignificação com dióxido de cloro.

4.4. Deslignificação das Madeiras

Para estudar a deslignificação das madeiras, foram analisados o rendimento total, o rendimento depurado, o teor de rejeitos, o número kappa e a viscosidade das polpas. Os resultados encontram-se no Quadro 3.

4.4.1. Rendimento Total

A comparação das médias dos valores do rendimento total, expres-

so em percentagem, encontram-se nos Quadros 4 e 5.

A análise da variância do rendimento total não mostrou efeito significativo da percentagem de cavacos de *Pinus*. Entretanto, a interação % de *Pinus* x fator H e a interação % de *Pinus* x fator H x % de Na₂O foram significativas.

O desdobramento da interação de terceira ordem permitiu a individualização de efeitos da percentagem de *Pinus*. Quando se variou a percentagem de cavacos de *Pinus*, dentro de níveis prefixados de álcali ativo e fator H, observou-se que o rendimento total foi alterado significativamente apenas quando se trabalhou com fator H 1100 na deslignificação. Observa-se, no Quadro 4, que, na condição de cozimento prefixado, com 14% de Na₂O e fator H 1100, os rendimentos foram maiores para os tratamentos em que foi utilizado 100% de cada tipo de madeira. Nos cozimentos realizados com 16% de Na₂O e fator H 1100, observou-se uma queda progressiva do rendimento total, à medida que era aumentada a proporção de cavacos de *Pinus*. Efeitos significativos da percentagem de *Pinus*, para os cozimentos com fator H 900, não foram alcançados, possivelmente porque essa condição era favorável aos cavacos de eucalipto, mas insuficiente para os cavacos de *Pinus*.

4.4.2. Rendimento Depurado

A comparação das médias dos valores do rendimento depurado é apresentada no Quadro 5.

Pela análise da variância, observou-se o efeito significativo da percentagem de *Pinus* sobre o rendimento depurado.

Tendo em vista a significância da interação % de *Pinus* x fator H x % de Na₂O, seu desdobramento permitiu a determinação da alta influência da percentagem de cavacos de *Pinus* sobre o rendimento depurado, uma vez que seu efeito foi significativo em todos os níveis de fator H e álcali ativo. Os maiores rendimentos depurados foram obtidos para os cozimentos com 100% de cavacos de eucalipto. À medida que se aumentava o teor de madeira de *Pinus* na mistura, o rendimento depurado diminuía sensivelmente (Quadro 5).

QUADRO 3 - Valores médios de rendimento bruto, rendimento depurado, teor de rejeitos, número kappa e viscosidade das polpas celulósicas

Tratamentos	Rendimento bruto, %	Rendimento depurado, %	Teor de rejeitos, %	Número kappa	Viscosidade cP
14% de Na ₂ O; H 900					
- 0% de Pinus	52,7	50,6	2,2	29,9	29,2
- 33,33% de Pinus	52,9	46,5	6,4	39,0	27,3
- 66,66% de Pinus	52,4	43,2	9,0	62,7	16,0
- 100% de Pinus	51,7	43,7	8,0	81,7	15,4
14% de Na ₂ O; H 1100					
- 0% de Pinus	50,7	47,9	2,8	21,0	30,9
- 33,33% de Pinus	49,6	44,6	4,9	40,6	25,9
- 66,66% de Pinus	49,2	43,8	5,4	52,0	25,4
- 100% de Pinus	52,9	42,7	10,2	94,6	17,9
16% de Na ₂ O; H 900					
- 0% de Pinus	48,9	48,2	0,7	22,7	24,8
- 33,33% de Pinus	48,8	45,8	3,0	43,7	22,3
- 66,66% de Pinus	50,2	44,2	6,0	66,8	21,8
- 100% de Pinus	50,3	43,4	6,4	77,5	14,4
16% de Na ₂ O; H 1100					
- 0% de Pinus	49,8	49,2	0,6	21,2	22,6
- 33,33% de Pinus	47,7	45,9	1,7	53,0	21,4
- 66,66% de Pinus	44,1	41,9	2,3	33,0	14,0
- 100% de Pinus	44,5	41,8	2,7	41,9	16,4

QUADRO 4 - Comparação das médias dos valores do rendimento total de celulose na interação % de

Pinus x fator H x % de Na₂O: Influência da percentagem de Pinus

4.4.3. Teor de Rejeitos

A comparação das médias dos valores do teor de rejeitos é apresentada no Quadro 6.

Pela análise de variância, pôde-se verificar a influência significativa da percentagem de Pinus. Igualmente, foram constatadas interações de segunda e de terceira ordens também significativas. O desdobramento da interação de terceira ordem demonstrou a influência da percentagem de Pinus, quando relacionada com os outros dois fatores, em todos os níveis de álcali ativo e fator H preestabelecidos.

A análise do Quadro 6 permite verificar que, em condições idênticas de cozimento, o teor de rejeitos aumentava à medida que aumentava a proporção de cavacos de *P. strobus*. Como essa madeira era mais rica em lignina que a de *E. urophylla*, sua conversão em polpa celulósica era mais difícil.

Teores aceitáveis de rejeitos foram alcançados para todos os cozimentos com 100% de eucalipto. De acordo com o aumento da dosagem de cavacos de Pinus, eram necessárias condições mais drásticas para reduzir o teor de rejeitos a níveis adequados.

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

QUADRO 5 - Comparação das médias dos valores do rendimento depurado na interação % de Pinus x fator H x % de Na₂O: Influência da percentagem de Pinus

Tratamentos	Pinus (%)			
	0	33,33	66,66	100
14% de Na ₂ O; H 900	52,7 a*	52,9 a	52,4 a	51,7 a
14% de Na ₂ O; H 1100	50,7 ab	49,6 b	49,2 b	52,9 a
16% de Na ₂ O; H 900	48,9 a	48,8 a	50,2 a	50,3 a
16% de Na ₂ O; H 1100	49,8 a	47,7 a	44,7 b	44,5 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 6 - Comparação das médias dos valores do teor de rejeitos na interação % de Pinus x fator

H x % de Na₂O: Influência da percentagem de Pinus

Tratamentos	Pinus (%)			
	0	33,33	66,66	100
14% de Na ₂ O; H 900	2,2 c*	6,4 b	9,0 a	8,0 a
14% de Na ₂ O; H 1100	2,8 c	4,9 b	5,4 b	10,2 a
16% de Na ₂ O; H 900	0,7 c	3,0 b	6,0 a	6,4 a
16% de Na ₂ O; H 1100	0,6 c	1,7 ab	2,3 a	2,7 a

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

Quando foram utilizados 33,33% de Pinus e apenas 16% de Na₂O, para qualquer um dos dois níveis de fator H, foram obtidos teores aceitáveis de rejeitos. Para 66,66% e 100% de Pinus, foi necessário utilizar condições de cozimento mais drásticas (16% de Na₂O e H 1100) para reduzir os rejeitos a valores admissíveis para uma fábrica de celulose.

4.4.4. Número Kappa das Celuloses

A comparação das médias dos valores do número kappa é apresentada no Quadro 7.

Pela análise da variância observou-se que a percentagem de Pinus teve efeito significativo sobre o número kappa, ocorrendo interações de segunda e de terceira ordens também

QUADRO 7 - Comparação das médias dos valores do número Kappa das celuloses na interação

significativas. O desdobramento da interação de terceira ordem mostrou que a proporção de cavacos de Pinus na mistura influenciou significativamente o número kappa, independentemente das condições de cozimento adotadas.

No Quadro 7, pode-se verificar que, para quaisquer condições de cozimento, o aumento da proporção

QUADRO 8 - Comparação das médias dos valores da viscosidade das celuloses na interação % de

Tratamentos	Pinus (%)			
	0	33,33	66,66	100
14% de Na ₂ O; H 900	29,2 a*	27,3 a	16,0 b	15,4 b
14% de Na ₂ O; H 1100	30,9 a	25,9 b	25,4 b	17,9 c
16% de Na ₂ O; H 900	24,8 a	22,3 a	21,8 a	14,4 b
16% de Na ₂ O; H 1100	22,6 a	21,4 a	14,0 b	14,4 b

* Na mesma linha, as médias seguidas da mesma letra não se diferem

de cavacos de Pinus resultava em aumento do número kappa. Essa alteração era bastante expressiva, pois o número kappa médio variou de 21,0 a 94,6. Pequenas adições de cavacos de Pinus (33,33%) eram suficientes para provocar significativa elevação do número kappa. A recíproca também era verdadeira, ou seja, adicionando-se 33,33% de cavacos de eucalipto aos de Pinus, o número kappa diminuía significativamente.

A madeira de eucalipto era deslignificada com relativa facilidade. Apenas a condição de 14% de Na₂O e fator H 900 não se mostrou totalmente eficiente para produção de polpas com número kappa que permitissem branqueamento econômico. As outras condições foram suficientes para produzir polpas com números kappa próximos de 20 (Quadros 3 e 7).

Contrariamente, as madeiras de Pinus mostraram-se de difícil des-

Pinus x fator H x % de Na₂O: Influência da percentagem de Pinus

entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

% de Pinus x fator H x % de Na₂O: Influência da percentagem de Pinus

Tratamentos	Pinus (%)			
	0	33,33	66,66	100
14% de Na ₂ O; H 900	29,9 d*	39,0 c	62,7 b	81,4 a
14% de Na ₂ O; H 1100	21,0 d	40,6 c	52,0 b	94,6 a
16% de Na ₂ O; H 900	22,7 d	43,7 c	66,8 b	77,5 a
16% de Na ₂ O; H 1100	21,2 c	33,0 b	33,0 b	41,9 a

* Na mesma linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre

si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

lignificação. Mesmo as condições mais drásticas estudadas, 16% de Na₂O e H 1100, não foram suficientes para obtenção de polpas com números kappa inferiores a 40. Deduziu-se que, para a madeira de Pinus, as condições de cozimento deveriam ser ainda mais drásticas, a fim de que fosse possível deslignificar o produto até número kappa cerca de 30, valor aceitável para branqueamento de celulose de conífera.

4.5. Viscosidade das Celuloses

A comparação das médias dos valores da viscosidade das celuloses é apresentada no Quadro 8.

QUADRO 9 - 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 ³			Coeficiente de auto-ruptura, 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 ₂ O; H 900															
- 0% de Pinus	16,7	63,5	84,0	0,512	0,587	0,637	5,12	7,45	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	7,85	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	150,7	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 ₂ O; H 1100															
- 0% de Pinus	2,6	65,8	83,7	0,460	0,581	0,607	3,72	7,55	8,25	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	42,5	49,5	142,0	121,8	115,5
- 66,66% de Pinus	65,3	109,5	128,5	0,614	0,603	0,625	6,97	8,46	8,68	49,5	58,8	62,8	152,7	118,7	107,3
- 100% de Pinus	127,8	175,5	195,7	0,601	0,615	0,630	7,16	7,73	7,87	54,2	61,4	62,2	122,3	107,6	97,7
16% de Na ₂ 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	119,2	121,2	0,562	0,610	0,635	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 ₂ O; H 1100															
- 0% de Pinus	19,3	59,2	88,1	0,523	0,590	0,624	6,02	7,50	8,55	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	0,603	6,40	7,13	7,30	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

* Graus Shopper Riegler

QUADRO 10 - Comparação das médias dos valores de tempo de refino nas interações % de Pinus x

fator H x % de Na₂O e % de Pinus x °SR: Influência da percentagem de Pinus

Tratamentos	Pinus (%)			
	0	33,33	66,66	100
14% de Na ₂ O; H 900	52,6 d*	71,9 c	96,7 b	124,9 a
14% de Na ₂ O; H 1100	49,1 d	82,9 c	99,5 b	164,5 a
16% de Na ₂ O; H 900	58,0 d	85,2 c	114,8 b	141,5 a
16% de Na ₂ 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

A análise de variância permitiu verificar que a percentagem de madeira de *Pinus* na mistura teve efeito significativo sobre a viscosidade das celuloses.

O desdobramento da interação de terceira ordem permitiu verificar que a proporção da madeira de *Pinus* na mistura influenciou significativamente a viscosidade, independentemente das condições de cozimento adotadas.

No Quadro 8, observa-se que, à medida que aumentava a proporção de cavacos de *Pinus*, a viscosidade das celuloses resultantes diminuía. Entretanto, poder-se-ia cometer um erro ao afirmar que as fibras de *Pinus* prejudicavam a viscosidade, uma vez que as viscosidades diminuía à medida que os números kappa das celuloses aumentavam. É possível que tenha ocorrido um mascaramento da viscosidade, em razão da presença de um teor relativamente alto de lignina residual nas celuloses.

4.6. Propriedades Físico-Mecânicas das Celuloses

Os resultados das determinações físico-mecânicas das celuloses obtidas, extrapolados para os graus de refino de 20, 40 e 60°SR, são apresentados no Quadro 9.

4.6.1. 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 10 e 11, respectivamente.

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

A análise de variância permitiu verificar que os fatores percentagem de *Pinus* e grau de refino mostraram efeitos significativos. A interação de terceira ordem, % de *Pinus* x fator H x % de Na₂O, e a de segunda ordem, % de *Pinus* x °SR e % Na₂O x °SR, foram desdobradas. A interação % de *Pinus* x fator H x % de Na₂O, ao ser desdobrada, mostrou que a percentagem de cavacos de *Pinus* exerceu significativo efeito no tempo de refino, independentemente dos outros fatores.

QUADRO 11 - Comparação das médias dos valores de tempo de refino nas interações % de Pinus x

°SR e % de Na₂O x °SR: 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 ₂ O	50,4 c	101,3 b	126,5 a
16% de Na ₂ 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.

QUADRO 12 - Comparação das médias dos valores de densidade aparente nas interações % de Pinus

x fator H x % de Na₂O e % de Pinus x °SR: Influência da percentagem de Pinus

Tratamentos	Pinus (%)			
	0	33,33	66,66	100
14% de Na ₂ O;H 900	0,578 a*	0,581 a	0,604 a	0,594 a
14% de Na ₂ O;H 1100	0,549 b	0,603 a	0,614 a	0,615 a
16% de Na ₂ O;H 900	0,592 a	0,602 a	0,603 a	0,590 a
16% de Na ₂ 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.

QUADRO 13 - 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.

O desdobramento da interação % de Pinus x °SR indicou que o grau de refino foi influenciado pelo tempo de refino de forma significativa, em quaisquer percentagens de madeira de Pinus. Dentro de cada nível de grau de refino, a percentagem de Pinus influenciou significativamente o tempo de refino. Os resultados do Quadro 10 reforçaram 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, quando aumentou a percentagem de madeira de Pinus, tornou-se mais difícil o refino, que requeria mais tempo.

O desdobramento da interação % de Na₂O 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 11 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.

4.6.2. Densidade Aparente das Folhas de Celulose

A comparação das médias dos valores da densidade aparente das folhas de celulose, expressos em g/cm³, encontra-se nos Quadros 12 e 13, respectivamente.

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 Na₂O e % de Pinus x °SR foram desdobradas.

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

O desdobramento da interação % de Pinus x fator H x % de Na₂O 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.

No Quadro 12, observa-se que, para o fator H 1100, a densidade aumentou de 0% para 100% de Pinus, o que sugere que as fibras longas e largas dos Pinus tendem a se

QUADRO 14 - Comparação das médias dos valores de resistência à tração nas interações % de Pinus x

fator H, % de Pinus x % de Na₂O 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 a	7,13 ab	7,49 a	7,60 a
14% de Na ₂ O	6,70 b	7,20 b	7,85 a	7,07 b
16% de Na ₂ 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.

QUADRO 15 - Comparação das médias dos valores da resistência à

tração nas interações % de Pinus x °SR e % de Na₂O 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 ₂ O	6,01 c	7,55 b	8,06 a
16% de Na ₂ O	6,48 b	7,46 a	7,83 a

* Na mesma linha, as medidas seguidas da mesma letra não diferem

entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

colapsarem 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.

No Quadro 13, pode-se verificar que a densidade aparente apresentou uma relação direta com o grau de refino, nas condições estudadas.

4.6.3. 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 14 e 15, 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 Na₂O, % de Pinus x °SR e % de Na₂O 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 % Na₂O revelou que a percentagem de Pinus influenciou a resistência à tração apenas no caso de 14% de Na₂O.

Pelo desdobramento da interação % de Pinus x °SR foi possível verifi-

car 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.

Para um mesmo fator H, a resistência aumentou até certo ponto com o aumento da percentagem de Pinus, para depois estacionar ou diminuir (Quadro 14). Nesse mesmo quadro, observa-se que, apenas para 14% de Na₂O, a resistência à tração aumentou, para depois diminuir, à medida que aumentou a percentagem de Pinus na mistura.

Observa-se, também no Quadro 14, que, dentro de 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. Porém, nos níveis de refino mais altos ocorria o contrário.

No Quadro 15, 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.

4.6.4. Resistência ao Arrebatamento

A comparação das médias dos valores de resistência ao arrebatamento das celuloses, expressos pelos índices de arrebatamento, encontra-se nos Quadros 16 e 17, respectivamente.

De acordo com a análise da variância, foi possível notar a grande influência da percentagem de Pinus e do grau de refino sobre a resistência ao arrebatamento. Diversas interações de segunda, terceira e de quarta ordens foram significativas. Desdobrou-se a interação % de Pinus x fator H x % de Na₂O x °SR.

No Quadro 16, 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 Eucalyptus foram estatisticamente semelhantes, à exceção do tratamento com 60°SR, 16% de Na₂O e H 900.

Como pode ser observado no Quadro 17, houve efeito positivo do grau de refino sobre a resistência ao arrebatamento na maioria dos tratamentos.

4.6.5. 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 18 e 19 respectivamente.

Pela análise da 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 Na₂O, % de *Pinus* x

% de Na₂O x °SR e fator H x °SR foram também significativas, tendo sido, portanto, desdobradas.

O desdobramento da interação % de *Pinus* x fator H x % de Na₂O mostrou que a percentagem de *Pinus* exerceu ação significativa sobre a resistência ao rasgo, em todos os níveis de fator H e álcali ativo testados.

O desdobramento da interação %

de *Pinus* x % de Na₂O 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 18, pode-se observar que, em condições suaves de cozimento (14% de Na₂O e H900), quanto maior a percentagem de *Pinus*, maior a resistência ao rasgo. A

QUADRO 16 - Comparação das médias dos valores de resistência ao arrebentamento na interação % de *Pinus* x fator H x % de Na₂O x °SR: Influência da percentagem de *Pinus*

Tratamentos	<i>Pinus</i> (%)			
	0	33,33	66,66	100
20°SR; 14% de Na ₂ O; H 900	27,7 c*	37,8 b	53,1 a	55,3 a
20°SR; 14% de Na ₂ O; H 1100	20,3 c	32,2 b	49,5 a	54,2 a
20°SR; 16% de Na ₂ O; H 900	34,4 b	43,2 ab	43,8 ab	46,3 a
20°SR; 16% de Na ₂ O; H 1100	30,8 c	33,7 bc	42,0 b	54,3 a
40°SR; 14% de Na ₂ O; H 900	46,7 b	58,2 a	61,0 a	55,9 ab
40°SR; 14% de Na ₂ O; H 1100	54,2 a	42,3 b	58,8 a	61,4 a
40°SR; 16% de Na ₂ O; H 900	57,0 a	56,0 a	55,2 a	51,3 a
40°SR; 16% de Na ₂ O; H 1100	48,0 ab	45,7 b	45,5 b	55,8 a
60°SR; 14% de Na ₂ O; H 900	55,5 b	62,6 ab	63,5 a	56,5 ab
60°SR; 14% de Na ₂ O; H 1100	63,6 a	49,3 b	62,8 a	62,2 a
60°SR; 16% de Na ₂ O; H 900	70,0 a	65,2 ab	58,8 bc	54,2 c
60°SR; 16% de Na ₂ O; H 1100	55,4 ab	52,6 ab	47,3 b	57,7 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 17 - Comparação das médias dos valores de resistência ao arrebentamento pelo teste de Tukey, na interação % de *Pinus* x fator H x % de Na₂O x °SR: Influência do grau de refino

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

adição de apenas 33,33% de *Pinus* foi suficiente para aumentar significativamente essa resistência. Conforme as condições de cozimento passavam por valores intermediários (14% de Na₂O e H 1100 e 16% de Na₂O e H 900), as melhores resistências ocorriam para os tratamentos com 33,33% de *Pinus* e 66,66% de *Pinus*. Para as condições mais drásticas de cozimento (16% de Na₂O e H 1100), a resistência ao rasgo da polpa de eucalipto foi inferior às das polpas de *Pinus*.

Pode ser observado, no Quadro 18, 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 para os índices de rasgo das polpas produzidas com diferentes percentagens de misturas de madeiras de *Pinus* e *Eucalyptus*.

Foi bastante evidente a forma como o grau de refino atuou. A intensificação do refino, em quaisquer das proporções de fibras longas estudadas, resultou sempre na diminuição da resistência ao rasgo (Quadro 19).

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 19) que, com o aumento do grau de refino, a resistência ao rasgo decresceu para os dois níveis de fator H estudados.

5. LITERATURA CITADA

1. ARLOV, A.P. Beating and blending of bleached softwood and hardwood pulps. *Svensk Papperstidning*, 66 (9):333-42, 1963.
2. ARONOVSKY, S.I.; SEIDL, A. J.; KINGSBURY, R.M. Straw pulp/wood blends for various types of papers. *TAPPI, Atlanta*, 35: 351-6, 1952.
3. 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. *vitata*. *IPEF*, Piracicaba, 11:93-9, 1975.
4. BLOMQUIST, L. Mixed and separate beating of birch and pine sulphates in a conical laboratory beater. In: EUCEPA SYMPOSIUM, 6, Stockholm, 1962. *Proceedings of the 6th EUCEPA Symposium and 8th European TAPPI Meeting*. Stockholm, 1962. 7 p.

QUADRO 19 - 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 ₂ O; 0% de <i>Pinus</i>	80,2 b*	125,6 a	119,6 a
14% de Na ₂ O; 33,33% de <i>Pinus</i>	147,4 a	124,0 b	119,2 b
14% de Na ₂ O; 66,66% de <i>Pinus</i>	142,2 a	124,7 b	114,1 b
14% de Na ₂ O; 100% de <i>Pinus</i>	143,2 a	124,2 b	112,2 b
16% de Na ₂ O; 0% de <i>Pinus</i>	98,2 a	103,4 a	97,5 a
16% de Na ₂ O; 33,33% de <i>Pinus</i>	137,2 a	116,1 b	102,7 b
16% de Na ₂ O; 66,66% de <i>Pinus</i>	124,5 a	109,5 ab	101,0 b
16% de Na ₂ O; 100% de <i>Pinus</i>	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.

QUADRO 18 - Comparação das médias dos valores de resistência ao rasgo nas interações % de *Pinus* x fator H x % de Na₂O e % de *Pinus* x % de Na₂O x °SR: Influência da percentagem de *Pinus*

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

5. BOUCHAYER, H. Influence der raffinagé séparé ou en mélange du pâtes de fenilleux et de résineux. In: EUCEPA Symposium, 6, Stockholm, 1962. *Proceedings of the 6th EUCEPA Symposium and 8th European TAPPI Meeting*. Stockholm 1962. p. 20-1-20-8.
6. CHEN, R.; GARCEAU, J.J.; KOKTA, B.V. Hardwood mixed with softwood in kraft pulping; opti-

mization of utilization. *TAPPI, Atlanta*, 61 (7):35-8, 1978.

7. FOELKEL, C.E.B. *Estrutura da madeira*. Belo Oriente, CENIBRA, 1977. 84 p.
8. FOELKEL, C.E.B. & BARRICHELO, L.E.G. Misturas de celulose de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea* var. *caribaea*. *IPEF*, Piracicaba, 11:63-76, 1975.
9. FOELKEL, C.E.B. & BARRI-

CHELO, L.E.G. Relações entre características de madeira e propriedades da celulose e papel. *O Papel*, São Paulo, 36(9):49-53, 1975.

10. FOELKEL, C.E.B. & BARRICHELO, L.E.G. Misturas de celuloses. In:---&---. *Tecnologia de celulose e papel*. Piracicaba, ESALQ, 1975. p. 161-3.

11. FOELKEL, C.E.B.; KATO, J.; ZVINAKEVICIUS, C.; SILVA, A. R. da. O uso de misturas de madeira de *Eucalyptus grandis* com pe-

quenas proporções de madeiras de espécies nativas para produção de celulose kraft. *Revista Árvore*, Viçosa, 2(2):200-13, 1978.

12. HATTON, J.V. Thin chips give highest screened yields in mixed softwood/hardwood kraft pulping. *TAPPI*, Atlanta, 60(5):116-7, 1977.

13. KOSAYA, G.S.; KARPOVA, E.V.; KASATKNA, A.V. Kraft pulping of softwood/hardwood blends. *Bumazh. Prom.*, 39(2):3-5, 1964.

14. MYSLINSKA, Z. Use of unbleached sulphate pulp in the manufacture of newsprint. *Przylad Papier*, 7:66-70, 1951.

15. ORTEGA, R. & REYS, M. Alternative methods for kraft pulping of hardwoods. *TAPPI*, Atlanta, 63(6):77-9, June 1980.

16. PEKMAN, J.H. & MAY, M.N. Refining of softwood and hardwood kraft pulps separately and as mixtures. *TAPPI*, Atlanta, 42:556-8, 1959.