

Estudo de polpação química da mistura de Gmelina arborea roxb. e Pinus caribea variedade Hondurensis

MFN -0385
N CHAMADA:
TITULO: Estudo de polpação química da mistura de Gmelina arborea roxb. e Pinus caribea variedade Hondurensis
AUTOR(ES): CORREA, A.A.FRAZAO, F.J.L.
EDICAO:
IDIOMA: português
ASSUNTO: 02.2. Cozimento da Celulose
TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual de Celulose e Papel, 22
PROMOTOR: ABTCP
CIDADE: São Paulo
DATA: 20-24.11.1989
IMPRESSA: Sao Paulo, 1989, ABTCP
PAG/VOLUME: p.119-149,
FONTE: Congresso Anual de Celulose e Papel, 22, 1989, São Paulo, p.119-149
AUTOR ENTIDADE:
DESCRIPTOR: pastas químicas, Pinus caribaea var. hondurensis, Gmelina arborea Roxb, madeira, cavacos, refino, moinho Jokro, moinho Bauer, moinho Holandesa

RESUMO: Neste trabalho é relatado a pesquisa sobre a qualidade da polpa química sulfato das misturas das madeiras de Pinus caribea var. hondurensis e Gmalina arborea Roxb. Descreva-se o critério que foi utilizado na composição das misturas. Apresenta-se os métodos utilizados na fabricação de polpas, bem como aqueles empregados para avaliar as qualidades das pastas. Cita-se os processos de branqueamento, suas metodologias e as utilizadas para avaliar as qualidades das polpas branqueadas. Descreve-se os refinamentos das polpas branqueadas e não branqueadas e menciona-se as normas empregadas na avaliação das características físico-mecânicas das polpas. Mostra-se os resultados obtidos e discute-os confrontando com os conceitos existentes na literatura. Faz-se conclusão relativa a cada tópico dos ensaios e de um modo geral se conclui que nas condições em que foram realizados os ensaios, não é conveniente misturar cavaco ou polpa de Pinus caribea var. hondurensis com Gmelina arborea Roxb., porque entre outras razões as polpas resultantes são menos sólidas do que da Gmelina arborea Roxb

ESTUDO DE POLPAÇÃO QUÍMICA DA MISTURA DE *Gmelina arborea* ROXB.
E *Pinus caribaea* VARIEDADE HONDURENENSIS

ANTONIO DE AZEVEDO CORRÊA
FRANCISCO JUVENAL LIMA FRAZÃO

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - Manaus - Am - Brasil

RESUMO

Neste trabalho é relatado a pesquisa sobre a qualidade da polpa química sulfato das misturas das madeiras de *Pinus caribaea* var. hondurensis e *Gmelina arborea* Roxb. Descreve-se o critério que foi utilizado na composição das misturas. Apresenta-se os métodos utilizados na fabricação de polpas, bem como aqueles empregados para avaliar as qualidades das pastas. Cita-se os processos de branqueamentos, suas metodologias e as utilizadas para avaliar as qualidades das polpas branqueadas. Descreve-se os refinamentos das polpas branqueadas e não branqueadas e menciona-se as normas empregadas na avaliação das características físico-mecânicas das polpas. Mostra-se os resultados obtidos e discute-os confrontando com os conceitos existentes na literatura. Faz-se conclusão relativa a cada tópico dos ensaios e de um modo geral se conclui que nas condições em que foram realizados os ensaios, não é conveniente misturar cavaco ou polpa de *Pinus caribaea* var. hondurensis com *Gmelina arborea* Roxb., porque entre outras razões as polpas resultantes são menos sólidas do que da *Gmelina arborea* Roxb.

INTRODUÇÃO

A mistura entre polpas de fibra curta e fibra longa é uma rotina na indústria papeleira e tem como finalidade maior, reforçar uma característica específica demandada pelo uso final do papel. Entretanto, no que diz respeito a cozimentos de mistura de cavacos de uma madeira folhosa com uma resinosa, os exemplos são raros, tanto em relação à pesquisa e muito mais à prática industrial.

Por esta razão, o objetivo principal deste trabalho é analisar os resultados dos cozimentos, branqueamentos e das características físico-mecânicas das polpas químicas alcalinas provenientes das misturas de polpas e de cavacos dessas espécies clássicas introduzidas e plantadas em extensão industrial, na Amazônia brasileira.

Metodologia da composição das misturas

Para a composição das misturas das polpas e dos cavacos, partiu-se de forma arbitrária, adicionando-se tanto sobre as polpas como sobre os cavacos de Gmelina arborea Roxb., quantidades crescentes de polpas ou cavacos de Pinus caribaea var. hondurensis, iniciando-se com 10% em intervalos crescentes de 10 em 10%, até o limite de 50%, base madeira seca.

As misturas dos cavacos foram feitas no próprio corpo do digestor, enquanto que as misturas das polpas foram efetuadas em um misturador de laboratório, seguido de desagumamento em centrífuga.

Ensaio laboratorial da fabricação de pasta química alcalina das espécies e suas misturas

As duas espécies foram transformadas em cavacos em um picador de laboratório "Appleton", potência 15 HP, velocidade do disco 500 rpm, com duas facas 7/8" colocadas em um ângulo de 45º, em relação ao alimentador.

Após a picagem, os cavacos foram peneirados usando-se um peneirador marca Sweco de malhas com diâmetro correspondente a 28,57 mm, 19,04 mm e 4,76 mm respectivamente em quatro frações assim descritas: a primeira, composta de cavacos grandes e lascas de madeiras, que não ultrapassaram a malha de maior diâmetro. A segunda e terceira, representadas por porções de cavacos nas malhas das peneiras de 19,04 mm e 4,76 mm e a quarta constituída de palitos e serragens. As lascas e os cavacos grandes foram repicados e reclassificados, de tal forma que a madeira picada pronta para alimentar o cozinhador apresentava os seguintes limites máximos e dimensões:

- Comprimento: direção da grã ou longitudinal - 30 mm;
- espessura: direção radial - 5 mm;
- largura: direção tangencial - 50 mm;

Preparados os cavacos, realizou-se o processo de fabricação de polpa química alcalina clássica, com o licor branco seguindo as especificações que geralmente são usadas nas indústrias, participando os reagentes químicos nos seguintes percentuais expressos em Na_2O :

NaOH	-	60	$\pm$ 1%
Na ₂ S	-	25	$\pm$ 1%
Na ₂ CO ₃	-	15	$\pm$ 1%

O equipamento utilizado nos ensaios de fabricação foi um cozinhador marca "Auximeca" rotativo, 1.5 rpm, aquecido eletricamente, com 50 litros de capacidade.

O circuito de depuração e lavagem foi composto por um desintegrador Allibe 1700 rpm e 17 litros de capacidade, um depurador "Valley Laboratory Flat Screen", com peneira de fendas 0,13 mm e uma centrífuga de desagumamento marca Rousselet, tipo SA-30 AWZ, com velocidade de 1.800 e 3.600 rpm.

Das polpas lavadas e depuradas determinaram-se os rendimentos, números Kappa e rejeitos. Do licor negro calcularam-se o álcali residual e o teor de sólidos totais.

As condições e os resultados dos cozimentos são mostrados no Quadro I.

Para avaliação e comparação das qualidades das pastas não branqueadas resultante da mistura dos cavacos e das polpas, realizaram-se as análises químicas das mesmas de acordo com as seguintes normas pa-

QUADRO I - Condições e resultados dos cozimentos sulfato de Gmelina, Pinus e misturas Gmelina e Pinus

Condições	Gmelina 100%	Pinus 100%	Gmelina 90% Pinus 10%	Gmelina 80% Pinus 20%	Gmelina 70% Pinus 30%	Gmelina 60% Pinus 40%	Gmelina 50% Pinus 50%
Tempo à temperatura de patamar (100 a 170°C) - min	90	90	90	90	90	90	90
Temperatura de patamar - °C	170	170	170	170	170	170	170
Tempo na temperatura máxima - min	80	80	80	80	80	80	80
Sulfidez - %	24,6	25,2	24,6	24,2	25,4	24,8	24,4
Alcali ativo - %	15	15	15	15	15	15	15
Relação líquido/madeira	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1
Pressão - Kg/cm ²	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8
Resultados							
Rendimento depurado - %	49,7	44,7	48,3	47,6	47,1	45,8	45,7
Número Kappa	18,5	50,5	22,4	24,1	27,5	34,2	38,6
Alcali residual como Na ₂ O - g/l	3,26	0,90	2,95	1,63	1,31	1,20	1,20
Teor de sólidos totais - %	19,64	21,60	19,95	20,40	20,53	20,67	20,70
Rejeitos - %	0,17	2,96	0,58	0,74	1,38	1,55	2,10

dronizadas:

- a) Solubilidade em água quente: TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry) - T 207 OS-54;
- b) Solubilidade em hidróxido de sódio a 1%: TAPPI T OS-56;
- c) Teor em Pentosanas: ABCP (Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel C 7/71;
- d) Teor em Lignina: ABCP M 10/71;
- e) Teor em cinzas: TAPPI T 211 OS-58.

Os resultados estão relatados nos Quadros nºs II e III.

O Quadro nº I mostra que as condições de tratamento aplicadas aos cavacos de Gmelina, das quais resultam polpa química de boa qualidade, não são aplicáveis aos cavacos de Pinus, cuja pasta resultante apresentou um baixo índice de deslignificação. Este resultado é normal, porque como menciona Rydholm (1976), o conteúdo de lignina nas madeiras resinosas é superior ao das madeiras folhosas, exigindo portanto, condições mais severas de tratamento para se obter uma polpa química semelhante a da Gmelina.

O rendimento da polpa de Gmelina foi superior ao da polpa de Pinus, em virtude de ser a densidade da Gmelina superior à do Pinus. Rydholm (1976) generaliza este fenômeno na comparação entre polpas químicas alcalinas oriundas de folhosas e resinosas, quando afirma que nos cozimentos Kraft, o consumo de madeira folhosa é menor do que de madeira resinosa devido a sua maior densidade.

O consumo de álcali foi maior para os cavacos de Pinus. A explicação vem de Rydholm (1976) quando assevera que o consumo de álcali na polpação química alcalina das madeiras folhosas é menor do que na mesma polpação das madeiras resinosas, em função das madeiras folhosas deterem mais hemiceluloses e menos lignina do que as madeiras resinosas.

O teor de sólidos totais apresentado pela Gmelina foi levemente superior ao do Pinus e seguiu a regra citada por Rydholm (1976) de que a lignina nos cozimentos Kraft das madeiras folhosas experimentam uma condensação maior do que no mesmo procedimento, nas madeiras resinosas.

Quanto ao teor de rejeitos, que foi superior para o Pinus, o mesmo está relacionado ao grau de deslignificação do Pinus ter sido menor do que da Gmelina. Isto se atribui, segundo Rydholm (1976), em razão da localização da lignina nas folhosas se verificar na lamela média o que facilita a penetração do licor de cozimento, o que não se observa para as coníferas.

Com relação ao rendimento, a Gmelina foi a espécie que apresentou o maior teor. Isto é bem conhecido e Rydholm (1976) em sua obra clássica, já citava que as polpas Kraft das madeiras folhosas têm rendimento superior as polpas correspondentes das madeiras resinosas.

As narrações de experiência sobre cozimento industrial de mistura de madeira folhosa com madeira resinosa na literatura são raras. Entretanto, existem alguns exemplos bem elucidativos sobre este assunto. Assim é que Wilson & Johnston (1985) relatam o sucesso de um procedimento desenvolvido para o cozimento e branqueamento de uma mistura de 50% de uma folhosa e 50% de uma resinosa. O processo de cozimento utilizado, conforme os pesquisadores, foi a "Stora" com um ciclo de cozimento em dois estágios e os resultados encontrados permitiram as seguintes conclusões: o cozimento requereu uma carga maior de sódio, com redução da temperatura; e o rendimento, por digestor, foi maior do que quando se usava 100% de madeira resinosa, devido a folhosa proporcionar um aumento na densidade do material lenhoso.

Um outro exemplo de sucesso da utilização industrial da mistura

QUADRO II - Composição química das polpas provenientes de Gmelina, Pinus e das misturas de cavacos Gmelina/Pinus

ANÁLISES	Gmelina/Pinus, %						
	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50	0/100
Água quente, %	0,58	0,64	0,49	0,58	0,70	0,79	2,10
NaOH 1%, %	0,78	1,35	0,80	1,44	1,58	3,31	5,38
Pentosanas, %	15,17	13,24	11,85	12,14	11,33	11,02	7,56
Lignina, %	0,39	0,40	1,40	2,06	2,51	3,83	6,18
Cinzas, %	0,38	0,42	0,32	0,34	0,44	0,26	0,29

QUADRO III - Composição química das polpas provenientes de Gmelina, Pinus e misturas de polpas Gmelina/Pinus

ANÁLISES	Gmelina/Pinus, %						
	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50	0/100
Água quente, %	0,58	0,77	1,79	1,03	1,67	2,01	2,10
NaOH 1%, %	0,78	1,68	4,22	3,12	4,04	4,13	5,38
Pentosanas, %	15,17	13,62	12,83	11,97	12,32	11,72	7,56
Lignina, %	0,39	1,45	2,82	3,10	3,62	3,90	6,18
Cinzas, %	0,38	0,35	0,29	0,23	0,30	0,22	0,29

de folhosa com conífera vem da Austrália e é mencionado por Brown et al., 1983, onde descrevem a experiência da implantação do processo a contra-corrente Soda-AQ. As principais observações feitas foram as seguintes: o rendimento da mistura efetuada com os cavacos, no digestor, foi menor do que quando se utilizava as madeiras, separadamente, isto para um mesmo número Kappa, o que sob condições normais, não recomendavam o uso deste processo; a utilização do Pinus na mistura visava substituir a fibra longa importada, e o papel fabricado em uma única base era usado para impressão e escrita, sem que houvesse quebra na máquina e nas suas qualidades; ganhos no rendimento foram obtidos pelo aumento do número Kappa, mas dentro do limite de viabilidade de branqueamento.

No que diz respeito à pesquisa de laboratório, existe na literatura, dois exemplos clássicos sobre este assunto: o primeiro é o trabalho de Hunt & Hatton (1976), no qual propunham o aumento da produção de polpa química alcalina, nas fábricas do Canadá que utilizavam madeiras resinosas, pela introdução de madeiras folhosas, baseando-se nos fatos do rendimento não depurado a um número de permanganato de 20, de uma mistura de madeira resinosa com 20% de madeira folhosa, ter sido superior ao da madeira resinosa quando tratada isoladamente e dos números de permanganatos da mistura de madeira resinosa e folhosa terem sido menores do que o correspondente ao da madeira resinosa, o que os levou a concluir que um tempo de cozimento mais curto podia ser usado para as misturas de madeiras quando comparado com o tempo exigido para a madeira resinosa isolada; o segundo é um ensaio efetuado por Maddern et al., 1984, sobre polpas alcalinas de madeira folhosa e mistura de madeira folhosa e resinosa, onde concluíram que o cozimento de mistura de madeiras proporcionava algumas desvantagens, notadamente, um decréscimo no rendimento da polpa crua e uma maior exigência na carga de álcali, quando comparado com os cozimentos isolados, tanto da madeira folhosa como do Pinus. Estas desvantagens cresciam a medida que se diminuía o teor de Pinus e diminuía quando o teor de Pinus aumentava. Tal comportamento foi verificado, também, para a taxa de rejeitos.

Como se pode observar, as conclusões são conflitantes entre os trabalhos de Hunt & Hatton (1976) e Maddern (1984). Entretanto, mesmo existindo contradição entre os autores, a revisão de literatura permite retirar alguns conceitos, principalmente, de Rydholm (1976) sobre os resultados de cozimentos isolados de madeiras folhosas e resinosas e que servem para explicar os resultados obtidos na pesquisa: os rendimentos das madeiras folhosas são superiores aos das madeiras resinosas por terem a maioria das espécies folhosas, densidades superiores as das madeiras resinosas, associados ao menor teor de lignina e ao fato da lignina das folhosas sofrerem menor condensação do que das resinosas; o consumo de álcali nas madeiras folhosas é, de certo modo, inferior ao das espécies resinosas, o que é surpreendente, em virtude das folhosas conterem mais hemiceluloses e menos lignina, visto que o consumo nas folhosas se dá, predominantemente, na dissolução dos carboidratos; estando a maior percentagem de lignina das folhosas na lamela média, isto faz com que o ponto de liberação das fibras possa ser alcançado com número de cloro mais baixo, 5 a 7, em contraste com o de 10, no caso das madeiras resinosas.

Plotando estes conceitos sobre os resultados da pesquisa, observa-se que em relação ao rendimento e o teor de sólidos totais, os conceitos a eles relativos estão perfeitamente harmonizados com os resultados, porque, conforme já foi demonstrado, o rendimento isolado da polpa de Gmelina foi superior ao do Pinus, em virtude da madeira de Gmelina ser mais densa, menos lignificada e sua lignina ter uma menor tendência de se condensar do que a do Pinus. Por estas razões, o comportamento verificado para as misturas seguiu esta lógica e a medida que se acrescentava cavacos de Pinus, o rendimento ia diminuindo aproximando-se do rendimento do Pinus. Com relação ao teor de sólidos totais, o mesmo aumentava a medida

que aumentava a proporção de cavacos de Pinus. Fato corroborado pela análise química da polpa que mostrou no teor de lignina uma tendência inversa em relação ao rendimento e direta no que diz respeito ao teor de sólidos totais. O melhor rendimento correspondeu a mistura de 90% de Gmelina e 10% de Pinus.

Relativamente à deslignificação o conceito de Rydholm (1976) foi observado, haja vista, conforme já foi analisado, o grau de deslignificação do Pinus, nas condições de cozimento da Gmelina, foi extremamente baixo. Assim sendo, um aumento na quantidade de cavacos de Pinus na mistura, causava uma diminuição no Índice de deslignificação. Esta forte influência do teor de Pinus na mistura foi observada, já a partir da composição Gmelina 90% e Pinus 10% com número Kappa 18,5, foi elevado para 22,4 para a mistura Gmelina 80% e Pinus 20% o que de certa forma, inviabiliza a mistura em nível maior. Segundo Hunt & Hatton (1976), isto é causado pelas diferentes taxas de deslignificação das espécies, sendo que a de Pinus é mais lenta do que a de Gmelina. Portanto, a mistura tanto dos cavacos quanto das polpas (ver estudo de branqueamento), para se ter um nível de deslignificação razoável, deveria situar-se entre 90% de Gmelina e 10% de Pinus.

O comportamento do Índice de deslignificação é avaliado pela análise química das polpas, visto que os teores de lignina foram crescentes tanto para as polpas oriundas das misturas de cavacos, como nas misturas de polpas.

No que concerne aos teores de álcali residual, o conceito mencionado para servir de diretriz da análise, foi observado, uma vez que o consumo de álcali da Gmelina foi menor do que o do Pinus, o que pode ser explicado pelo fato de que a medida que se aumentava a proporção de cavacos de Pinus na mistura, havia um aumento de lignina na composição e uma diminuição do teor de hemicelulose, o que elevava o consumo. Isto é confirmado pela análise química das polpas (Quadro nºs II e III), em decorrência de um ligeiro decréscimo nos teores de hemiceluloses, mesmo considerando a alta resistência das hemiceluloses da Gmelina ao álcali ativo, devido a maior presença de xilanas, como realça Rydholm (1976) ao comparar a ação do álcali na deslignificação entre madeiras folhosas e resinosas.

Os teores de rejeitos tiveram em relação as misturas, valores inversos aos rendimentos e diretos aos números Kappa.

No que diz respeito a comparação entre as análises químicas das polpas, observou-se que elas foram semelhantes, com resultados ligeiramente inferiores para as polpas provenientes da mistura de cavacos. A explicação para esta constatação foi, provavelmente, que na pasta da mistura de polpas não se tenha verificado uma homogeneização mais profunda como nas polpas provenientes da mistura dos cavacos.

Branqueamentos das polpas químicas providas da Gmelina Misturas de cavacos e mistura de polpas

As polpas químicas alcalinas originárias da Gmelina, mistura de cavacos e mistura de polpas foram branqueadas pelos processos C.E.D.E.D., C.E.H.D.E.D. e D/C.E.D.E.D. para verificar a demanda de agentes químicos, a performance dos resultados e a solidez das pastas.

As condições operacionais utilizadas nos estágios dos branqueamentos estão citadas no Quadro IV.

O cálculo do Cloro ativo total aplicado nos branqueamentos foi efetuado de acordo com a equação: Cloro ativo total, % = $0,319 \times \text{nº Kappa}$, estabelecida por Zvinakevicius et al. (1979). Na sequência da dosagem de cloro ativo por estágio, segue-se as equações estabelecidas pelos pesquisadores mencionados na seguinte ordem: 1º estágio, % = $1,02 + 0,108 (\text{nº Kappa})$; 2º estágio, % = $0,225 \times (\text{nº Kappa após estágio precedente})$; 3º estágio, % = $0,75 \times (\text{Cloro total} - \Sigma \text{ cloro gasto nos estágios anteriores})$; 4º estágio, % = $0,25 \times (\text{Cloro total} - \Sigma \text{ cloro nos dois primeiros estágios contendo cloro})$.

QUADRO IV - Condições dos branqueamentos das polpas químicas de Gmelina e misturas Gmelina e Pinus

Fases	C	E ₁	H	D ₁	E ₂	D ₂	SO ₂
Temperatura, °C	Ambiente	60	40	70	60	70	Ambiente
Tempo, min	30	90	120	210	90	210	
Consistência, %	3,5	12	12	12	12	12	5

A introdução de hidróxido de sódio (NaOH), nos estágios de extração alcalina, produziu-se segundo a metodologia formulada pelos pesquisadores referidos assim especificados: primeira extração NaOH = 1,36 + 0,031 x (nº Kappa da polpa não branqueada); segunda extração alcalina NaOH = 0,5%.

Os resultados foram caracterizados através das seguintes análises:

- Viscosidade - ABCP C9/72
- Alvura - ABCP P16/82
- Estabilidade da alvura - segundo Doat, 1970
- Solubilidade da polpa em hidróxido de sódio a 18% e 21,5% a 20°C - T 235m - 60

O balanço dos reagentes utilizados, a performance dos resultados bem como a solubilidade das polpas são mostrados nos Quadros V - XII.

O consumo de reagentes seguiu o paradigma dos números Kappa, uma vez que a demanda tanto de Cloro ativo como de Soda na extração alcalina foi calculada em função deste índice de deslignificação. Desta forma, o consumo de reagentes foi crescente à medida que se aumentava a proporção da polpa ou cavacos de Pinus nas misturas.

O consumo de reagentes das polpas provenientes das misturas de polpas foi menor do que das polpas oriundas das misturas de cavacos. Isto pode ser atribuído ao fato destas polpas apresentarem números Kappa menores.

Em termos de gastos de reagentes químicos, as diferenças entre as duas polpas são substanciais, o que, de certa forma, penaliza as polpas oriundas da mistura de cavacos, fazendo com que na prática industrial, ao se ter que tomar uma decisão de branquear uma das polpas, se optaria pelas polpas oriundas da mistura de polpas.

No que diz respeito à percentagem de mistura concernente ao gasto de reagentes, a melhor composição foi de 90% de Gmelina e 10% de Pinus, tanto para as polpas oriundas das misturas de polpas como das polpas provenientes da mistura de cavacos.

Os resultados das viscosidades, tanto das polpas não branqueadas como branqueadas oriundas das misturas de polpas e de cavacos foram anômalos, não seguindo a sequência do crescimento dos números Kappa, ocasionado pela adição de polpa ou cavacos de Pinus sobre a polpa ou cavacos de Gmelina. A causa seria porque, mesmo sendo a viscosidade o teste destinado a medir a extensão dos danos causados pelos agentes químicos dos cozimentos e branqueamentos, a molécula de celulose, como acentua Rydholm (1976) não estaria relacionada com o nº Kappa, mas sim, principalmente,

QUADRO V - Resultados do branqueamento pelo processo CEDED das polpas químicas da mistura Gmelina e Pinus - Polpas obtidas da mistura de cavacos

MISTURA, % Gmelina/Pinus		100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50
Número Kappa		18,5	22,4	24,1	27,5	34,2	38,6
Viscosidade, cP		18,7	17,0	18,6	19,1	17,9	19,0
Alvura polpa não branqueada		46,5	44,0	43,5	43,0	42,5	41,0
C	Cloro ativo aplicado, %	3,01	3,43	3,62	3,99	4,72	5,19
	Cloro ativo consumido, %	3,00	3,43	3,62	3,99	4,72	5,19
E	NaOH aplicado, %	1,93	2,05	2,10	2,21	2,42	2,56
	NaOH consumido, %	1,43	1,64	1,81	1,78	2,06	2,18
D	Cloro ativo aplicado, %	2,17	2,78	3,04	3,58	4,66	5,34
	Cloro ativo consumido, %	2,17	2,78	3,04	3,58	4,66	5,34
E	NaOH aplicado, %	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	NaOH consumido, %	0,36	0,39	0,36	0,45	0,47	0,41
D	Cloro ativo aplicado, %	0,72	0,93	1,02	1,19	1,55	1,78
	Cloro ativo consumido, %	0,63	0,90	1,01	1,19	1,55	1,77
Cloro ativo total aplicado, %		5,90	7,14	7,68	8,76	10,93	12,31
Cloro ativo total consumido, %		5,80	7,11	7,67	8,76	10,93	12,30
NaOH total aplicado, %		2,43	2,55	2,60	2,71	2,92	3,06
NaOH total consumido, %		1,79	2,03	2,17	2,23	2,53	2,59
Viscosidade, cP		13,5	14,2	18,5	17,6	13,9	18,0
Photovolt (Alvura)		90,0	86,5	89,5	85,5	77,0	88,0
Estabilidade da alvura, %		98,7	98,3	97,2	97,6	98,7	97,7

QUADRO VI - Resultados do branqueamento pelo processo CEHDED das polpas químicas da mistura Gmelina e Pinus - Polpas obtidas da mistura de cavacos

MISTURA, % Gmelina/Pinus		100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50
Número Kappa		18,5	22,4	24,1	27,5	34,2	38,6
Viscosidade, cP		18,7	17,0	18,6	19,1	17,9	19,0
Alvura polpa não branqueada		46,5	44,0	43,5	43,0	42,5	41,0
C	Cloro ativo aplicado, %	3,01	3,43	3,62	3,99	4,72	5,19
	Cloro ativo consumido, %	3,00	3,43	3,62	3,99	4,72	5,19
E	NaOH aplicado, %	1,93	2,05	2,10	2,21	2,42	2,56
	NaOH consumido, %	1,43	1,64	1,81	1,78	2,06	2,18
H	Cloro ativo aplicado, %	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Cloro ativo consumido, %	0,92	0,97	0,99	1,00	1,00	1,00
D	Cloro ativo aplicado, %	1,41	2,02	2,29	2,83	3,91	4,59
	Cloro ativo consumido, %	1,41	1,99	2,29	2,83	3,91	4,59
E	NaOH aplicado, %	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	NaOH consumido, %	0,31	0,31	0,34	0,40	0,41	0,33
D	Cloro ativo aplicado, %	0,48	0,68	0,77	0,94	1,30	1,53
	Cloro ativo consumido, %	0,34	0,61	0,67	0,92	1,30	1,30
Cloro ativo total aplicado, %		5,90	7,14	7,68	8,76	10,93	12,31
Cloro ativo total consumido, %		5,67	7,00	7,57	8,74	10,92	12,27
NaOH total aplicado, %		2,43	2,55	2,60	2,71	2,92	3,06
NaOH total consumido, %		1,74	1,95	2,15	2,18	2,47	2,51
Viscosidade, cP		12,2	12,0	16,2	18,8	14,2	17,50
Photovolt (Alvura)		92,0	89,0	90,5	89,0	86,0	89,0
Estabilidade da alvura, %		98,5	98,8	98,3	96,1	96,7	97,2

QUADRO VII - Resultados do branqueamento pelo processo C/DEDED das polpas químicas da mistura Gmelina e Pinus - Polpas obtidas da mistura de cavacos

MISTURA, % Gmelina/Pinus		100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50
Número Kappa		18,5	22,4	24,1	27,5	34,2	38,6
Viscosidade, cP		18,7	17,0	18,6	19,1	17,9	19,0
Alvura polpa não branqueada		46,5	44,0	43,5	43,0	42,5	41,0
C/D	Cloro ativo aplicado, %	3,01	3,43	3,62	3,99	4,72	5,19
	Cloro ativo consumido, %	3,00	3,43	3,62	3,99	4,72	5,19
E	NaOH aplicado, %	1,93	2,05	2,10	2,21	2,42	2,56
	NaOH consumido, %	1,28	1,58	1,74	1,61	2,01	2,12
D	Cloro ativo aplicado, %	2,17	2,78	3,04	3,58	4,66	5,34
	Cloro ativo consumido, %	2,17	2,78	3,04	3,58	4,66	5,34
E	NaOH aplicado, %	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	NaOH consumido, %	0,37	0,37	0,35	0,43	0,46	0,42
D	Cloro ativo aplicado, %	0,72	0,93	1,02	1,19	1,55	1,78
	Cloro ativo consumido, %	0,64	0,90	0,99	1,19	1,55	1,78
Cloro ativo total aplicado, %		5,90	7,14	7,68	8,76	10,93	12,31
Cloro ativo total consumido, %		5,81	7,11	7,65	8,76	10,93	12,31
NaOH total aplicado, %		2,43	2,55	2,60	2,71	2,92	3,06
NaOH total consumido, %		1,65	1,95	2,09	2,04	2,47	2,54
Viscosidade, cP		14,1	13,0	17,5	18,0	14,1	17,7
Photovolt (Alvura)		90,3	89,0	91,0	88,0	80,0	88,0
Estabilidade da alvura, %		98,7	97,7	97,2	97,1	99,4	98,8

QUADRO VIII - Solubilidade e resistência a NaOH 18% e 21,5% a 20°C das polpas branqueadas provenientes das misturas dos cavacos

ANÁLISES E BRANQUEAMENTOS		E S P E C I F I C A Ç Ã O					
		Gmelina 100%	Gmelina 90% Pinus 10%	Gmelina 80% Pinus 20%	Gmelina 70% Pinus 30%	Gmelina 60% Pinus 40%	Gmelina 50% Pinus 50%
S 18%	CEDED	8,72	9,34	8,81	8,72	9,41	9,91
	CEHDED	8,47	8,88	7,58	8,97	9,84	10,16
	D/CEDED	9,32	8,93	9,86	9,34	6,78	10,14
S 21,5%	CEDED	7,42	8,38	8,70	8,38	9,02	9,16
	CEHDED	7,44	8,31	7,67	8,77	8,88	9,43
	D/CEDED	7,92	8,74	8,93	8,11	9,27	9,00
R 18%	CEDED	91,28	90,66	91,19	91,28	90,59	90,09
	CEHDED	91,53	91,12	92,42	91,03	90,16	89,84
	D/CEDED	90,68	91,07	90,14	90,66	93,22	89,86
R 21,5%	CEDED	92,58	91,62	91,30	91,62	90,98	90,84
	CEHDED	92,56	91,69	92,33	91,23	91,12	90,57
	D/CEDED	92,08	91,26	91,07	91,89	90,73	91,00

QUADRO IX - Resultado do branqueamento pelo processo CEDED das polpas químicas da mistura Gmelina e Pinus - Mistura de polpas

MISTURA, % Gmelina/Pinus		100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50
Número Kappa		18,5	19,9	21,9	24,9	28,1	30,5
Viscosidade, cP		18,7	16,4	16,8	18,6	18,9	19,3
Alvura polpa não branqueada		46,5	43,5	43,0	42,0	41,5	40,5
C	Cloro ativo aplicado, %	3,01	3,16	3,39	3,71	4,06	4,32
	Cloro ativo consumido, %	3,00	3,16	3,39	3,71	4,06	4,32
E	NaOH aplicado, %	1,93	1,98	2,04	2,13	2,23	2,31
	NaOH consumido, %	1,43	1,59	1,64	1,70	1,83	1,89
D	Cloro ativo aplicado, %	2,17	2,39	2,70	3,17	3,68	4,06
	Cloro ativo consumido, %	2,17	2,39	2,70	3,17	3,68	4,06
E	NaOH aplicado, %	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	NaOH consumido, %	0,36	0,43	0,43	0,42	0,42	0,44
D	Cloro ativo aplicado, %	0,72	0,80	0,90	1,05	1,23	1,36
	Cloro ativo consumido, %	0,63	0,80	0,90	1,05	1,23	1,36
Cloro ativo total aplicado, %		5,90	6,35	6,99	7,94	8,97	9,74
Cloro ativo total consumido, %		5,80	6,35	6,99	7,94	8,97	9,74
NaOH total aplicado, %		2,43	2,48	2,54	2,63	2,73	2,81
NaOH total consumido, %		1,79	2,02	2,07	2,12	2,25	2,33
Viscosidade, cP		13,5	15,6	14,7	16,1	16,9	16,6
Photovolt (Alvura)		90,0	84,5	84,5	80,0	86,5	85,5
Estabilidade da alvura, %		98,5	97,0	97,2	97,5	97,7	96,5

QUADRO X - Resultado do branqueamento pelo processo CEHDED das polpas químicas da mistura Gmelina e Pinus - Mistura de polpas

MISTURA, % Gmelina/Pinus		100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50
Número Kappa		18,5	19,9	21,9	24,9	28,1	30,5
Viscosidade, cP		18,7	16,4	16,8	18,6	18,9	19,3
Alvura polpa não branqueada		46,5	43,5	43,0	42,0	41,5	40,5
C	Cloro ativo aplicado, %	3,01	3,16	3,39	3,71	4,06	4,32
	Cloro ativo consumido, %	3,00	3,16	3,39	3,71	4,06	4,32
E	NaOH aplicado, %	1,93	1,98	2,04	2,13	2,23	2,31
	NaOH consumido, %	1,43	1,59	1,64	1,70	1,83	1,89
H	Cloro ativo aplicado, %	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Cloro ativo consumido, %	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
D	Cloro ativo aplicado, %	1,41	1,64	1,95	2,42	2,93	3,31
	Cloro ativo consumido, %	1,41	1,64	1,95	2,42	2,93	3,31
E	NaOH aplicado, %	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	NaOH consumido, %	0,31	0,34	0,39	0,37	0,33	0,36
D	Cloro ativo aplicado, %	0,48	0,55	0,65	0,81	0,98	1,11
	Cloro ativo consumido, %	0,34	0,48	0,61	0,81	0,94	1,07
Cloro ativo total aplicado, %		5,90	6,35	6,99	7,94	8,97	9,74
Cloro ativo total consumido, %		5,67	6,28	6,95	7,90	8,97	9,70
NaOH total aplicado, %		2,43	2,48	2,54	2,63	2,73	2,81
NaOH total consumido, %		1,74	1,93	2,03	2,13	2,16	2,25
Viscosidade, cP		12,2	14,9	15,3	18,5	17,2	17,2
Photovolt (Alvura)		92,0	88,0	89,0	89,0	89,0	89,5
Estabilidade da alvura, %		98,0	97,2	92,3	97,2	97,8	97,8

QUADRO XI - Resultados do branqueamento pelo processo C/DEDED das polpas químicas da mistura Gmelina e Pinus - Mistura de polpas

MISTURA, % Gmelina/Pinus		100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50
Número Kappa		18,5	19,9	21,9	24,9	28,1	30,5
Viscosidade, cP		18,7	16,4	16,8	18,6	18,9	19,3
Alvura polpa não branqueada		46,5	43,5	43,0	42,0	41,5	40,5
C/D	Cloro ativo aplicado, %	3,01	3,16	3,39	3,71	4,06	4,32
	Cloro ativo consumido, %	3,00	3,16	3,39	3,71	4,06	4,32
E	NaOH aplicado, %	1,93	1,98	2,04	2,13	2,23	2,31
	NaOH consumido, %	1,28	1,56	1,56	1,65	1,80	1,86
D	Cloro ativo aplicado, %	2,17	2,39	2,70	3,17	3,68	4,06
	Cloro ativo consumido, %	2,17	2,39	2,70	3,17	3,68	4,06
E	NaOH aplicado, %	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	NaOH consumido, %	0,37	0,38	0,38	0,40	0,40	0,42
D	Cloro ativo aplicado, %	0,72	0,80	0,90	1,05	1,23	1,36
	Cloro ativo consumido, %	0,64	0,80	0,90	1,05	1,23	1,36
Cloro ativo total aplicado, %		5,90	6,35	6,99	7,94	8,97	9,74
Cloro ativo total consumido, %		5,81	6,35	6,99	7,94	8,97	9,74
NaOH total aplicado, %		2,43	2,48	2,54	2,63	2,73	2,81
NaOH total consumido, %		1,65	1,94	1,94	2,05	2,20	2,28
Viscosidade, cP		14,1	15,6	14,9	17,4	17,6	16,7
Photovolt (Alvura)		90,3	87,0	88,0	87,0	87,0	87,0
Estabilidade da alvura, %		97,5	97,1	97,2	97,7	97,7	97,7

QUADRO XII - Solubilidade e resistência a NaOH 18% e 21,5% a 20°C das polpas branqueadas provenientes das misturas de polpas

ANÁLISES E BRANQUEAMENTOS		E S P E C I F I C A Ç Ã O					
		Gmelina 100%	Gmelina 90% Pinus 10%	Gmelina 80% Pinus 20%	Gmelina 70% Pinus 30%	Gmelina 60% Pinus 40%	Gmelina 50% Pinus 50%
S 18%	CEDED	8,72	8,33	8,33	8,88	7,88	10,07
	CEHDED	8,47	8,10	7,65	7,56	7,58	10,16
	D/CEDED	9,32	8,31	7,10	7,60	7,35	9,93
S 21,5%	CEDED	7,42	8,13	8,29	8,49	6,78	9,34
	CEHDED	7,44	7,65	7,28	7,15	7,05	9,79
	D/CEDED	7,92	8,06	6,60	6,83	8,54	9,16
R 18%	CEDED	91,28	91,67	91,67	91,12	92,12	89,93
	CEHDED	91,53	91,90	92,35	92,44	92,42	89,84
	D/CEDED	90,68	91,69	92,90	92,40	92,65	90,70
R 21,5%	CEDED	92,58	91,87	91,71	91,51	93,22	90,66
	CEHDED	92,56	92,35	92,72	92,85	92,95	90,21
	D/CEDED	92,08	91,94	93,40	93,17	91,46	90,84

com a dissolução de seus cristalites. Esta hipótese é reforçada pelo argumento de Clark (1978), que ao discutir o assunto sobre a relação da viscosidade com o grau de polimerização, afirma que existe grande possibilidade dos cristalites de polpas alcalinas, quando dissolvidos, não serem completamente separados dentro da molécula individual da celulose.

De um modo geral observou-se que ao se adicionar cavacos ou polpa de Pinus em cavacos ou polpa de Gmelina, houve uma melhora no grau de polimerização, porque as quedas das viscosidades das polpas cruas relacionadas com as polpas branqueadas para ambas misturas foram menores do que a da Gmelina, isoladamente.

Com relação as sequências de branqueamentos utilizadas, na faixa compreendida entre 10 a 30% de cavacos ou polpas de Pinus adicionados a cavacos ou polpa de Gmelina, a celulose esteve menos exposta a ação dos químicos branqueantes. As alvuras das polpas branqueadas das misturas tanto dos cavacos como das pastas foram sempre inferiores as alvuras das polpas de Gmelina.

Para as condições dos branqueamentos, a mistura que apresentou melhores alvuras para todos os processos de branqueamentos utilizados foi a correspondente a 80% de Gmelina e 20% de Pinus, tanto para as polpas providas de cavacos como as originárias da mistura de pasta. As estabilidades seguiram o comportamento observados para as alvuras.

Os testes de solubilidades em álcali a baixa temperatura foram, segundo Rydholm (1976), desenvolvidos para caracterizar as qualidades das polpas para rayon, acetato e polpas para papel quando destinadas a um tratamento posterior com álcali. Os testes, segundo o mesmo autor, informam também sobre a presença de hemiceluloses e a degradação da celulose. Assim sendo, dentro deste enfoque, foram efetuados sobre as polpas os testes de solubilidade a 18% e 21,5% de NaOH.

Os resultados das solubilidades a frio das polpas branqueadas, tanto as oriundas da mistura de cavacos como as provenientes da mistura de polpas nos diferentes processos de branqueamentos, revelaram, no que concerne serem matérias-primas viscose, solubilidade que se situaram entre a polpa Kraft branqueada industrial e a polpa Kraft branqueada purificada citada por Contreras & Sanhueza (1983) e abaixo da pasta Kraft branqueada purificada mencionada por Marengo et al. (1980), conforme Quadro nº XIII. Por outro lado, os resultados mostraram que as solubilidades a frio foram intrínsecas a cada polpa e evidenciaram, que tanto para polpas branqueadas providas das misturas de cavacos e de polpas, não existiram diferenças substanciais causadas pela adição de polpa ou cavacos de Pinus. Uma certa diferença foi no entanto observada a nível de 50% de mistura. A razão aparente seria que neste nível já existia uma influência maior de Pinus sobre a Gmelina.

QUADRO XIII - Características das polpas Kraft branqueadas industrial e purificada

Características	Polpa Kraft branqueada industrial (1)	Polpa Kraft branqueada purificada (1)	Polpa Kraft branqueada purificada (2)
S 18%	14,93	5,51	1,76
S 21,8%	13,68	4,13	
R 18%	85,07	94,49	98,24

Fontes: (1) Contreras, J.G.R. & Sanhueza, R.M., 1983
(2) Marengo, J.V. et al., 1980

As resistências das polpas branqueadas oriundas tanto das misturas de cavacos como de polpas foram superiores à polpa Kraft branqueada industrial mencionada por Contreras & Sanhueza (1983) e inferiores a polpa Kraft branqueada purificada mostrada pelos mesmos pesquisadores e menor do que a polpa Kraft branqueada mencionada por Marengo et al. (1980).

Refino e características físico-mecânicas das polpas não branqueadas e branqueadas

As polpas não branqueadas e branqueadas, depois dos processos de lavagem final, foram esgotadas através de uma centrífuga de desaguamento marca Rousselet, tipo SA 30 AWZ, com velocidades fixas de 1.800 e 3.600 rpm, até uma consistência aproximada de 30%.

O refino das polpas não branqueadas procedeu-se em três refinados: "Bauer", "Jokro" e "Holandesa", enquanto que, as pastas branqueadas sofreram ação de refino, somente, no refinador "Bauer".

As condições de refino para cada refinador foram as seguintes:

- "Bauer" - 16 g de pasta seca a uma consistência de 0,2%, submetida a uma potência de 3,72 kw/h com circulação forçada e abertura entre discos de 0,34 mm. Foram realizadas passagens sucessivas (o máximo três), até atingir o grau de refino desejado.
- "Holandesa" - 200 g de pasta seca a uma consistência de 1%. As polpas foram desintegradas por 30 minutos, tendo em seguida iniciada a ação de refino, obtendo-se quatro pontos com intervalos entre eles de 35 minutos.
- "Jokro" - 16 g de pasta seca levada a uma consistência de 6% com cinco ou mais pontos (incluindo o ponto zero) cobrindo uma escala em QSR, sem correção, que foi de 149 SR a 549 SR.

Os desempenhos das polpas a ação do refino foram avaliadas através de suas drenagens utilizando-se o método SCAN - C19:65. Os resultados são mostrados nos Quadros nºs XIV, XV, XVI e XVII.

QUADRO XIV - Evolução do refino das polpas químicas não branqueadas de Gmelina e mistura Gmelina e Pinus - Pastas das misturas de cavacos

"REFINADOR MOINHO "BAUER"		
ESPECIFICAÇÃO	Passagens	
	1ª	2ª
	QSR SEM CORREÇÃO	
Gmelina 100%	29	51
Gmelina 90% + Pinus 10%	31	53
Gmelina 80% + Pinus 20%	33	54
Gmelina 70% + Pinus 30%	33	52
Gmelina 60% + Pinus 40%	31	50
Gmelina 50% + Pinus 50%	31	49

REFINADOR MOINHO "JOKRO"						
ESPECIFICAÇÃO	Tempo de Refino, Min.					
	0	15	30	45	60	75
	QSR SEM CORREÇÃO					
Gmelina 100%	15	29	49			
Gmelina 90% + Pinus 10%	15	28	53			
Gmelina 80% + Pinus 20%	17	25	31	46		
Gmelina 70% + Pinus 30%	16	18	22	33	42	54
Gmelina 60% + Pinus 40%	15	17	22	28	37	53
Gmelina 50% + Pinus 50%	14	17	22	30	38	50

REFINADOR MOINHO "HOLANDESA"					
ESPECIFICAÇÃO	Tempo de Refino, Min.				
	35	70	105	140	175
	QSR SEM CORREÇÃO				
Gmelina 100%	17	30	41	52	
Gmelina 90% + Pinus 10%	17	22	31	40	52
Gmelina 80% + Pinus 20%	17	22	30	41	50
Gmelina 70% + Pinus 30%	18	25	34	48	
Gmelina 60% + Pinus 40%	19	25	39	48	
Gmelina 50% + Pinus 50%	17	25	37	51	

QUADRO XV - Evolução do refino das polpas químicas não branqueadas de Gmelina e mistura Gmelina e Pinus - Pastas das misturas de polpas

REFINADOR MOINHO "BAUER"		
ESPECIFICAÇÃO	Passagens	
	1. ^a	2. ^a
	QSR SEM CORREÇÃO	
Gmelina 100%	29	51
Gmelina 90% + Pinus 10%	31	52
Gmelina 80% + Pinus 20%	31	48
Gmelina 70% + Pinus 30%	28	47
Gmelina 60% + Pinus 40%	31	52
Gmelina 50% + Pinus 50%	31	51

REFINADOR MOINHO "JOKRO"						
ESPECIFICAÇÃO	Tempo de Refino, Min.					
	0	15	30	45	60	75
	QSR SEM CORREÇÃO					
Gmelina 100%	15	29	49			
Gmelina 90% + Pinus 10%	16	22	29	42	54	
Gmelina 80% + Pinus 20%	15	20	27	37	45	59
Gmelina 70% + Pinus 30%	15	18	25	34	42	53
Gmelina 60% + Pinus 40%	14	18	23	31	41	50
Gmelina 50% + Pinus 50%	14	18	23	29	38	46

REFINADOR MOINHO "HOLANDESA"					
ESPECIFICAÇÃO	Tempo de Refino, Min.				
	35	70	105	140	175
	QSR SEM CORREÇÃO				
Gmelina 100%	17	30	41	52	
Gmelina 90% + Pinus 10%	20	28	39	48	
Gmelina 80% + Pinus 20%	19	25	36	46	
Gmelina 70% + Pinus 30%	19	25	36	44	56
Gmelina 60% + Pinus 40%	19	28	41	53	
Gmelina 50% + Pinus 50%	21	30	42	54	

QUADRO XVI - Evolução do refino das polpas químicas branqueadas de Gmelina e mistura Gmelina e Pinus - Pastas das misturas de cavacos

REFINADOR MOINHO "BAUER"		
Branqueamento C.E.D.E.D.		
ESPECIFICAÇÃO	Passagens	
	1. ^a	2. ^a
	QSR SEM CORREÇÃO	
Gmelina 100%	31	48
Gmelina 90% + Pinus 10%	31	49
Gmelina 80% + Pinus 20%	31	50
Gmelina 70% + Pinus 30%	32	51
Gmelina 60% + Pinus 40%	30	47
Gmelina 50% + Pinus 50%	31	50

Branqueamento C.E.H.D.E.D.		
Gmelina 100%	29	48
Gmelina 90% + Pinus 10%	31	52
Gmelina 80% + Pinus 20%	30	53
Gmelina 70% + Pinus 30%	30	47
Gmelina 60% + Pinus 40%	30	51
Gmelina 50% + Pinus 50%	32	51

Branqueamento D/C.E.D.E.D.		
Gmelina 100%	32	54
Gmelina 90% + Pinus 10%	32	53
Gmelina 80% + Pinus 20%	33	51
Gmelina 70% + Pinus 30%	29	54
Gmelina 60% + Pinus 40%	30	51
Gmelina 50% + Pinus 50%	32	53

QUADRO XVII - Evolução do refino das polpas químicas branqueadas de Gmelina e mistura Gmelina e Pinus - Pastas das misturas de polpas

REFINADOR MOINHO "BAUER"			
Branqueamento C.E.D.E.D.			
ESPECIFICAÇÃO	Passagens		
	1. ^a	2. ^a	
	QSR SEM CORREÇÃO		
Gmelina 100%	31		48
Gmelina 90% + Pinus 10%	27		49
Gmelina 80% + Pinus 20%	32		55
Gmelina 70% + Pinus 30%	31		53
Gmelina 60% + Pinus 40%	32		53
Gmelina 50% + Pinus 50%	30		46

Branqueamento C.E.H.D.E.D.

Gmelina 100%	29	48
Gmelina 90% + Pinus 10%	31	50
Gmelina 80% + Pinus 20%	30	50
Gmelina 70% + Pinus 30%	32	55
Gmelina 60% + Pinus 40%	27	49
Gmelina 50% + Pinus 50%	32	47

Branqueamento D/C.E.D.E.D.

Gmelina 100%	32	54
Gmelina 90% + Pinus 10%	33	51
Gmelina 80% + Pinus 20%	33	54
Gmelina 70% + Pinus 30%	30	51
Gmelina 60% + Pinus 40%	33	52
Gmelina 50% + Pinus 50%	33	54

Após os refinamentos das pastas foram preparadas folhas de ensaios de 60 ± 2 g/m em formadores com dois aquecedores, marcas "Frank" e "Regmed". Em seguida procederam-se aos ensaios físico-mecânicos, observando-se as seguintes normas:

- a) Acondicionamento de papel e papelão para ensaio - (P 4/70 - ABCP).
- b) Gramatura, peso por metro quadrado de papel e papelão (P 6/70 - ABCP).
- c) Resistência à tração de papel e papelão (P 7/70 - ABCP).
- d) Resistência ao estouro (Mullen) de papel e papelão (P 8/71 - ABCP).
- e) Resistência à dobrar-duplas (T- 423 - SU - 68 - TAPPI).
- f) Resistência ao rasgo do papel (P 9/69 - ABCP).
- g) Porosidade de papel e papelão (P 11/71 - ABCP).
- h) Determinação da maciez do papel (P 29/72 - ABCP).
- i) Determinação da lisura do papel (P 25/72 - ABCP).

Os resultados desses ensaios são mostrados nos Quadros nºs XVIII - XXI.

Como instrumento de análise das resistências físico-mecânicas efetuaram-se as classificações das polpas brutas, em um classificador "Clark" modelo M-46, utilizando-se parcialmente, o método T-233-SU-64.

Os resultados são mostrados nos Quadros nºs XXII e XXIII.

QUADRO XVIII - Características físico-mecânicas das pastas sulfato não branqueadas dos cavacos de Gmelina e mistura Gmelina e Pinus - Resultados interpolados para 45 QSR

ESPECIFICAÇÃO	Auto-ruptura m	Índice de Rasgo (g/100g/m ²)	Estouro Kg/cm ² /100g/m ²	Dobras-Duplas nº	Porosidade s/100 cm ³	Lisura s/50 cm ³	Maciez s/100 cm ³	Alongamento %
MOINHO BAUER								
Gmelina 100%	7.701	87	4,5	722	> 1.800	67	38	2,0
Gmelina 90% + Pinus 10%	7.259	93	4,5	515	> 1.800	57	40	1,7
Gmelina 80% + Pinus 20%	6.012	97	4,2	497	> 1.800	75	42	1,6
Gmelina 70% + Pinus 30%	6.666	107	4,2	431	268	60	32	1,5
Gmelina 60% + Pinus 40%	6.794	91	3,8	409	> 1.800	29	39	1,4
Gmelina 50% + Pinus 50%	6.005	115	3,3	505	206	33	43	1,3
MOINHO JOKRO								
Gmelina 100%	7.254	95	4,3	253	908	61	36	1,7
Gmelina 90% + Pinus 10%	6.609	90	4,6	246	417	59	34	1,9
Gmelina 80% + Pinus 20%	6.627	90	4,1	314	234	56	31	2,0
Gmelina 70% + Pinus 30%	5.657	91	4,0	147	205	40	31	1,2
Gmelina 60% + Pinus 40%	6.240	87	3,6	201	172	30	30	1,7
Gmelina 50% + Pinus 50%	7.315	96	3,8	237	219	45	38	1,8
MOINHO HOLANDESA								
Gmelina 100%	4.459	44	0,6	6	160	52	43	1,4
Gmelina 90% + Pinus 10%	3.263	43	0,7	9	82	51	37	1,1
Gmelina 80% + Pinus 20%	3.533	39	0,2	2	> 1.800	68	36	1,3
Gmelina 70% + Pinus 30%	3.962	30	0,6	3	114	48	39	1,3
Gmelina 60% + Pinus 40%	2.818	40	0,4	4	39	26	37	0,8
Gmelina 50% + Pinus 50%	2.092	51	0,3	2	18	21	39	0,7

QUADRO XIX - Características físico-mecânicas das pastas sulfato branqueadas dos cavacos de Gmelina e mistura Gmelina e Pinus refinadas no "BAUER" - Resultados interpolados para 45 QSR

ESPECIFICAÇÃO	Auto-ruptura m	Índice de Rasgo (g/100g/m ²)	Estouro Kg/cm ² /100g/m ²	Dobras-Duplas nº	Porosidade s/100 cm ³	Lisura s/50 cm ³	Maciez s/100 cm ³	Alongamento %
B R A N Q U E A M E N T O C.E.D.E.D.								
Gmelina 100%	6.948	87	4,6	429	> 1.800	69	37	2,2
Gmelina 90% + Pinus 10%	7.158	88	4,4	230	> 1.800	80	40	2,0
Gmelina 80% + Pinus 20%	6.571	97	4,3	456	> 1.800	67	38	2,2
Gmelina 70% + Pinus 30%	6.135	90	3,9	230	> 1.800	31	30	1,5
Gmelina 60% + Pinus 40%	6.106	86	3,6	560	> 1.800	39	32	1,4
Gmelina 50% + Pinus 50%	6.304	106	4,5	392	> 1.800	40	34	1,5
B R A N Q U E A M E N T O C.E.H.D.E.D.								
Gmelina 100%	6.027	85	3,9	268	> 1.800	60	36	1,9
Gmelina 90% + Pinus 10%	6.767	94	4,2	360	> 1.800	61	39	2,0
Gmelina 80% + Pinus 20%	6.978	92	4,2	324	> 1.800	67	34	2,1
Gmelina 70% + Pinus 30%	7.238	101	4,8	595	854	53	34	2,0
Gmelina 60% + Pinus 40%	6.323	95	3,8	367	> 1.800	31	35	1,9
Gmelina 50% + Pinus 50%	6.252	107	4,0	299	> 1.800	43	36	1,5
B R A N Q U E A M E N T O D/C.E.D.E.D.								
Gmelina 100%	7.217	94	4,9	760	> 1.800	66	38	2,5
Gmelina 90% + Pinus 10%	6.439	96	4,2	350	> 1.800	57	38	2,0
Gmelina 80% + Pinus 20%	7.339	87	4,5	361	> 1.800	74	35	2,3
Gmelina 70% + Pinus 30%	6.912	96	4,1	333	> 1.800	59	39	2,0
Gmelina 60% + Pinus 40%	6.054	86	3,6	395	> 1.800	29	33	1,6
Gmelina 50% + Pinus 50%	6.705	96	3,9	400	> 1.800	52	35	1,5

QUADRO XX - Características físico-mecânicas das pastas sulfato não branqueadas de Gmelina e misturas das polpas Gmelina e Pinus - Resultados interpolados para 45 QSR

ESPECIFICAÇÃO	Auto-ruptura m	Índice de Rasgo (g/100g/m ²)	Estouro Kg/cm ² /100g/m ²	Dobras-Duplas nº	Porosidade s/100 cm ³	Lisura s/50 cm ³	Maciez s/100 cm ³	Alongamento %
REFINADOR MOINHO "BAUER"								
Gmelina 100%	7.701	87	4,5	722	>1.800	60	38	2,0
Gmelina 90% + Pinus 10%	7.435	76	5,0	317	>1.800	62	34	1,7
Gmelina 80% + Pinus 20%	7.618	77	4,9	363	>1.800	71	40	1,7
Gmelina 70% + Pinus 30%	7.319	87	4,5	375	>1.800	68	39	1,5
Gmelina 60% + Pinus 40%	6.585	100	3,6	273	206	47	40	1,7
Gmelina 50% + Pinus 50%	6.803	108	4,0	476	>1.800	46	41	1,8
REFINADOR MOINHO "JOKRO"								
Gmelina 100%	7.254	95	4,3	253	908	61	36	1,7
Gmelina 90% + Pinus 10%	6.520	91	4,4	238	403	56	32	1,8
Gmelina 80% + Pinus 20%	6.667	90	4,2	274	197	54	32	1,9
Gmelina 70% + Pinus 30%	5.542	74	3,9	123	165	40	27	1,6
Gmelina 60% + Pinus 40%	6.128	87	3,6	173	152	32	30	1,7
Gmelina 50% + Pinus 50%	7.055	96	3,8	190	188	50	42	1,5
REFINADOR MOINHO "HOLANDESA"								
Gmelina 100%	4.459	44	0,6	6	160	52	43	1,4
Gmelina 90% + Pinus 10%	3.702	30	0,5	4	130	47	38	1,2
Gmelina 80% + Pinus 20%	3.490	30	0,2	3	>1.800	41	35	1,3
Gmelina 70% + Pinus 30%	3.660	40	0,5	4	144	65	40	1,2
Gmelina 60% + Pinus 40%	2.702	51	0,4	2	89	20	35	1,3
Gmelina 50% + Pinus 50%	2.110	30	0,2	1	34	17	37	1,1

QUADRO XXI - Características físico-mecânicas das pastas sulfato branqueadas de Gmelina e misturas das polpas Gmelina e Pinus refinadas no "BAUER" - Resultados interpolados para 45 QSR

ESPECIFICAÇÃO	Auto-ruptura m	Índice de Rasgo (g/100g/m ²)	Estouro Kg/cm ² /100g/m ²	Dobras-Duplas nº	Porosidade s/100 cm ³	Lisura s/50 cm ³	Maciez s/100 cm ³	Alongamento %
B R A N Q U E A M E N T O C.E.D.E.D.								
Gmelina 100%	6.948	87	4,6	429	> 1.800	69	37	2,2
Gmelina 90% + Pinus 10%	6.402	96	4,3	254	> 1.800	39	37	1,8
Gmelina 80% + Pinus 20%	6.085	96	3,3	269	> 1.800	55	39	1,9
Gmelina 70% + Pinus 30%	5.804	105	3,3	279	> 1.800	40	30	1,8
Gmelina 60% + Pinus 40%	5.827	108	4,1	254	> 1.800	60	39	2,1
Gmelina 50% + Pinus 50%	5.780	108	2,6	147	276	48	36	1,6
B R A N Q U E A M E N T O C.E.H.D.E.D.								
Gmelina 100%	6.027	85	3,9	268	> 1.800	60	36	1,9
Gmelina 90% + Pinus 10%	6.386	98	4,1	212	> 1.800	52	36	1,8
Gmelina 80% + Pinus 20%	6.728	105	3,9	321	> 1.800	58	37	1,7
Gmelina 70% + Pinus 30%	6.012	108	3,6	391	> 1.800	52	38	1,6
Gmelina 60% + Pinus 40%	5.250	96	2,6	207	194	35	35	1,6
Gmelina 50% + Pinus 50%	5.427	117	2,7	158	208	44	37	1,5
B R A N Q U E A M E N T O D/C.E.D.E.D.								
Gmelina 100%	7.217	94	4,9	760	> 1.800	66	38	2,5
Gmelina 90% + Pinus 10%	6.580	95	4,0	344	> 1.800	56	38	2,0
Gmelina 80% + Pinus 20%	6.610	100	4,2	367	> 1.800	60	38	1,7
Gmelina 70% + Pinus 30%	5.815	100	3,4	381	1.017	60	39	1,9
Gmelina 60% + Pinus 40%	4.948	94	2,6	249	> 1.800	47	41	1,9
Gmelina 50% + Pinus 50%	5.541	111	3,2	160	> 1.800	41	37	1,7

QUADRO XXII - Resultado das classificações das polpas provenientes de misturas de cavacos - % retida nos compartimentos

TELAS (Mesh)	Gmelina/Pinus, %					
	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50
14	0,31	3,03	8,07	11,71	15,09	17,83
28	27,89	33,69	37,32	38,84	38,04	36,56
50	46,37	42,01	40,11	39,91	37,97	36,35
100	7,66	7,39	4,97	3,48	3,19	4,48
>100	17,77	13,88	10,53	6,05	5,71	4,78

QUADRO XXIII - Resultado das classificações das polpas provenientes de misturas de polpas - % retida nos compartimentos

TELAS (Mesh)	Gmelina/Pinus, %					
	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50
14	0,31	2,82	5,73	9,94	14,60	22,40
28	27,89	29,02	31,29	32,38	32,17	33,93
50	46,37	45,50	44,31	46,56	43,05	36,55
100	7,66	7,95	5,79	6,10	7,32	5,45
>100	17,77	14,71	12,88	5,02	2,86	1,66

O refino, no conceito de Rydholm (1976), tem por objetivos: tornar as fibras mais flexíveis; fazer as fibrilações, nas superfícies das fibras, aumentando as áreas de contato entre elas e assim proporcionando suas ligações através de forças de coesão mecânicas e enlaces de moléculas, por meio de pontes de hidrogênio; proporcionar a fragmentação das fibras mais longas, o que, segundo o autor acima citado, para alguns é uma vantagem, porque daria uniformidade e resistência à folha do papel, enquanto para outros a enfraqueceria; possibilita o inchamento das fibras. Todos estes fenômenos são expressos por meio do grau de refino, que segundo Clark (1978), mesmo sendo ilusório é, largamente usado como uma medida válida do grau de moagem.

Os resultados plotados sobre estes conceitos e associados as análises químicas das polpas ajudam, na tentativa de interpretação dos QSR obtidos nos ensaios. Assim é que, o refino do moinho "Jokro" revelou que a adição de Pinus sobre a Gmelina, seja as polpas provenientes da mistura de cavacos ou de pastas, proporciona uma demanda maior de tempo para refiná-las. No caso das polpas das misturas de cavacos isto se iniciou com 80% de Gmelina e 20% de Pinus. Para as polpas oriundas das misturas de pastas, isto se verificou a partir de 90% de Gmelina e 10% de Pinus. Estes resultados são explicados pelo aumento do teor de lignina nas polpas, assim como pelo tempo gasto para fragmentar as fibras de Pinus em adição crescente na mistura.

As polpas refinadas no moinho "BAUER" e "HOLANDESA", não mostraram a influência das fibras de Pinus sobre as da Gmelina. Desta forma, estes resultados foram meramente indicativos. A mesma afirmação se aplica aos QSR das polpas branqueadas e refinadas no moinho "BAUER" que por suas semelhanças, não permitem fazer qualquer inferência sobre eles.

Os resultados dos ensaios das resistências físico-mecânicas, em virtude do número limitado de repetição, não nos permitiu tirar conclusões definitivas da influência da polpa de Pinus sobre a polpa de Gmelina. Entretanto, algumas inferências foram realizadas baseando-se em Rydholm (1976) de que a resistência da polpa à papel depende: das características físicas e químicas da matéria-prima, das mudanças desses caracteres verificados nos processos de cozimentos e branqueamentos, bem como nos subsequentes processos de refino. Entretanto, desses caracteres, segundo o mesmo autor, o comprimento da fibra, a espessura de suas paredes, a fragmentação, a fragilidade das fibras, as micro fibrilas, o grau de polimerização da celulose, especialmente a hemicelulose, o conteúdo residual da lignina hidrofóbica e a hemicelulose hidrofílica são os mais essenciais. Neste contexto, existiu uma tendência de decréscimo das características mecânicas das polpas cruas (tração, rasgo, estouro, dobras-duplas e alongamento) à medida que se aumentava o teor de Pinus, tanto na forma de cavacos nos cozimentos quanto na mistura de polpa. Isto pode ser atribuído a uma maior fragilidade da fibra do Pinus versus fibra da Gmelina, bem como o maior teor de hemicelulose hidrofílica da polpa de Gmelina que ia sendo prejudicada com a adição crescente da lignina hidrofóbica, verificada em maior quantidade na polpa proveniente da mistura de cavacos. Nas polpas branqueadas, em decorrência da eliminação da lignina, foi notada a interferência do comprimento da fibra, porque o índice de rasgo em todos os processos de branqueamento foi crescente à medida que se adicionava Pinus na mistura. Como é sabido, a resistência ao rasgo é altamente e positivamente correlacionada com o comprimento de fibra. No entanto, devido a menor resistência da fibra do Pinus e a diminuição do teor de hemiceluloses decorrentes dos processos de branqueamento, as demais características mecânicas tiveram nas polpas branqueadas, o mesmo comportamento das polpas não branqueadas, isto é: uma tendência para o decréscimo à medida que se adicionava o Pinus, tanto na forma de cavacos como de polpas.

Quanto as propriedades físicas (porosidade, lisura e maciez) o que se observou nas polpas cruas dos dois tipos de misturas foi que, à medida que se adicionava Pinus havia um decréscimo na porosidade e um aumento na lisura e maciez. Isto porque, conforme Dinwoodie (1966), nas pastas refinadas, a flexibilidade das fibras é o parâmetro mais sensível, sendo correlacionada negativamente. Por esta razão, ao se ir adicionando fibras de Pinus com teor de lignina maior, as fibras da mistura apresentavam cada vez uma maior flexibilidade, possibilitando um aumento na porosidade e uma diminuição na lisura e maciez.

Nas pastas branqueadas os resultados da porosidade, lisura e maciez das diferentes misturas foram equivalentes aos de Gmelina, provavelmente, em razão dos diferentes processos de branqueamentos terem tornado as fibras do Pinus tão flexíveis quanto as fibras da Gmelina.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados da pesquisa permitiram inferir as seguintes considerações e conclusões:

- As condições de cozimento aplicadas à Gmelina, principalmente, a quantidade de reagentes químicos, da qual resultou polpa química de boa qualidade, não é aplicável ao Pinus, porque sua polpa apresentou baixo índice de deslignificação.

- O rendimento da polpa de Gmelina foi superior ao do Pinus.
- O teor de sólidos totais do licor negro da Gmelina foi levemente superior ao do Pinus.
- O teor de rejeitos da polpa do Pinus foi superior ao da Gmelina.
- O rendimento em polpa da Gmelina foi superior ao do Pinus, para o mesmo nível de álcali ativo.
- O rendimento da mistura diminuía à medida que se ia adicionando cavacos de Pinus aproximando-se do rendimento isolado do Pinus.
- O teor de sólidos totais aumentava, quando se aumentava a proporção de cavacos de Pinus na mistura.
- A análise química das misturas de polpas mostrou, em relação a lignina, uma tendência inversa em relação ao rendimento e direta ao teor de sólidos totais.
- O melhor rendimento da mistura correspondeu a proporção 90% de Gmelina e 10% de Pinus.
- O número Kappa foi crescente tanto para as polpas oriundas da mistura de cavacos, quanto nas misturas das polpas quando se adicionava cavacos ou polpas de Pinus.
- O consumo de álcali aumentava com a adição de cavacos de Pinus.
- A elevação do número Kappa devido a adição de Pinus, inviabilizava a obtenção de polpa química da mistura de cavacos a partir de 80% de Gmelina e 20% de Pinus.
- Os teores de rejeitos tiveram, na mistura, valores inversos aos rendimentos e diretos aos números Kappa.
- Os resultados das análises químicas das polpas oriundas das misturas de cavacos e de pastas foram semelhantes, com valores ligeiramente inferiores para as polpas provenientes das misturas de cavacos.
- O consumo de reagentes nos processos de branqueamentos foi crescente a medida que se aumentava a proporção de polpa ou cavacos de Pinus nas misturas.
- O consumo de reagentes das polpas provenientes das misturas das pastas foi menor do que das polpas oriundas das misturas de cavacos.
- A mistura que apresentou menor gasto de reagentes foi a de 90% de Gmelina e 10% de Pinus, tanto das polpas providas da mistura de cavacos como das originárias da mistura de polpas.
- Os resultados das viscosidades das polpas não branqueadas e branqueadas das misturas, não seguiram a sequência de crescimento do número Kappa, ocasionado pela adição de cavacos ou polpa de Pinus.
- A adição de cavacos ou polpa de Pinus em cavacos ou polpa de Gmelina proporcionou um melhor grau de polimerização.
- As polpas das misturas compreendidas entre 10% a 30% de cavacos ou polpas de Pinus adicionados em cavacos ou polpas de Gmelina sofreram menos a ação dos reagentes químicos do branqueamento.
- As alvuras das polpas das misturas foram inferiores as alvuras da polpa de Gmelina.
- A proporção 80% de Gmelina e 20% de Pinus apresentou as melhores alvuras em todos os processos de branqueamentos.
- As estabilidades seguiram o comportamento das alvuras.

- Os resultados das solubilidades soda a frio das polpas branqueadas das misturas situaram-se entre as polpas branqueada industrial e a polpa branqueada purificada citadas na literatura.
- As solubilidades soda a frio das polpas branqueadas das misturas demonstraram que não existiram diferenças substanciais entre elas, causadas pela adição de Pinus. No entanto, uma certa diferença foi observada a nível de 50% da mistura.
- As resistências das polpas branqueadas das misturas foram superiores as resistências da polpa branqueada industrial e branqueada purificada mencionada na literatura.
- A refinação do moinho "Jokro" mostrou que a adição de Pinus sobre a Gmelina aumentava o tempo de refino.
- As polpas das misturas refinadas no "Bauer" e na "Holandesa" não mostraram a influência do Pinus sobre a Gmelina.
- As resistências mecânicas tendiam a decrescer a medida que se adicionava Pinus seja na forma de cavacos ou polpa a Gmelina.
- Foi notado a influência do comprimento das fibras sobre o índice de rasgo nas polpas branqueadas.
- Com exceção do índice de rasgo, as demais características mecânicas tiveram nas polpas branqueadas o mesmo comportamento das polpas não branqueadas.
- A medida que se adicionava Pinus havia um decréscimo na porosidade e um aumento na lisura e maciez nas polpas não branqueadas.
- Os resultados de porosidade, lisura e maciez das polpas branqueadas das misturas se assemelharam aos da Gmelina.
- Levando em consideração as condições de cozimentos das madeiras e suas respectivas misturas bem como os branqueamentos de suas polpas, em termos de características físico-mecânicas das polpas, por paradoxal que pareça, não seria conveniente a mistura de Pinus com Gmelina seja na forma de cavacos ou de polpas, pelo fato do Pinus proporcionar o enfraquecimento da maioria das características físico-mecânicas.

SUMMARY

Chemical sulphate pulps were studied for a mix of two wood species: Pinus caribaea var hondurensis and Gmelina arborea Roxb.. Criterion for relative proportions of the two species are discussed, as well as the manufacturing methods and the test methods for evaluating the pulp qualities. Bleaching processes and methods are discussed along with the methods for evaluating bleach pulps. Refining of bleached and unbleached pulps is described together with the standards for evaluating physical and chemical characteristics of the pulps. Results are shown and discussed in comparison with concepts in the technical literature. Conclusions are drawn for each type of experiment. For the overall study, it was concluded that it is not suitable to mix chips or pulp of Pinus caribaea var. hondurensis with Gmelina arborea Roxb. since, among other reasons, the resultant pulps are weaker than those derived from Gmelina arborea Roxb. alone.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brown, D.W.; Maddern, K.N.; Mulcahy, J.P., Turner, C. - 1983. Countercurrent sodaanthraquinone pulping of hardwood and Pine mixtures. *Appita*, 36(6):444-451.
- Clark, J.d'A. - 1978. Pulp technology and treatment for paper. Miller Freeman - Publications Inc. San Francisco. pgs. 115, 116 e 279.
- Dinwoodie, J.M. - 1966. The influence of anatomical and chemical characteristics of softwood fibers on the properties of sulfate pulp. *Tappi*, 49(2):57-67.
- Doat, J. - 1970. Le blanchiment des pâtes chimiques de bois tropicaux. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, 132:47-68.
- Hunt, K.; Hatton, J.V. - 1976. Increased pulp production by use of hardwoods in softwoods krafts mills. *Pulp & Paper Canada*, 77(12):119-123.
- Maddern, K.N.; Brumby, P.M.; Mulcahy, J.P. - 1984. Alkaline pulping of hardwoods and hardwood - softwood mixtures. *Appita*, 37(9):723-728.
- Marengo, J.V.; Sauer, M.J.; Foelkel, C.E.B.; Buttore, N.S. - 1980. Acerca da solubilidade em álcalis de materiais celulósicos. II Estudos para otimizar a remoção da hemicelulose em polpas branqueadas. In: Congresso Anual da Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel, 13, São Paulo. p. 55-65
- Revera Contreras, J.G.; Melo Sanhuez, R. - 1983. Adaptacion de una celulosa kraft blanca para la fabricación de rayon. In: Congresso Latino-Americano de Celulose e Papel, III, São Paulo, v. 2, p. 499-508.
- Rydholm, S.A. - 1976. Pulping processes. Interscience publishers. A division of John Wiley & Sons, INC. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, pg. 614, 1116, 1118, 1137, 1140, 1164.
- Wilson, G.G.; Johnston, D.W. - 1985. Sulphite processing and papermaking experiences with hardwood - softwood mixtures. *Pulp & Paper Canada*, 84(4):47-50.
- Zvinakevicius, C.; Foelkel, C.E.B.; Kato, J.; Fonseca, M.J. de O. - 1979. Sequências exóticas para branqueamentos em múltiplos estágios de celulose Kraft de eucalipto. *O Papel*, 40:33-43.