

Estudos sa viabilidade técnica da utilização do licor verde no processo sulfato

MFN -0809
N CHAMADA:
TITULO: Estudos sa viabilidade técnica da utilização do licor verde no processo sulfato
AUTOR(ES): MUNER, J.C.G.BARRICHELO, L.E.G.MUNER, T.S.
EDICAO:
IDIOMA: português
ASSUNTO:
TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 14
PROMOTOR: ABTCP
CIDADE: São Paulo
DATA: 03-06.11.1981
IMPRESSA: Sao Paulo, 1981, ABTCP
PAG/VOLUME: p.607-624, v.2
FONTE: Congresso Anual da ABCP, 14, 1981, São Paulo, v.2, p.607-624
AUTOR ENTIDADE:
DESCRIPTOR:

RESUMO:

ESTUDOS DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DO LICOR VERDE
NO PROCESSO SULFATO



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA

*João Carlos Gil Muner **
*Luiz E. G. Barrichelo ***
*Telma Sinicio Muner **

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade da utilização do licor verde kraft na produção de celulose química a partir da madeira de eucalipto.

Os resultados mostraram que o licor verde promove deslignificação da madeira sob condições normais de cozimento sulfato ou kraft e ainda que é tecnicamente viável a substituição parcial do licor branco pelo verde.

Foi testada inclusive a branqueabilidade das celuloses produzidas, obtendo-se um desenvolvimento razoável de alvura, porém com elevado consumo de cloro total nas sequências de branqueamento empregadas.

* *Engenheiro (a) Florestal - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Opção Tecnologia de Celulose e Papel - ESALQ-USP.*

** *Professor Livre-Docente do Deptº de Silvicultura - ESALQ- USP.*

1. INTRODUÇÃO

As condições que regem o consumo de combustíveis derivados do petróleo têm despertado uma consciência de racionamento, além de uma busca de novas fontes alternativas de energia.

Nesse contexto inclui-se a indústria de celulose e papel que, na tentativa de economizar energia, procura alterações tecnológicas e ainda a introdução de produtos substitutivos.

Com isso justificam-se as inúmeras pesquisas atualmente desenvolvidas no assunto, como nesse trabalho em que se estuda a viabilidade técnica da substituição total ou parcial do licor de cozimento do processo sulfato (licor branco) pelo licor verde, obtido durante o processo de recuperação dos produtos químicos.

Nesse caso dois enfoques distintos merecem ser destacados. Inicialmente que a substituição, mesmo parcial, do licor branco pelo verde pode reduzir gastos de óleo combustível no forno de cal. Em complementação observa-se que trata-se de uma alternativa, plenamente viável, de se trabalhar com misturas de licores branco e verde quando porventura surgirem dificuldades no setor de caustificação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cozimento

Os trabalhos desenvolvidos atualmente acerca do processo kraft tem, em geral, o objetivo de otimização, através do uso de aditivos e algumas alterações no licor de cozimento. Tal objetivo difere um pouco daquele proposto no presente estudo, porém assemelham-se no sentido de oferecer novas alternativas para o processo kraft, de acordo com o desejo e realidade de cada produtor.

Com respeito ao uso do licor verde, *FOELKEL et alii (1979)* relatam que o processo licor verde kraft é de desenvolvimento recente para produção de pastas semi-químicas.

Utilizando o licor verde kraft e o licor do processo NSSC em várias proporções de mistura, *BATTAN et alii* (1979) citaram que tal licor pode ser recuperado. Os autores trabalharam na produção de papelão ondulado empregando de 16 a 20% de compostos químicos totais como Na_2SO_3 dos referidos licores, e obtiveram rendimentos não superiores a 72%. Dessa investigação concluíram que a variação na sulfidez e na soda, como normalmente é encontrada na operação da fábrica, não afetam significativamente as características da polpa produzida. Outra conclusão foi que o número de kappa não fornece boas indicações do rendimento ou da qualidade da polpa.

STARR et alii (1976) mostraram que usando sulfolane a 100% de sulfidez no licor de cozimento, produz-se polpa contendo material com alto peso molecular, e a polpa é semi-química. Desse trabalho, concluíram que o aumento da sulfidez leva a polpas mais facilmente branqueadas, e que as polpas foram protegidas contra degradação.

Em 1979, *FOELKEL et alii*, trabalhando com serragem de *Eucalyptus* spp, classificou as propriedades das celulosas obtidas com licor verde como não entusiasmante, devido a cor muito escura e ao alto número de kappa resultante. Ao mesmo tempo considerou razoáveis as propriedades físico-mecânicas. Por fim concluiu que o licor verde kraft não mostra muito potencial para serragem devido a alta exigência que esta mostra por álcali ativo.

Deve-se ressaltar, porém, que o comportamento da serragem é diferente ao de cavacos, e, portanto, as conclusões não devem ser generalizadas.

Para ilustrar as diferenças obtidas no cozimento de serragem e de cavacos, cita-se do referido trabalho de *FOELKEL et alii* (1979), algumas conclusões quando utilizando o processo kraft:

a) A celulose kraft de serragem apresenta boas características, porém inferiores ao cavaco;

b) A serragem é mais difícil de deslignificar, sugerindo que requer mais álcali ativo que os cavacos para seu cozimento isolado;

c) De forma geral, as celulosas de serragem foram mais escuras que as de cavacos, o rendimento menor, e a única propriedade desfavorável foi a resistência ao rasgo.

Das conclusões apresentadas, pode-se esperar melhores resultados para celulose obtida de cavacos pelo processo licor verde kraft do que aqueles obtidos com serragem.

2.2. Branqueamento

O objetivo dessa revisão é analisar os resultados normalmente obtidos em branqueamento pela sequência CEHH, a partir da celulose sulfato de eucalipto, para fins de comparação com os obtidos no presente estudo.

As sequências que utilizam apenas o cloro e hipoclorito como agentes de branqueamento atualmente entrando em desuso. A desvantagem destas sequências é decorrente da forte ação degradativa que o hipoclorito exerce sobre os carboidratos, quando comparado a outros produtos oxidantes como peróxido de hidrogênio e dióxido de cloro.

Entretanto, muitas fábricas obtêm celulose de ótima qualidade utilizando-se da sequência CEHH, produzindo papel tipo exportação.

Através da sequência C_6EH_2 , FOEKL, ZVINKEVICIUS & ANDRADE (1977), obtiveram resultados de 81,9 e 82,2 9GE para alvura e 14,6 e 13,4 cp para viscosidade. Os autores citam que tais celulosas possuíam características semelhantes às produzidas pelas seguintes fábricas: Ripasa, Champion, Cícero Prado, etc.

Contudo, ZVINKEVICIUS *et alii* (1978) ensaiando várias sequências exóticas para branqueamento, concluíram que as sequências sem dioxidação não resultam em altas alvuras, mesmo combinando hipoclorito com peróxido de hidrogênio. É de se esperar que, no máximo, sejam conseguidas alvuras de 879GE em sequências como: CEHH, CEHP, CEH/PH, CE/PHP e HCEH.

O mesmo autor ressalta que com o uso de peróxido de hidrogênio na extração alcalina obtém-se um aumento na alvura de 10 a 209GE.

BARRICHELO, FOELKE & BRITO (1977), estudando 12 sequências de branqueamento, obtiveram, com CEHH, celulosas com 86,89GE e 7,5 cp de viscosidade, provando que tal sequência não é indicada para produzir celulosas com alvuras acima de 859GE, pois a degradação gerada é muito intensa.

O principal problema da baixa viscosidade da polpa branqueada é a reduzida resistência mecânica que a respectiva folha apresenta. No entanto, *FOELKEL & ZVINAKEVICIUS (1977)* trabalhando com clorações curtas, obtiveram alvuras ao redor de 82% e viscosidades de 7,1 a 8,8 ressaltando que as celuloses apresentaram boas resistências, exceto ao rasgo que foi um pouco baixa.

Reunindo-se os dados da literatura consultada, pode-se agrupar os seguintes resultados de branqueamento de celulose sulfato de eucalipto:

Sequência	Alvura	Viscosidade	Referência
$C_cEH_1H_2$	81,9 - 82,2	14,6 - 13,4	(3)
CEHH	84,3	13,6	(5)
CEHH+P	86,4	13,3	(5)
C_cEH	81,9	7,1	(4)
C_cEH/EH	82,3	8,8	(4)
CEHH	86,8	7,5	(1)
CEHH	84,0	7,5	(6)
CEHP	87,0	10,3	(6)
CE/PHP	87,3	10,0	(6)
HCEH	83,5	15,0	(6)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Cozimento

Os cavacos utilizados nos cozimentos fazem parte de um lote de cavacos industriais de madeira de *Eucalyptus grandis* com cerca de 7 anos de idade.

Os licores de cozimento verde e branco utilizados eram tipicamente industriais.

As concentrações dos licores utilizados apresentaram as seguintes características conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Concentrações dos licores em g/l como Na_2O

	Licor verde	Licor branco
NaOH	18,18	70,62
Na_2S	17,34	16,32
Na_2CO_3	71,74	17,92
Alcali total titulável	107,26	104,86
Alcali ativo	35,52	86,94
Alcali efetivo	26,85	78,78
Sulfidez (%)	48,82	18,77
Atividade (%)	33,16	82,91

Os cozimentos foram realizados em digestores rotatórios (2-3 rpm) de laboratório, aquecidos a energia elétrica, com capacidade de 20 litros e revestidos internamente com aço inoxidável.

Em cada cozimento utilizou-se 1 kg de cavacos (peso seco) e as quantidades de licores foram calculados de acordo com o alcali ativo desejado. As condições utilizadas nos cozimentos são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2. Condições empregadas nos cozimentos.

Número do cozimento	Tipo de licor	Volume em ml	Relação licor madeira	Alcali ativo (%)	Alcali efetivo (%)	Sulfidez (base - mad.) (%)	Temperatura máxima (°C)	Tempo até (min)	Tempo a (min)
1	verde branco	4000 -	4:1	17	12	9,6	170	90	60
2	verde branco	4000 -	4:1	17	12	9,6	170	90	60
3	verde branco	3530 -	4:1	15	10,6	8,5	170	90	90
4	verde branco	3060 -	4:1	13	9,2	7,3	170	90	60
5	verde branco	980 800	3:1 3:1	3,5 7,0	-	-	170	90	90
6	verde branco	1700 800	3:1 3:1	6,0 7,0	12	4,3	170	90	90
7	verde branco	2111 863	4:1	7,5 7,5	12,5	5,1	170	90	60

Nos quatro primeiros cozimentos apenas o licor verde foi empregado, sendo que nos de número 3 e 4 houve uma diluição para a redução do álcali ativo ao nível desejado (tabela 2).

Os cozimentos 1 e 2 são em tudo semelhantes exceto que no segundo utilizou-se o sobrenadante do licor verde, livre das partículas decantadas.

Nos três últimos cozimentos (5, 6 e 7) utilizou-se licor branco em quantidades proporcionais às aquelas disponíveis numa fábrica no caso da redução pela metade do volume de licor obtido na caustificação. Isto pode ser verificado na tabela 2 pelo emprego de apenas cerca de 7% de álcali ativo proveniente do licor branco.

As relações alvura/kappa e kappa/viscosidade foram calculadas a partir dos respectivos dados, devendo servir para a comparação entre os cozimentos. Os melhores resultados são os que apresentam mais baixos valores para kappa/viscosidade e altos valores para alvura/kappa.

As variáveis testadas neste estudo foram:

- a) álcali ativo,
- b) proporção de mistura dos licores,
- c) fator H, e
- d) relação licor-madeira.

Os demais fatores, como temperatura máxima e tempo até atingi-la permaneceram constantes.

As variações do fator H e na relação licor-madeira objetivaram promover condições mais drásticas de cozimento, a fim de se determinar qual a sua influência nos resultados.

3.2. Branqueamento

As celuloses utilizadas no branqueamento foram aquelas obtidas de cozimentos com as seguintes condições:

Alcali ativo = 15%

Sulfidez = 5,1% (base madeira)

Temperatura máxima = 170°C

Tempo até temp. máxima = 90 minutos

Tempo à temperatura máxima = 60 minutos

Essas condições são equivalentes às apresentadas na tabela 2 para o cozimento nº 7.

Os cozimentos para essa finalidade foram feitos em duplicata e denominadas celulosas A e B, cujas características estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3. Características das celulosas.

	Nº kappa	Nº KMnO_4	Viscosidade	Alvura
Celulose A	23,3	16,1	51,2 cp	32,6 %
Celulose B	25,4	-	40,7 cp	32,0 %

Foram realizados seis branqueamentos, três com a celulose A e três com a celulose B. As sequências empregadas foram:

1. C/E/H/H

2. C/E₁H/H/H

3. C/E₁H/H/P

4. C/E₁H/H

5. C/E₁H/H/H

6. C/E₁H/H/H

onde:

C = cloração,

E = extração alcalina,

E₁H = extração alcalina com 1% de hipoclorito aplicado sobre celulose, e

P = peroxidação.

As condições de cada estágio são apresentadas na tabela 2, sendo que as percentagens de reagentes empregadas estão nas tabelas 3 e 4, juntamente com os resultados.

Tabela 4. Condições dos estágios de branqueamento.

	C	E e E ₁ H	H ₁	H ₂
Consistência (%)	4	10	10	10
Temperatura (°C)	ambiente	60	45	45
Tempo (min)	5*	60	60	60
pH	1,5	11 - 10	10	10

* Na sequência de número 1, o tempo de cloração foi de 30 minutos.

4. RESULTADOS

4.1. Cozimento

Os resultados obtidos estão resumidos na tabela 5.

Tabela 5. Resultados das determinações realizadas por cozimento.

Cozimento	Fator H	RB	% Rej.	RD	Kappa	Viscosidade	Alvura	Alvura/kappa	Kappa/viscosidade
1	1242	50,4	0,90	49,5	25,8	34,0	26,5	1,03	0,76
2	1125	52,1	1,23	50,9	27,5	36,8	26,0	0,95	0,75
3	1577	51,0	1,00	50,0	30,3	41,4	26,5	0,87	0,73
4	1295	55,0	1,94	53,1	51,5	49,7	21,0	0,41	1,04
5	-	59,1	22,22	36,9	-	-	-	-	-
6	1617	53,9	3,02	50,9	33,4	49,6	26,2	0,78	0,67
7	1129	51,7	1,48	50,2	25,4	40,7	32,0	1,26	0,62

RB = rendimento bruto

RD = rendimento depurado

% Rej. = % de rejeitos

4.2. Branqueamento

Os resultados dos branqueamentos foram analisados em termos de alvura e viscosidade, que são os principais parâmetros de qualidade da celulose branqueada. Também são apresentados os teores de reagentes empregados em cada estágio.

Os resultados são mostrados nas tabelas 6 e 7.

Tabela 6. Resultados dos branqueamentos da celulose obtida no cozimento A (tabela 1).

Número do branqueamento		1	2	3
Sequência		C/E/H/H	C/E ₁ H/H/H	C/E ₁ H/H/P
% de reagentes sobre celulose a.s. por estágio	1º estágio	3,73	3,73	3,73
	2º estágio	2,00	1,5/1,0	1,5/1,0
	3º estágio	2,24	1,12	1,87
	4º estágio	1,50	0,75	(0,25)
% cloro total aplicado		7,47	6,60	6,60
Alvura (%)		82,50	80,50	82,60
Viscosidade (cp)		9,60	18,20	12,90

Tabela 7. Resultados dos branqueamentos da celulose obtida no cozimento B.

Número do branqueamento		4	5	6
Sequência		C/E ₁ H/H	C/E ₁ H/H/H	C/E ₁ H/H/H
% de reagentes sobre celulose a.s. por estágio	1º estágio	3,65	3,65	4,05
	2º estágio	1,5/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0
	3º estágio	3,60	3,60	1,86
	4º estágio	-	0,75	1,22
% cloro total aplicado		8,30	9,00	8,10
Alvura (%)		81,40	85,50	84,20
Viscosidade (cp)		13,60	9,20	10,60

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. Cozimento

Nos quatro primeiros cozimentos apenas o licor verde foi empregado, variando-se o álcali ativo através de diluições nos cozimentos 3 e 4.

Os cozimentos 1 e 2 foram em tudo semelhantes exceto que no segundo u tilizou-se apenas o sobrenadante do licor verde, livre das partículas decantadas, a fim de testar a possível influência desse material sólido.

Nos três últimos cozimentos (5, 6 e 7) foram utilizadas quantidades de licor branco proporcionais àquelas que seriam usadas industrialmente, se houvesse uma redução de quase a metade do volume empregado de tal licor. Isto pode ser observado na tabela 2, onde o licor branco é responsável por apenas 7% do álcali ativo.

Os volumes de licor verde empregados nesses últimos cozimentos foram calculados de modo a completar a carga de álcali ativo desejada.

Os cozimentos que permaneceram 90 minutos à temperatura máxima sofreram um aumento no fator H, objetivando-se atingir um maior nível de deslignificação, dado a relativa baixa carga de álcali ativo empregada (tabelas 2 e 5).

Os parâmetros considerados principais a serem analisados neste estudo são: o rendimento depurado, o número de kappa e a relação deste último com a alvura.

Para efeito de comparação, são apresentados a seguir alguns dados normalmente encontrados para celulose sulfato de eucalipto.

Espécie	RB	RD	Teor de rejeitos	Viscosidade	Kappa	NP
<i>E. grandis</i> *	50,7	49,8	0,9	40,0	19,4	-
<i>E. camaldulensis</i> *	46,7	55,6	1,1	30,3	21,0	-
<i>E. grandis</i> **	49,6	48,1	1,5	-	-	14,4

* FOELKEL *et alii* (1978)

** BARRICHELO & FOELKEL (1975)

Os cozimentos 1 e 2 mostram que com uso exclusivo de licor verde, pode-se obter celulose química, conclusão esta derivada dos rendimentos e graus de deslignificação obtidos. No entanto o número de kappa apresentou valores superiores aos normalmente obtidos pelo processo kraft, e o inverso aconteceu com o grau de alvura. Os valores de viscosidade permaneceram dentro de limites normais (tabela 5).

Como era de se esperar, a diminuição do álcali ativo nos cozimentos 3 e 4 causou um aumento no número kappa e redução na relação alvura/kappa, situação esta não compensada pelo aumento do fator H no cozimento 5. Isto prova que não é aconselhável aumentar o fator H, visto que este não traz vantagens significativas e, poderia acarretar uma redução na produção diária devido ao ciclo de cozimento mais longo.

A relação alvura/kappa apresentou-se decrescente do cozimento 1 ao 4, indicando resultados mais satisfatórios para o primeiro (tabela 5). Entre os cozimentos 1 e 2 não constatou-se diferenças que pudessem ser atribuídas ao uso do licor decantado (cozimento 2), ficando o fator H como responsável pelas diferenças observadas.

As condições empregadas no cozimento 5 não forneceram resultados satisfatórios, denotado pelo baixo rendimento depurado, devido a reduzida carga de álcali ativo disponível.

Os cozimentos 6 e 7, utilizando mistura dos licores verde e branco, apresentaram melhores resultados do que os precedentes.

Comparados entre si, o cozimento 7 superou o 6 em todos os parâmetros analisados, incluindo as relações alvura/kappa e kappa/viscosidade, sendo exceção apenas a viscosidade que contudo situou-se dentro dos limites normais. Isto mostra que o aumento de 2% no álcali ativo devido ao acréscimo de licor verde (tabela 2), proporcionou melhores resultados, apesar do cozimento 6 ter quase 500 pontos a mais no seu fator H (tabela 5).

Desejando-se reduzir pela metade o volume de licor branco obtido pela caustificação, poderia-se realizar um cozimento com condições semelhantes as do número 5, e apenas aumentando o volume de licor verde no processo chegaria-se aos níveis empregados nos cozimentos 6 e 7.

5.2. Branqueamento

Os resultados dos branqueamentos foram apresentados em dois quadros distintos, para evidenciar que as celulosas não-branqueadas tinham características diferentes.

A celulose obtida no cozimento A proporcionou branqueamentos mais fáceis do que a do cozimento B. Isto pode ser comprovado pela menor carga de cloro total aplicado nos três primeiros branqueamentos em relação aos três últimos. Além disso a viscosidade da celulose não-branqueada do cozimento A era bem maior que a do cozimento B (tabela 3).

O branqueamento nº 1 obedeceu as condições normalmente utilizadas para cada um dos estágios (tabela 4) e serve de base para comparação com os demais. Os resultados obtidos, em termos de alvura e viscosidade, se encontram numa faixa obtida com sequências C/E/H/H, porém relativos a uma celulose de inferior qualidade. Isto se deve ao fato de ter sido necessário uma grande carga de cloro ativo para o branqueamento.

Nos branqueamentos de números 2 e 3 diminuiu-se a percentagem de cloro total aplicada, visando a economicidade da operação.

Os resultados mostram que é possível branquear as celulosas em estudo a alvuras acima de 80%GE e a elevadas viscosidades (18,2 cp). Isto foi conseguido por meio de algumas modificações nos estágios, que foram: a) diminuição do tempo de cloração; b) adição de 1% de hipoclorito ao estágio de extração alcalina.

As sequências 2 e 3 podem ser otimizadas, devendo-se atingir alvuras em torno de 85%GE com viscosidade bastante razoável.

A utilização do peróxido de hidrogênio na sequência 3 como último estágio, mostrou que é possível se elevar a alvura da celulose em relação a sequência que utiliza somente hipoclorito de sódio. No entanto, tal sequência não foi otimizada, podendo-se obter melhores resultados.

Na tabela 6 estão apresentadas as sequências de branqueamento 4, 5 e 6, para as quais foi utilizada a celulose B, mais difícil de branquear, e mais degradada do que a utilizada nos branqueamentos anteriores.

Dado ao elevado número kappa apresentado (25,4) na tabela 3, os teores de cloro total foram bastante elevados (8%) em relação ao normalmente empregado para branquear celulose sulfato de eucalipto (em torno de 6%).

Contudo foi possível obter-se celulosas branqueadas a nível de 85%GE e com viscosidade em torno de 10 cp (cozimentos 5 e 6), o que é um excelente resultado para esse estudo.

Um bom resultado foi obtido no branqueamento 4, onde com apenas três estágios (C/E₁H/H) produziu-se celulose branqueada sem grande degradação.

A sequência número 6 provou que pode-se branquear a celulose obtida pelo processo sulfato com licor verde, a um satisfatório nível de alvura sem excessiva degradação, que pudesse desqualificar tal celulose.

Considerando-se que a celulose utilizada no branqueamento 6 (cozimento B) era de qualidade inferior a do cozimento A, pode-se esperar melhores resultados em termos de economia de reagentes e maior viscosidade, trabalhando-se com polpas semelhantes as do cozimento A. A par do exposto, nota-se que a sequência 6 produz melhores resultados que a tradicional sequência 1.

6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos e das discussões, tem-se as seguintes conclusões:

1. O licor verde quando exclusivamente utilizado como agente de deslignificação produz uma celulose considerada química, devido ao rendimento da transformação da ordem de 50%, e ao grau de deslignificação obtido (número de kappa = 25,8).

2. O licor verde pode substituir parte do licor branco no processo kraft, porém, em detrimento de alguns parâmetros como a relação alvura/kappa, por exemplo.

3. O uso do licor verde misturado ao licor branco é uma alternativa tecnicamente viável na produção de celulose devendo trazer ainda as seguintes vantagens:

a) Redução do consumo de óleo combustível no forno de cal,

b) Diminuição da carga polutiva de efluentes líquidos e gasosos na caustificação e chaminé do forno de cal respectivamente, devido a redução do volume de licor caustificado.

4. A celulose obtida no cozimento utilizando uma mistura de licor branco e licor verde, pelo processo sulfato, é passível de ser branqueada sem excessiva degradação, porém com um maior consumo de cloro total em relação à celulose sulfato convencional.

5. A sequência C/E₁H/H/H apresentada produz resultados sensivelmente melhores que a C/E/H/H tradicional.

6. O uso do licor verde no cozimento kraft é uma alternativa tecnicamente viável, permitindo a produção de celulose branqueada com características normalmente aceitáveis no mercado.

7. BIBLIOGRAFIA

- BARRICHELO, L.E.G. & FOELKEL, C.E.B.. *Estudos para produção de celulose sulfato de seis espécies de eucalipto*. Piracicaba, IPEF, 1975. p. 34-68.
- BARRICHELO, L.E.G.; FOELKEL, C.E.B. & BRITO, J.O.. Estudos de algumas sequências de branqueamento para celulose kraft de *Eucalyptus saligna*. *O papel*, X Congresso Anual da ABCP, São Paulo, 1977.
- BATTAN, H.R.; AHLQUIST, G.L. & SNYDER, E.J.. Green liquor pulping of southern oak for corrugating medium. *TAPPI*, Atlanta, 59 (6): 130-3, jun. 1976.
- FOELKEL, C.E.B.. A utilização da serragem de madeira de eucalipto na produção de polpa celulósica. *O papel*, São Paulo, 40: 57-64, 1979.
- FOELKEL, C.E.B. et alii. Eucaliptos tropicais na produção de celulose kraft. *Cenibra pesquisa*, Belo Oriente, (68): 1-31, jul. 1978.
- FOELKEL, C.E.B. & ZVINAKEVICIUS, C.. Estudos das sequências C_cEH_1 e C_cEH/EH para se branquear celulose kraft de eucalipto. *Cenibra pesquisa*, Belo Oriente, (32): 1-6, jul. 1977.
- FOELKEL, C.E.B.; ZVINAKEVICIUS, C. & ANDRADE, J.O.M.. Nota prévia sobre cloração curta no branqueamento da celulose. *Cenibra pesquisa*, Belo Oriente, (16): 1-6, fev. 1977.
- FOELKEL, C.E.B.; ZVINAKEVICIUS, C. & ANDRADE, J.O.M.. Branqueamento de celulose kraft de eucalipto pela sequência $C_cEH_1H_2$. *Cenibra pesquisa*, Belo Oriente, (29): 1-6, jun. 1977.
- STARR, L.D. et alii. High-sulfidity pulping in aqueous sulfolane. *TAPPI*, Atlanta, 59 (6): 134-7, jun. 1976.
- ZVINAKEVICIUS, C. & FOELKEL, C.E.B.. Uso de peróxido de hidrogênio na lavagem após branqueamento CEH_1H_2 de celulose kraft de eucalipto. *Cenibra pesquisa*, Belo Oriente, (42): 1-4, mar. 1978.
- ZVINAKEVICIUS, C. et alii. Sequências exóticas para branqueamento em múltiplos estágios de celulose kraft de eucalipto. *O papel*, XI Congresso Anual da ABCP, São Paulo, 1978.